

BAB III

METODE PENELITIAN

1.1. Uraian umum

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode berbasis penelitian laboratorium. Laboratorium yang digunakan untuk penelitian adalah Laboratorium CV. GeoTrust – Geotechnical Testing and Engineering Consultant, jalan Gunung Batu dalam blok H-19, Cimahi Utara, Kota Cimahi.

Penelitian yang akan dilakukan terdiri dari dua tahap, yakni penelitian di laboratorium yang terdiri dari penyelidikan nilai *properties* tanah dan pengujian konsolidasi dengan dua metode yang berbeda. Selanjutnya dari hasil pengujian laboratorium, data yang didapat digunakan untuk mendapatkan nilai parameter tanah dari pengujian dua metode konsolidasi yang berbeda.

1.2. Pengambilan Sampel

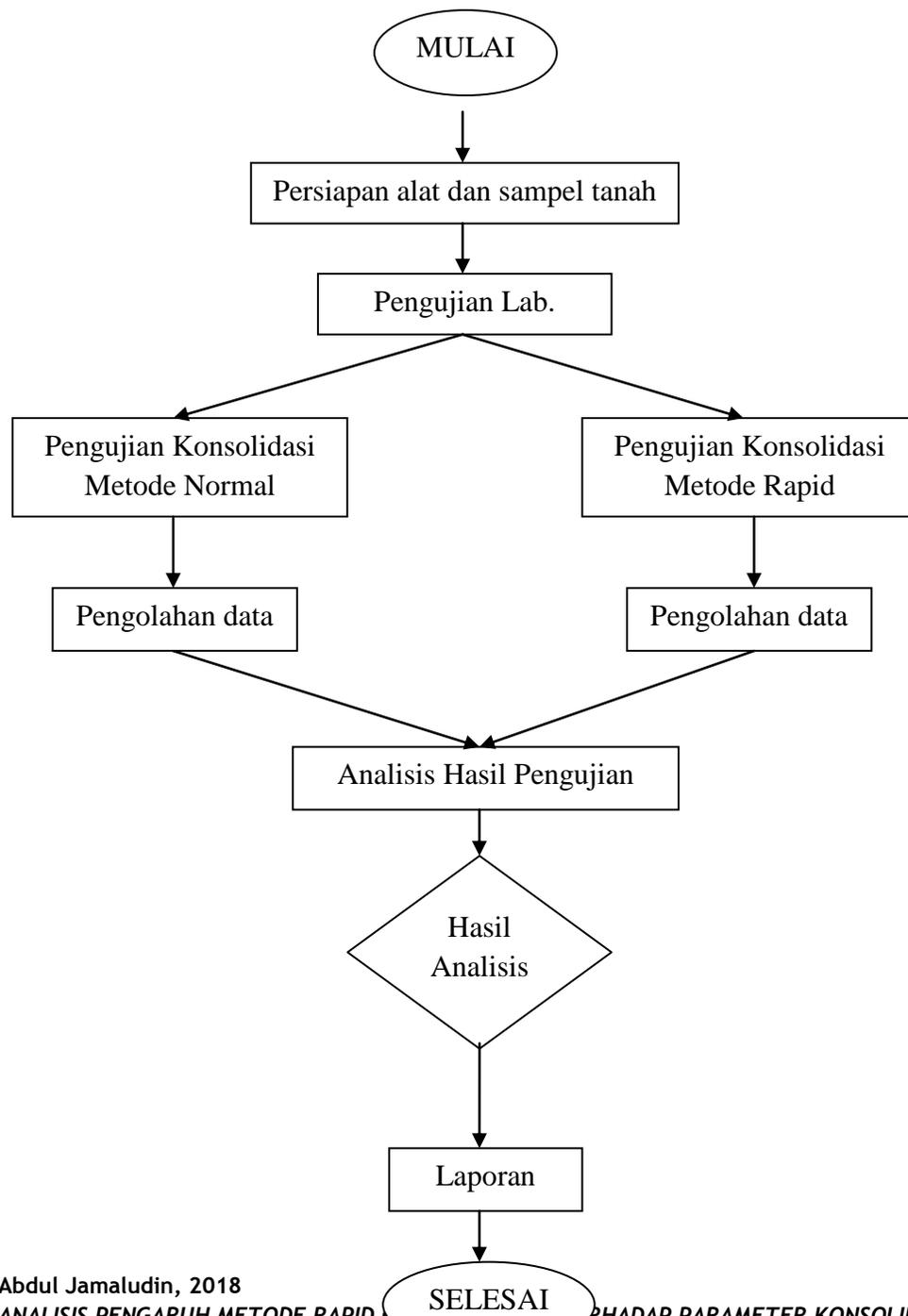
Sampel yang akan digunakan dalam penelitian ini merupakan sampel tanah terganggu (*disturbed sample*)

1.3. Penyelidikan Tanah

Pengujian tanah yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain:

1. Pengujian berat jenis tanah (*specific gravity*)
2. Pengujian saringan (*sieve analysis*)
3. Pengujian kepadatan standar (*standard proctor test*)
4. Pengujian Konsolidasi (*consolidation test*)

1.4. Diagram Alir Penelitian



Abdul Jamaludin, 2018

ANALISIS PENGARUH METODE RAPID TERHADAP PARAMETER KONSOLIDASI
TANAH Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Abdul Jamaludin, 2018

***ANALISIS PENGARUH METODE RAPID CONSOLIDATION TERHADAP PARAMETER KONSOLIDASI
TANAH*** Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

1.5. Prosedur Penelitian

Seperti yang telah dipaparkan sebelumnya, penulis akan melakukan penelitian terhadap metode konsolidasi secara rapid dan melihat perbandingan hasil parameter konsolidasi tanah yang dihasilkan jika dibandingkan dengan metode konsolidasi secara konvensional. Tanah yg digunakan merupakan tanah lempung.

