

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian pada dasarnya merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan tertentu. Cara ilmiah yang dimaksud adalah kegiatan penelitian yang didasarkan pada ciri-ciri keilmuan yaitu rasional, empiris dan sistematis.

Metode penelitian yang digunakan pada tugas akhir ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen merupakan metode percobaan yang digunakan dalam mempelajari pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain dalam kondisi yang diciptakan, seperti yang dikemukakan Fathoni (2006:99).

Penelitian ini menggunakan contoh tanah yang merupakan lempung untuk inti bendungan Jatigede serta lempung yang sudah dicampur dengan kapur sebanyak 20 jenis sampel dengan berbeda komposisi.

A. Material Yang Digunakan

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Lempung

Lempung yang diambil ini adalah *disturbed sample* yang merupakan bahan untuk dijadikan bagian lapisan kedap air pada bendungan Jatigede

2. Kapur

Kapur yang digunakan merupakan kapur padam (Ca(OH)_2) yang dibeli di toko Central Kimia Bandung

3. Air

Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Hidrologi Jurusan Pendidikan Teknik Sipil Universitas Pendidikan Indonesia

B. Alat Yang Digunakan

Bambang Eko Widyanto, 2014

Pengaruh penambahan kaur pada inti bendungan terhadap besarnya debit rembesan
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari dua laboratorium, yaitu Laboratorium Mekanika Tanah dan Laboratorium Hidrologi. Alat-alat tersebut adalah sebagai berikut :

- Satu set Saringan
- Satu set alat pengujian Berat isi dan Kadar air
- Satu set alat pengujian Berat Jenis
- Satu set alat pengujian Hidrometer
- Satu set alat pengujian Batas-batas Atterberg
- Satu set alat pengujian Kompaksi
- Satu set alat pengujian Permeabilitas
- Satu set alat pengujian Triaxial UU
- Satu set Tank permeabilitas

C. Alur Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan mencampurkan batu kapur yang telah ditumbuk dan disaring ke dalam lempung yang telah disaring dengan kelipatan sebagai berikut :

Tabel 3.1 Perbandingan Lempung Dan Kapur

No	Perbandingan Lempung	Perbandingan Kapur
1	95%	5%
2	80%	20%
3	65%	35%
4	55%	45%

Sumber : Hasil Pengujian

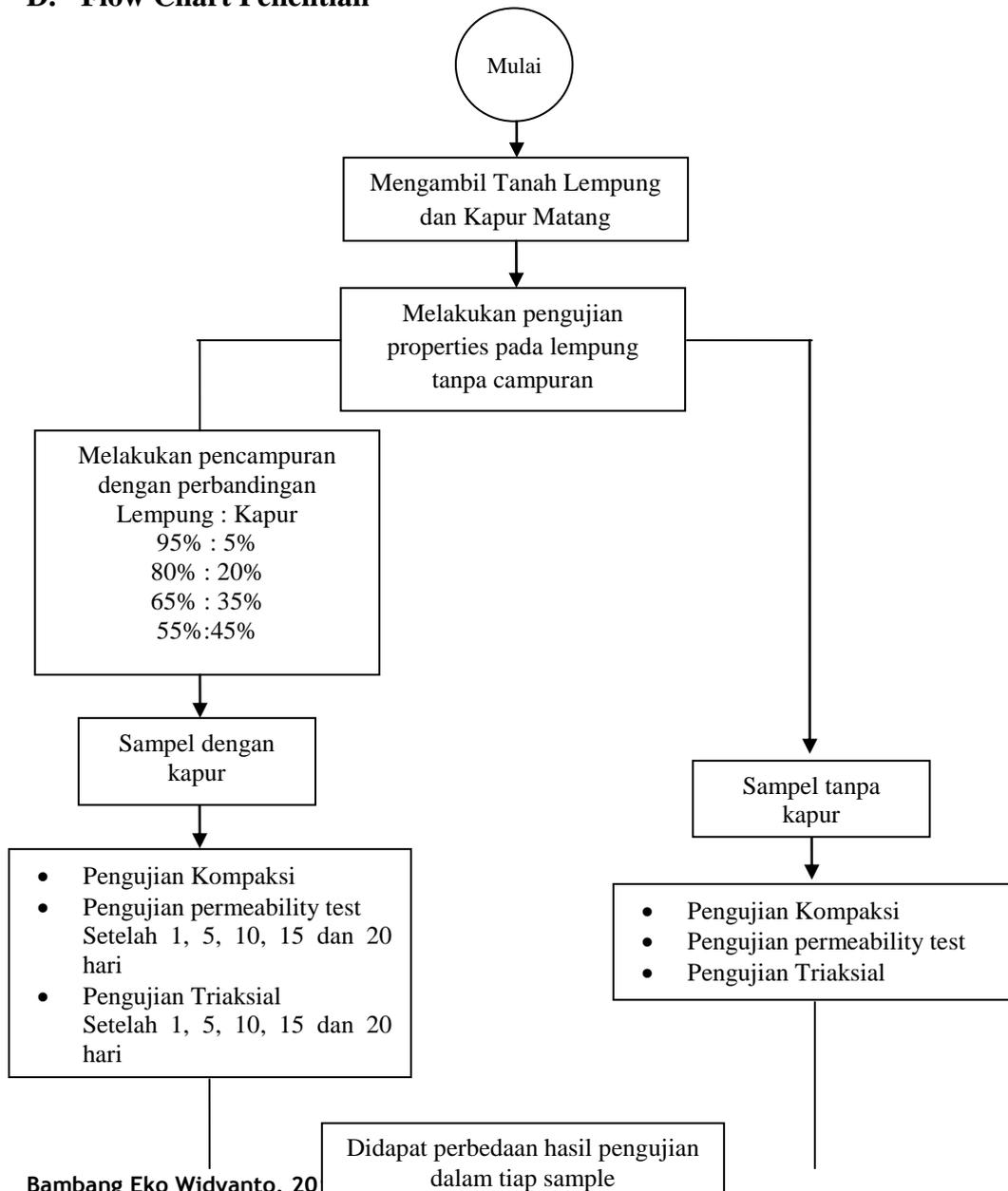
Metode penelitian menggunakan dua jenis pengujian, yaitu pengujian mekanis pada tanah dan juga pengujian debit rembesan. Pengujian mekanis pada tanah dilakukan pada keseluruhan sampel, sedangkan pengujian debit rembesan