Untuk pengujian laboratorium, penulis menggunakan Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan Universitas Pendidikan Indonesia. Pengujian yang dilakukan terbagi menjadi dua bagian yaitu pengujian *index properties* dan *engineering properties*, penulis menggunakan dasar standar ASTM sebagai acuan dalam pengujian yang dilakukan.

1.6. Pengujian Index Properties

Pengujian *index properties* dilakukan untuk mengetahui sifat fisis massa tanah. Dalam penelitian ini dilakukan beberapa pengujian *index properties* yaitu, pengujian saringan (*sieve analysis*), dan pengujian berat jenis tanah (*specific gravity*).

1.6.1. Pengujian Saringan

Pengujian saringan (*sieve analysis*) ini dilakukan dengan mengacu kepada ASTM D-1140. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui distribusi ukuran butir tanah butir kasar. Tujuannya adalah mengklasifikasikan tanah butir kasar berdasarkan nilai koefisien keseragaman (Cu) dan kurva distribusi ukuran butir.

Pengujian ini menghasilkan perkiraan umum sifat teknis tanah berdasarkan jenis tanah yang ditentukan dari uji ini. Keterbatasan pada uji saringan yaitu, uji ini tidak mempertimbangkan bentuk butiran tanah. Bentuk butir tanah pada umumnya

adalah bulat dan atau runcing, dimana bentuk butir ini menentukan menentukan sifat mekanisnya.

A. Definisi

- a) Tanah butir kasar (coarse grained soils) : ukuran butirnya > 0.075 mm (tertahan oleh saringan no 200)
- b) Tanah butir halus (fine grained soils) : ukuran butirnya < 0.075 mm (lolos dari saringan no 200)
- c) Gradasi : distribusi ukuran butir tanah

B. Peralatan Uji

Adapun alat-alat yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

- a) Satu set ayakan (sieve), yang lengkap dengan saringan dengan urutan ukuran diameter lubang sesuai dengan standar, yaitu no 4, 10, 20, 40, 80, 120, 200, dan pan.
- b) Stopwatch
- c) Timbangan dengan ketelitian 0.01 g
- d) Kuas
- e) Mesin pengayak (sieve shaker)
- f) Palu karet

C. Ketentuan

Ukuran diameter saringan harus mengikuti standar ASTM. Ukuran ayakan yang standar adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1.ukuran diameter saringan standar ASTM

No. Saringan	Ukuran Lubang (mm)
--------------	--------------------

Abdul Jamaludin, 2018

ANALISIS PENGARUH METODE RAPID CONSOLIDATION TERHADAP PARAMETER KONSOLIDASI TANAH Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

4	4.750
10	2.000
20	0.850
40	0.425
80	0.180
120	0.125
200	0.075

D. Persiapan Uji

Contoh tanah yang akan digunakan harus dikeringkan terlebih dahulu (hingga kering udara) dan tidak berbongkah-bongkah. Gunakan palu karet untuk menghancurkan bongkahan tanah. Tanah harus kering dan jumlah tanah yang diuji kurang lebih 500 gr.

E. Prosedur Uji

- a) Ayakan dibersihkan dengan menggunakan kuas kering, sehingga lubang-lubang dari ayakan bersih dari butir-butir yang menempel.
- b) Masing-masing ayakan dan pan ditimbang beratnya.
- c) Kemudian ayakan tadi disusun menurut nomor ayakan (ukuran lubang terbesar diatas).
- d) Ambil contoh tanah seberat 500 gram, lalu masukkan ke dalam ayakan teratas dan kemudian ditutup.
- e) Susunan ayakan dikocok dengan bantuan sieve shaker selama kurang lebih 10 menit.
- f) Diamkan selama 3 menit agar debu-debu mengendap.
- g) Masing-masing ayakan dengan contoh tanah yang tertinggal ditimbang, diperoleh berat tanah tertahan.

Abdul Jamaludin, 2018

ANALISIS PENGARUH METODE RAPID CONSOLIDATION TERHADAP PARAMETER KONSOLIDASI TANAH Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

F. Perhitungan dan Pelaporan Hasil Uji

- a) Hitung berat tanah yang tertahan oleh masing-masing saringan
- b) Hitung jumlah berat tanah yang lolos saringan tersebut secara kumulatif
- c) Hitung persentase jumlah berat tanah yang lolos saringan tersebut terhadap total berat tanah
- d) Dari hasil-hasil percobaan tersebut digambarkan suatu grafik dalam suatu susunan koordinat semilog, yaitu dimana ukuran diameter butir sebagai absis dalam skala log dan % lebih halus sebagai ordinat dengan skala linier (skala biasa)
- e) Dari grafik di atas didapat koefisien keseragaman :

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

dimana :

D_{60} = diameter kebersamaan (diameter sehubungan dengan 60% lebih halus).

D_{10} = diameter efektif (diameter sehubungan dengan 10% lebih halus).

Dari grafik tersebut didapat pula koefisien kelengkungan (Coefficient of Curvature)

$$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

di mana :

D_{30} = diameter sehubungan dengan 30% lebih halus

Catatan :

Berdasarkan USCS (Unified Soil Classification System), ditentukan bahwa tanah yang bergradasi baik (well graded) adalah yang memenuhi :

- Untuk gravel :
 $Cu > 4$ dan $1 < Cc < 3$
- Untuk pasir :
 $Cu > 6$ dan $1 < Cc < 3$

Bila syarat di atas tidak terpenuhi, maka tanah tersebut bergradasi buruk (poor graded).

1.6.2. Pengujian Berat Jenis Tanah

Pengujian berat jenis tanah ini dilakukan dengan mengacu kepada ASTM D-854-02 – Erlenmeyer. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan berat jenis tanah (*specific gravity*) tanah dengan menggunakan botol erlenmeyer. Tanah yang dipakai untuk pengujian ini harus lolos saringan No. 4.

A. Definisi

Berat jenis tanah (*specific gravity*) merupakan nilai perbandingan antara berat isi butir tanah terhadap berat isi air pada temperatur 4°C, tekanan 1 atmosfer.

B. Peralatan Uji

Adapun alat-alat yang digunakan dalam pengujian berat jenis tanah adalah sebagai berikut:

- a) Timbangan digital

Abdul Jamaludin, 2018

ANALISIS PENGARUH METODE RAPID CONSOLIDATION TERHADAP PARAMETER KONSOLIDASI TANAH Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- b) Botol erlenmeyer
- c) Oven
- d) Air aquades
- e) Termometer
- f) Kompor listrik
- g) Pipet
- h) *Evaporating dish* dan mangkok porselin
- i) Batang pengaduk

C. Ketentuan Uji

Sebagian hal yang harus diperhatikan dalam melakukan pengujian ini yaitu:

- a) Botol erlenmeyer yang digunakan sekurang-kurangnya harus mempunyai volume 100 mL.
- b) Contoh tanah yang akan diuji dapat berupa tanah basah (pada kadar air alami) atau tanah kering oven. Berat contoh tanah dalam kondisi kering oven sekurang-kurangnya 25 gr, dan bila contoh tanah yang digunakan adalah tanah basah (pada kadar air alami), maka berat keringnya harus ditentukan kemudian.

D. Persiapan Uji

Hal pertama yang dilakukan sebelum pengujian dimulai ialah melakukan kalibrasi terhadap botol erlenmeyer, dengan tahapan sebagai berikut:

- a) Pertama bersihkan botol erlenmeyer yang kosong, lalu timbang botol erlenmeyer tersebut.
- b) Botol erlenmeyer diisi dengan air aquades hingga batas kalibrasi (*calibration mark*), biasanya sampai leher botol.

- c) Botol erlenmeyer yang sudah terisi air aquades ditimbang dan diukur suhunya, perhatikan bahwa suhu didalam botol erlenmeyer harus merata.
- d) Botol erlenmeyer yang sudah terisi air aquades dipanaskan menggunakan kompor listrik sampai suhunya naik 5 - 10°C, maka air akan naik hingga melewati batas kalibrasi. Kelebihan air yang melewati batas kalibrasi diambil dengan pipet, kemudian botol erlenmeyer yang berisi air aquades ditimbang.
- e) Perlu diperhatikan dalam pengukuran suhu dalam botol erlenmeyer, air dalam botol harus diaduk terlebih dahulu menggunakan batang pengaduk agar suhunya merata.
- f) Dengan langkah yang sama seperti diatas, suhu dinaikkan kembali 5 – 10°C, kelebihan air yang melewati batas kalibrasi diambil kembali, kemudian botol erlenmeyer yang berisi air aquades ditimbang. Ini dilakukan terus-menerus sampai suhunya $\pm 60^\circ\text{C}$.
- g) Hasil dari pengujian tersebut digambarkan dalam suatu grafik, dengan temperatur sebagai absis dan berat erlenmeyer + air aquades sebagai ordinat.

E. Prosedur Uji

- a) Ambil contoh tanah seberat ± 60 g. Contoh tanah dicampur dengan air aquades dan diremas dalam suatu cawan hingga menyerupai bubur yang homogen.
- b) Adonan tanah tersebut dimasukkan kedalam botol erlenmeyer, tambahkan air aquades hingga mencapai batas kalibrasi.

- c) Botol erlenmeyer yang berisi tanah dan air aquades tersebut dipanaskan menggunakan kompor listrik selama ± 10 menit, ini bertujuan agar gelembung udara didalam campuran tersebut keluar.
- d) Setelah ± 10 menit, botol erlenmeyer diangkat dan ditambahkan air aquades hingga mencapai batas kalibrasi. Lalu campuran tersebut diaduk hingga suhunya merata.
- e) Jika suhunya kurang dari 45°C , maka botol erlenmeyer dipanaskan kembali sampai suhunya $45 - 50^{\circ}\text{C}$. Muka air pada botol erlenmeyer akan melewati batas kalibrasi kembali, kelebihan air diambil menggunakan pipet. Sebelum pengukuran suhu dilakukan, campuran harus selalu diaduk agar suhunya merata.
- f) Botol erlenmeyer direndam dalam suatu dish yang berisi air agar suhunya turun kembali.
- g) Aduk campuran tersebut agar suhunya merata. Setelah suhunya mencapai 35°C botol erlenmeyer dikeluarkan dari dish, keringkan bagian luar botol. Disini permukaan air akan turun (dari batas kalibrasi) maka tambahkan kembali air aquades sampai batas kalibrasi, lalu timbang botol erlenmeyer berisi campuran tersebut.
- h) Suhu dalam botol diturunkan kembali hingga mencapai suhu 25°C dengan cara yang sama pada tahap sebelumnya, lalu botol erlenmeyer dikeluarkan dari dish, bagian luar botol dikeringkan, tambahkan kembali air aquades sehingga mencapai batas kalibrasi.
- i) Larutan tanah tersebut kemudian dituangkan pada suatu dish yang telah ditimbang beratnya terlebih dahulu. Pada tahap ini, pastikan tidak boleh ada tanah yang tersisa dalam botol erlenmeyer, jika perlu bilas menggunakan air aquades samapi bersih.

- j) Dish berisi larutan tersebut ditimbang, dan dimasukkan kedalam oven \pm 24 jam dengan suhu 110°C.
- k) Setelah 24 jam, dish berisi larutan tersebut dikeluarkan, lalu ditimbang sehingga didapatkan berat kering tanah (W_s).
- l) Dari pengujian di atas akan didapatkan 4 nilai G_s yang kemudian dirata-ratakan.

F. Perhitungan Hasil Uji

Setelah pengujian dilakukan adapun langkah-langkah perhitungan hasil pengujian sebagai berikut:

W_{bw} = berat erlenmeyer + air

$$\begin{aligned}
 W_{bws} - W_{bw} &= W_s - W_{w2} \\
 &= W_s - V_{w2} \times G_t \times \gamma_w \\
 &= W_s - V_s \times G_t \times \gamma_w \\
 &= W_s - \frac{W_s \times G_t \times \gamma_w}{G_s \times \gamma_w} \\
 &= W_s - \frac{W_s \times G_t}{G_s}
 \end{aligned}$$

$$W_s - W_{bws} + W_{bw} = \frac{W_s \times G_t}{G_s}$$

$$\text{Jadi } G_s = \frac{W_s \times G_t}{W_s - W_{bws} + W_{bw}}$$

Dimana:

G_t = berat jenis (*specific gravity*) air pada suhu t° C.

W_w = berat air

W_s = berat butir air

W_b = berat erlenmeyer

W_{w1} = berat air yang ada dalam erlenmeyer (kondisi II)

W_{bws} = berat erlenmeyer + larutan tanah

Abdul Jamaludin, 2018

ANALISIS PENGARUH METODE RAPID CONSOLIDATION TERHADAP PARAMETER KONSOLIDASI TANAH Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Tabel 3.2 Berat Jenis Air (Gt)

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0.9999	0.9999	1	1	1	1	1	0.9999	0.9999	0.9998
10	0.9997	0.9996	0.9995	0.9994	0.9993	0.9991	0.999	0.9988	0.9936	0.9984
20	0.9982	0.998	0.9978	0.9976	0.9973	0.9971	0.9968	0.9965	0.9963	0.996
30	0.9957	0.9954	0.9951	0.9947	0.9944	0.9941	0.9937	0.9934	0.993	0.9926
40	0.9922	0.9919	0.9915	0.9911	0.9907	0.9902	0.9898	0.9894	0.989	0.9885
50	0.9881	0.9876	0.9872	0.9867	0.9862	0.9857	0.9852	0.9848	0.9842	0.9838
60	0.9832	0.9827	0.9822	0.9817	0.9811	0.9806	0.98	0.9795	0.9789	0.9784
70	0.9778	0.9772	0.9767	0.9761	0.9755	0.9749	0.9743	0.9737	0.9731	0.9724
80	0.9718	0.9712	0.9706	0.9699	0.9693	0.9686	0.968	0.9673	0.9667	0.966
90	0.9653	0.9647	0.964	0.9633	0.9626	0.9616	0.9612	0.9605	0.9598	0.9591

1.7. Pengujian Engineering Properties

Pengujian *engineering properties* bertujuan untuk menari nilai parameter teknis dari suatu massa tanah. Biasanya parameter dari hasil pengujian ini digunakan untuk perencanaan maupun perhitungan dinding penahan tanah, pondasi, stabilitas lereng, dan analisis bidang geoteknik lainnya. Dalam penelitian ini, pengujian *engineering properties* yang dilakukan adalah pengujian pengujian kepadatan standar (*standard proctor test*) dan pengujian konsolidasi (*consolidation test*).

1.7.1. Pengujian Kepadatan Standar

Pengujian kepadatan standar (*standard proctor test*) ini dilakukan dengan mengacu kepada ASTM D698 dan ASTM D1557. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan kadar air optimum dan berat isi kering maksimum pada suatu proses pemadatan.

A. Definisi

Pemadatan adalah suatu proses dimana udara pada pori-pori tanah dikeluarkan dengan suatu cara mekanis (digilas/ditumbuk). Pada proses pemadatan untuk

Abdul Jamaludin, 2018

ANALISIS PENGARUH METODE RAPID CONSOLIDATION TERHADAP PARAMETER KONSOLIDASI
TANAH Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

setiap daya pemadatan tertentu, kepadatan yang tercapai tergantung pada banyaknya air di dalam tanah tersebut, yaitu kadar airnya. Apabila kadar air rendah mempunyai sifat keras atau kaku sehingga sukar dipadatkan.

Bilamana kadar airnya ditambah maka air itu akan berlaku sebagai pelumas sehingga tanah akan lebih mudah dipadatkan. Pada kadar air yang lebih tinggi lagi kepadatannya akan turun karena pori-pori tanah menjadi penuh terisi air yang tidak dapat lagi dikeluarkan dengan cara memadatkan.

B. Peralatan Uji

1. Alat kompaksi
 - a. Mold dengan tinggi 4.6", diameter 4" volume 1/30 cu-ft.
 - b. Collar dengan tinggi 2.5", diameter 4".
 - c. Hammer dengan berat 5.5 lb atau 10 lb, diameter 2", tinggi jatuh 12" atau 18".
2. Sprayer untuk menyemprot air ke tanah.
3. Ayakan no 4.
4. Pisau, scoop, palu karet.
5. Timbangan ketelitian 0.1 g atau 0.01 g.
6. Oven, desikator, container.

C. Ketentuan

Ada dua macam percobaan yang biasa dilakukan yaitu : *Standard Compaction Test* dan *Modified Compaction Test*. Perbedaan terletak pada energi yang digunakan pada proses pemadatan.

Tabel 3.3 Perbedaan *Standard Compaction Test* dengan *Modified Compaction Test*

		Standard	Modified
Mold	Diameter	4 inch	4 inch
	Isi	1/30 cubic feet	1/30 cubic feet
Hammer	Berat	5.5 pound	10 pound
	Tinggi Jatuh	12 inch	18 inch
Lapisan		3 lapisan	5 lapisan
Jumlah Pukulan		25 x/lapis	25 x/lapis
Energi		± 12400 ft-lb/cu-ft	± 56000 ft-lb/cu-ft

Energi yang digunakan dihitung dari :

$$\frac{\text{jumlah pukulan} \times \text{jumlah lapisan} \times \text{tinggi jatuh} \times \text{berat hammer}}{\text{volumemold}}$$

Percobaan pemadatan Standar masih banyak dipakai untuk pembuatan jalan, bendungan tanah. Tetapi untuk pembuatan Landasan Lapangan Terbang atau Jalan Raya kepadatan yang tercapai dengan Standar belum cukup, dalam hal ini dipakai Modified Compaction Test.

Ukuran mold yang dipergunakan dapat berbeda asalkan, energi yang dipergunakan tetap, yaitu dengan menambah jumlah pukulan. Jumlah pukulan untuk mold berdiameter 4" adalah 25 pukulan/lapis, untuk mold 6" jumlah pukulan menjadi $(6/4)^2 \times 25 = 56$ pukulan/lapis.

D. Prosedur Uji

- a) Siapkan contoh tanah yang akan diuji ± 25 kg dimana tanah sudah dibersihkan dari akar-akar dan kotoran lain.

Abdul Jamaludin, 2018

ANALISIS PENGARUH METODE RAPID CONSOLIDATION TERHADAP PARAMETER KONSOLIDASI TANAH Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- b) Tanah dijemur sampai kering udara (air drained), atau dikeringkan dalam oven dengan suhu 60°C.
- c) Gumpalan-gumpalan tanah dihancurkan dengan palu karet agar butir tanah tidak ikut hancur.
- d) Contoh tanah kering dalam keadaan lepas diayak dengan ayakan no 4, hasil ayakan dipergunakan.
- e) Tanah hasil ayakan sebanyak ± 3 kg disemprot air untuk mendapat hasil contoh tanah dengan kebasahan merata sehingga bisa dikepal tapi masih mudah lepas (hancur).
- f) Mold yang akan dipergunakan dibersihkan, ditimbang beratnya dan diukur volumenya (biasanya volume mold = 1/30 cu-ft). Isikan contoh tanah ke dalam mold setelah 1" - 2" (modified) atau 2" - 4" (standard).
- g) Tumbuk dengan hammer sebanyak 25 kali pada tempat yang berlainan. Hammer yang dipergunakan disesuaikan dengan cara percobaan.
- h) Isikan lagi untuk lapis berikutnya dan tumbuk sebanyak 25 kali.
- i) Pengisian diteruskan sampai 5 lapisan untuk modified atau 3 lapisan untuk standard. Pada penumbukan lapisan terakhir harus dipergunakan sambungan tabung (collar) pada mold agar pada waktu penumbukan hammer tidak meleset keluar.
- j) Buka sambungan tabung di atasnya dan ratakan permukaan tanahnya dengan pisau.
- k) Mold dan contoh tanah ditimbang.
- l) Tanah dikeluarkan dengan bantuan dongkrak dan diambil bagian atas (A), tengah (T), dan bawah (B) masing-masing ± 30 gram kemudian dioven selama 24 jam.
- m) Setelah 24 jam dioven, container + tanah kering ditimbang.

Abdul Jamaludin, 2018

ANALISIS PENGARUH METODE RAPID CONSOLIDATION TERHADAP PARAMETER KONSOLIDASI TANAH Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- n) Dengan mengambil harga rata-rata dari kadar air ketiganya didapat nilai kadar airnya.
- o) Percobaan dilakukan sebanyak minimum 5 kali dengan setiap kali menambah kadar airnya sehingga dapat dibuat grafik berat isi kering terhadap kadar air.

E. Perhitungan dan Pelaporan Hasil Uji

- a) Berat isi kering (γ_d) dapat dihitung dari rumus :

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

dimana :

W = berat total tanah kompaksi bahan dalam mold

V = volume mold

w = kadar air tanah kompaksi

- b) Untuk menggambarkan Zero Air Voids Curve dihitung dengan memakai rumus :

$$\gamma_d = \frac{G_s \times \gamma_w}{1 + \left(\frac{w \times G_s}{S_r} \right)}$$

dimana :

G_s = Berat Jenis tanah

γ_w = Berat Volume Air

w = Kadar Air

S_r = Derajat Kejenuhan

Garis ZAV adalah hubungan antara Berat Isi Kering dengan Kadar Air bila derajat kejenuhan 100%, yaitu bila pori tanah sama sekali tidak mengandung

udara. Grafik ini berguna sebagai petunjuk pada waktu menggambarkan grafik compaction tersebut akan selalu berada di bawah ZAV biasanya tidak lurus tetapi agak cekung ke atas.

Hasil percobaan pemadatan biasanya dinyatakan sebagai grafik hubungan antara Berat Isi Kering dengan Kadar Air.

Kadar Air Optimum didapatkan dengan cara sebagai berikut:

Dari 6 contoh dengan kadar air berbeda-beda kita dapat menghitung γ_d masing-masing. Setelah itu digambarkan dengan skala biasa w (%) sebagai absis dan γ_d sebagai ordinat sehingga akan diperoleh Lengkung Kompaksi. Pada grafik ini juga digambarkan ZAVC dan grafik pada derajat kejenuhan $S = 80\%$. Dari puncak Lengkung Kompaksi ditarik garis vertikal dan horisontal sampai memotong sumbu-sumbu grafik. Dari garis horisontal akan diperoleh harga γ_d maksimum sedangkan dari garis vertikal akan diperoleh $w_{optimum}$ yang dicari.

Pada pelaksanaannya dilapangan, biasanya nilai γ_d maksimum sulit untuk dicapai, lagipula sulit untuk menjaga agar nilai kadar air tetap konstan pada $w_{optimum}$. Untuk mengatasi hal tersebut, maka biasanya diberikan toleransi sebesar 5%, sehingga nilai kepadatan tanah yang harus dicapai adalah minimum 95% γ_d maksimum. Pada nilai ini, akan diperoleh suatu rentang nilai kadar air, sehingga yang perlu dijaga pada pelaksanaan di lapangan adalah kadar air pada rentang ini.

Nilai berat jenis tanah adalah parameter yang diperlukan dalam pengolahan data dan cukup sensitif terhadap hasil akhir, sehingga jika nilai G_s belum ada, maka perlu dilakukan pengujian specific gravity, baik menggunakan

erlenmeyer maupun menggunakan piknometer, gunakan modul uji berat jenis tanah.

1.7.2. Pengujian Konsolidasi

Pengujian konsolidasi (*consolidation test*) ini dilakukan dengan mengacu kepada ASTM D2435. Pengujian ini bertujuan untuk mencari atau mendapatkan parameter konsolidasi, baik primer maupun sekunder. Dimana parameter tersebut diperlukan guna memperkirakan besarnya nilai penurunan tanah yang terjadi akibat adanya beban luar.

A. Definisi

Konsolidasi adalah proses dimana tanah yang jenuh air mengalami kompresi akibat beban dalam suatu periode waktu tertentu, dimana kompresi berlangsung akibat pengaliran air keluar dari pori-pori tanah.

Tekanan air pori eksese adalah tekanan air pori tanah akibat pemberian beban seketika. Dengan mengalirnya air dari pori-pori tanah, tekanan air pori eksese ini akan menurun secara berangsur-angsur, peristiwa ini disebut disipasi tekanan air pori.

Derajat konsolidasi adalah rasio antara tekanan air pori yang menurun setelah beberapa waktu berdisipasi terhadap tekanan air pori eksese mula – mula selama proses konsolidasi. Disebut juga sebagai persentase disipasi tekanan air pori.

Derajat konsolidasi rata-rata (U) adalah rata-rata derajat konsolidasi sepanjang ketinggian contoh tanah. Dapat dibuktikan bahwa derajat konsolidasi rata-rata sama dengan rasio pemampatan tanah pada saat tertentu

Abdul Jamaludin, 2018

ANALISIS PENGARUH METODE RAPID CONSOLIDATION TERHADAP PARAMETER KONSOLIDASI TANAH Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

terhadap pemampatan final dari contoh tanah.

Kompresi awal adalah pemampatan yang terjadi seketika setelah beban diberikan kepada contoh tanah, sebelum proses disipasi berlangsung.

Konsolidasi primer adalah bagian dari kompresi tanah akibat pengaliran air pori dari pori tanah hingga seluruh proses disipasi selesai.

Konsolidasi Sekunder adalah pemampatan tanah yang berlangsung setelah konsolidasi primer selesai.

Koefisien kemampatan, a_v adalah perubahan angka pori per satuan perubahan tegangan akibat konsolidasi pada perubahan tegangan tersebut.

$$a_v = \frac{\Delta e}{\Delta p}$$

Koefisien pemampatan volume (*coefficient of volume compressibility*), m_v adalah perubahan volume per satuan volume untuk setiap satuan perubahan tegangan.

$$m_v = \frac{\left[\frac{\Delta V}{V_0}\right]}{\Delta p} = \frac{a_v}{1+e}$$

Koefisien konsolidasi, (c_v) adalah parameter yang menghubungkan perubahan tekanan air pori eksese terhadap waktu.

Faktor waktu (*Time Factor*), T_v adalah parameter tak berdimensi yang menghubungkan waktu, koefisien konsolidasi, dan jarak pengaliran (*drainage path*); digunakan untuk menentukan kecepatan pengaliran air secara teoritis pada kurva konsolidasi.

Abdul Jamaludin, 2018

ANALISIS PENGARUH METODE RAPID CONSOLIDATION TERHADAP PARAMETER KONSOLIDASI TANAH Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

$$T_v = \frac{c_v \times t}{d^2}$$

B. Peralatan Uji

- a) Alat konsolidasi, terdiri dari 2 bagian : alat pembebanan dan alat konsolidasi .
- b) Arloji ukur
- c) Peralatan untuk meletakkan contoh tanah ke dalam ring konsolidasi
- d) Timbangan dengan ketelitian 0.01 γ dan 0.1 γ .
- e) Oven
- f) Desikator
- g) Stopwatch
- h) Alat pemotong yang merupakan pisau tipis dan tajam serta pisau kawat.
- i) Penggaris (scale)

C. Ketentuan

- a) Setiap alat perlu diperhitungkan besar beban untuk mendapatkan tekanan yang diinginkan.
- b) Untuk memperhitungkan faktor pengaruh alat harus diadakan koreksi terhadap pengaruh alat, yang dapat ditentukan dengan menggunakan alat uji besi yang mempunyai ukuran sama dengan ukuran benda uji (contoh tanah yang di uji). Pembebanan dilakukan seperti biasa, penurunan yang dibaca pada setiap pembebanan adalah nilai koreksinya
- c) Untuk menjaga agar tidak terjadi perubahan kadar air mula-mula, contoh tanah harus secepatnya diperiksa. Contoh tanah tidak boleh dipasang dan dibiarkan terlalu lama sebelum beban pertama diberikan.

Abdul Jamaludin, 2018

ANALISIS PENGARUH METODE RAPID CONSOLIDATION TERHADAP PARAMETER KONSOLIDASI TANAH Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- d) Pada awal percobaan, batu pori harus benar-benar rapat pada permukaan contoh tanah, dan pelat penumpu serta alat beban harus benar-benar rapat satu sama lain. Jika hal ini tidak diperhatikan maka pada pembebanan pertama mungkin diperoleh pembacaan penurunan yang lebih besar dari nilai sesungguhnya.
- e) Selama percobaan sel konsolidasi harus tetap penuh air. Pada beberapa macam tanah tertentu ada kemungkinan pada pembebanan pertama akan terjadi pengembangan (swelling) setelah sel konsolidasi diisi dengan air. Bila hal ini terjadi, segeralah pasang beban kedua, dan baca arloji penurunan seperti prosedur. Jika pada pembebanan kedua masih terjadi pengembangan maka beban ketiga harus dipasang, demikian seterusnya sampai tidak terjadi pengembangan.

D. Prosedur Uji

- a) Ukur tinggi dan diameter dan berat ring konsolidasi (dengan ketelitian 0.1 gram).
- b) Ambil contoh tanah dengan diameter yang sama dengan diameter ring, disini dipakai diameter 6,5 cm dan tinggi 2 cm.
- c) Masukkan contoh tanah tadi ke dalam ring dengan hati-hati, lapisan atas harus terletak di bagian atas.
- d) Contoh tanah dan ring ditimbang
- e) Tempatkan batu pori pada bagian atas dan bawah ring sehingga contoh tanah yang sudah dilapisi kertas pori terapat oleh kedua batu pori . Kemudian masukkan dalam sel konsolidasi.
- f) Pasang pelat penumpu diatas batu pori.

- g) Letakkan sel konsolidasi yang sudah berisi contoh tanah pada alat konsolidasi, bagian yang runcing dari pelat penumpu tepat menyentuh alat pembebanan.
- h) Aturilah kedudukan arloji pengukur penurunan, kemudian dibaca dan dicatat.
- i) Pasanglah beban pertama sehingga tekanan pada contoh mencapai besar $0.25 \text{ k}\gamma/\text{cm}^2$. Lakukan pembacaan pada detik ke 6,15, 30, dan pada menit ke 1, 2, 4, 8, 15, 30, 60, 90, 120, 180, 330, 420, 1140 setelah beban dipasang. Sesudah pembacaan 1 menit sel konsolidasi diisi air.
- j) Setelah beban bekerja 24 jam pembacaan arloji yang terakhir dicatat. Pasang beban kedua sebesar beban pertama sehingga tekanan menjadi 2x semula. Kemudian baca dan catat arloji seperti pada butir 9.
- k) Lakukan butir 9 dan 10 untuk beban-beban selanjutnya. Contoh tanah diberi beban-beban $\frac{1}{4} \text{ k}\gamma/\text{cm}^2$, $\frac{1}{2} \text{ k}\gamma/\text{cm}^2$, $1 \text{ k}\gamma/\text{cm}^2$, $2 \text{ k}\gamma/\text{cm}^2$, $4 \text{ k}\gamma/\text{cm}^2$, $8 \text{ k}\gamma/\text{cm}^2$ dan seterusnya dengan LIR (load increment rato) = 1. Besarnya beban maksimum yang diberikan tergantung pada tegangan yang akan bekerja pada lapisan tanah tersebut.
- l) Setelah beban $8 \text{ k}\gamma/\text{cm}^2$ dikerjakan selama 24 jam, beban dikurangi hingga mencapai $2 \text{ k}\gamma/\text{cm}^2$ dan kemudian $\frac{1}{4} \text{ k}\gamma/\text{cm}^2$. Beban beban tersebut dibiarkan selama 4 jam, dan dibaca besar pengembangannya dari masing-masing beban tersebut.
- m) Setelah pembacaan terakhir dicatat, keluarkan contoh tanah dan ring dari sel konsolidasi, kemudian batu pori diambil dari permukaan atas dan bawah.
- n) Timbang ring yang berisi contoh tanah setelah dibersihkan dari genangan air yang terdapat pada sel konsolidasi.

- o) Masukkan ringyang berisi contoh tanah tersebut ke dalam oven selama 24 jam untuk mengetahui berat kering contoh tanah.

E. Pelaporan Hasil Uji

1. Tentukan berat jenis (G_s) dari contoh tanah yang dicari dari pengujian tersendiri.
2. Hitung berat tanah basah, berat isi, kadar air contoh sebelum dan sesudah pembebanan, dan hitung pula berat tanah keringnya (W_s).
3. Hitung tinggi efektif contoh tanah dengan rumus sebagai berikut :

$$H_s = \frac{W_s}{A \cdot G_s}$$

di mana :

H_s = Tinggi efektif benda uji (tinggi butir-butiran tanah jika dianggap menjadi satu)

A = luas benda uji

W_s = berat contoh tanah kering

G_s = berat jenis contoh tanah

4. Hitung angka pori semula

$$e_o = \frac{H_v}{H_s}$$

dimana :

H_v = tinggi pori ($H_i - H_s$)

5. Hitung angka pori mula-mula pada setiap pembebanan.

Abdul Jamaludin, 2018

ANALISIS PENGARUH METODE RAPID CONSOLIDATION TERHADAP PARAMETER KONSOLIDASI TANAH Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

$$\Delta e = \frac{\Delta H}{\Delta s}$$

6. Hitung angka pori mula-mula pada setiap pembebanan.

$$e = e_o - \Delta e$$

7. Hitung derajat kejenuhan (sr) sebelum dan sesudah percobaan.

$$S_r = \frac{w.G_s}{e}$$

8. Tentukan harga koefisien konsolidasi (C_v) ada 2 cara untuk menentukan C_v , yaitu :

- a. Square root fitting method

- Hitung tinggi contoh tanah rata-rata (hm) pada setiap pembebanan
- Buat grafik penurunan terhadap waktu dari setiap pembebanan (skala biasa). Sebagian grafik ini merupakan garis lurus. Jika garis ini diteruskan akan memotong sumbu y pada titik 0 – titik nol yang sebenarnya – dan memotong sumbu x yang berjarak a dari titik perpotongan salib sumbu.
- Buat garis OA, dimana titik A terletak pada sumbu x yang berjarak 1.15a dari perpotongan salib sumbu. Titik OA dengan lengkung penurunan adalah t_{90} – waktu untuk mencapai konsolidasi sebesar 90%.
- Hitung harga koefisien konsolidasi pada setiap pembebanan dengan rumus:

$$C_v = \frac{0.848H^2}{t_{90}}$$

dimana :

0.848 = T_v (time factor) untuk 90% konsolidasi

Abdul Jamaludin, 2018

ANALISIS PENGARUH METODE RAPID CONSOLIDATION TERHADAP PARAMETER KONSOLIDASI TANAH Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

c_v = koefisien konsolidasi (cm^2/detik)

H = $\frac{1}{2}$ tinggi benda uji rata – rata (drainase ganda) (cm)

t_{90} = waktu untuk mencapai 90% konsolidasi (detik) .

b. Log fitting method

- Buat grafik penurunan terhadap log waktu dari setiap pembebanan (skala semi log).
- Dua bagian yaitu bagian tengah dan bagian akhir diteruskan hingga berpotongan pada R_{100} (100% konsolidasi).
- Titik koreksi nol R_0 terletak diatas sebuah titik pada grafik di sekitar pembacaan 0.1 menit, dengan jarak sama dengan jarak vertikal titik tersebut dengan suatu titik pada grafik yang waktunya 4 x lebih besar, Sebaiknya dilakukan koreksi paling tidak dua kali.
- R_{50} adalah setengah dari jumlah R_0 dan R_{100} . Dengan diketahuinya t_{50} (waktu untuk mencapai konsolidasi 50%).
- Hitung harga koefisien konsolidasi pada setiap pembebanan dengan rumus:

$$c_v = \frac{0.197H^2}{t_{50}}$$

dimana :

0.197 = time factor 90% konsolidasi

c_v = koefisien konsolidasi(cm^2/detik)

H = $\frac{1}{2}$ tinggi benda uji rata-rata(drainase ganda) (cm)

t_{50} = waktu untuk mencapai 50% konsolidasi (detik)

9. Hitung harga primary compression ratio (r), dengan rumus :

- Square Root Fitting Method

$$r = \frac{10/9(R_0 - R_{90})}{R_I - R_f}$$

- Log Fitting Method

$$r = \frac{(R_0 - R_{100})}{R_I - R_f}$$

dimana :

r = primary compression ratio

R_0 = titik koreksi nol

R_{100} = pembacaan penurunan pada 100% konsolidasi dari log fitting method

R_{90} = pembacaan penurunan pada 90% konsolidasi dari square root fitting method

R_I = pembacaan penurunan pada Awal percobaan

R_f = pembacaan penurunan pada akhir percobaan

10. Hitung harga compression index (C_c). Buat grafik hubungan antara angka pori e dengan log tekanan. Kemiringan grafik ini adalah harga compression index.

$$C_c = \frac{de}{d(\log_{10} P)}$$

11. Harga koefisien kompresibilitas (a_v) :

$$a_v = \frac{0.435 \times C_c}{P}$$

dimana :

P = harga peningkatan tekanan rata - rata $\frac{1}{2} (P_1+P_2)$

Harga a_v dapat juga diperoleh dengan membuat grafik hubungan antara angka pori e dengan tekanan (skala biasa). Kemiringan grafik ini merupakan harga a_v .

12. Harga coefficient of volume compressibility (m_v)

$$m_v = \frac{a_v}{1+e}$$

13. Harga koefisien permeabilitas (k) Koefisien permeabilitas dapat dihitung dari rumus

$$k = \frac{C_v \times a_v \times \gamma_w}{1+e}$$

dimana :

γ_w = berat isi air

F. Hasil Percobaan

Hasil percobaan konsolidasi biasanya disajikan berbentuk grafik – grafik, sebagai berikut:

- Grafik hubungan antara penurunan dengan waktu, untuk menentukan c_v .
- Grafik hubungan antara angka pori dengan log tekanan, untuk menentukan c_c , a_v , m_v .
- Grafik hubungan antara angka pori dengan tekanan, untuk menentukan a_v
- Grafik hubungan antara c_v dengan log tekanan.

Abdul Jamaludin, 2018

ANALISIS PENGARUH METODE RAPID CONSOLIDATION TERHADAP PARAMETER KONSOLIDASI TANAH Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Catatan:

- Time factor (T_v) adalah factor waktu, bergantung kepada derajat konsolidasi (U) :

$$U = \frac{\text{Penurunan pada waktu}}{\text{Penurunan Setelah Selesai (t = \infty)}}$$

Hubungan antara time factor dengan Derajat konsolidasi adalah sebagai berikut:

Tabel 3.4 Hubungan antara time factor dengan Derajat konsolidasi

U %	T
20	0.031
40	0.126
50	0.197
60	0.287
80	0.565
90	0.848

1.7.2.1. Pengujian *Rapid Consolidation*

Secara umum prosedur pengujian konsolidasi secara rapid ini sama dengan pengujian konsolidasi konvensional. Perbedaannya terletak pada interval pembebanan yang cenderung lebih singkat dibandingkan pengujian dengan metode ASTM. Secara garis besar langkah pengujiannya adalah sebagai berikut:

1. Pembebanan awal dilakukan dengan beban 0.25 kg, dengan rasio kenaikan beban sebesar 1 di setiap penambahan beban.

2. Pembacaan dilakukan dengan interval waktu yang sama dengan konsolidasi metode ASTM.
3. Hasil pembacaan langsung diplotkan pada grafik *time/compression vs. time* (t/δ vs. t).
4. Penambahan beban selanjutnya dapat dilakukan setelah pembebanan mencapai durasi 180 menit.
5. Prosedur yang sama dilakukan untuk setiap pembebanan hingga pengujian selesai.

Selebihnya, proses pengujian konsolidasi secara rapid sama dengan konsolidasi dengan metode ASTM.