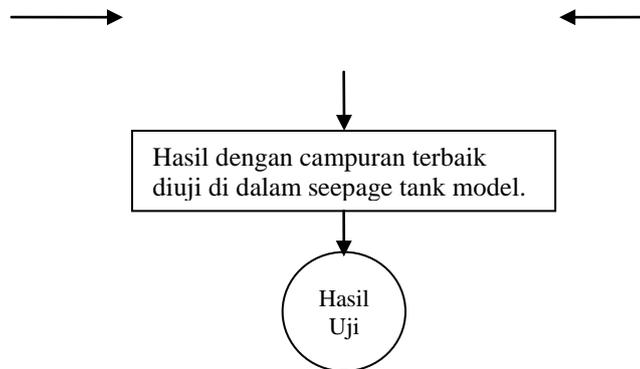
Bambang Eko Widyanto, 2014

Pengaruh penambahan kaur pada inti bendungan terhadap besarnya debit rembesan
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

dilakukan pada sampel yang memiliki nilai permeabilitas paling kecil diantara seluruh sample.

D. Flow Chart Penelitian





Gambar 3.1 Bagan Penelitian

E. Tahapan Penelitian

Tahapan dalam penelitian dalam penelitian ini dilaksanakan dalam beberapa tahapan, tahapan-tahapan itu adalah sebagai berikut :

1. Tahap Persiapan

Tahap persiapan meliputi pengambilan sample, penyiapan alat, penyaringan bahan (lempung dan kapur), pencampuran dengan 20 perbandingan.

2. Tahap Pengujian

Tahap pengujian dilaksanakan dalam tiga tahapan, yaitu pengujian peropertis, pengujian mekanis dan pengujian rembesan di laboratorium hidrologi.

3. Tahap Perbandingan

Tahap perbandingan dilakukan dengan membandingkan hasil uji tanpa campuran kapur dan dengan campuran kapur.

F. Langkah Penelitian

1. Tahap Persiapan

- a. Pengambilan sample dilakukan secara terbuka dengan dimasukan kedalam karung.
- b. Alat-alat yang akan digunakan dipersiapkan terlebih dahulu dan dibersihkan dari bekas-bekas pengujian terdahulu

- c. Bahan-bahan yang digunakan disaring terlebih dahulu dengan menggunakan saringan no 200 dan saringan no 40
- d. Bahan-bahan yang telah disaring dicampur dengan cara diaduk hingga merata dengan perbandingan-perbandingan yang telah ditentukan

2. Tahapan Pengujian

Tahapan pengujian dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu tahapan uji properties, uji mekanis dan uji rembesan. Uji properties yang dilaksanakan adalah sebagai berikut :

- a. Uji Berat Isi Dan Kadar Air
- b. Uji Berat Jenis
- c. Uji Batas-Batas Aterberg
- d. Pengujian Hidrometer
- e. Pengujian Saringan

Sedangkan uji mekanis yang dilaksanakan adalah sebagai berikut :

- a. Pengujian Kompaksi
- b. Pengujian Permeabilitas
- c. Pengujian Triaxial UU

Pengujian permeabilitas dan triaxial UU dilaksanakan setelah masing-masing sample didiamkan selama 1, 5, 10, 15 dan 20 hari.

Pengujian debit rembesan dilakukan di Laboratorium Hidrologi menggunakan seepage tank model dengan sample yang memiliki hasil pengujian terbaik.

G. Prosedur Penelitian

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah penelitian yang dilakukan didalam Laboratorium Mekanika Tanah dan Laboratorium Hidrologi FPTK Universitas Pendidikan Indonesia. Pengujian-pengujian ini dilakukan

Bambang Eko Widyanto, 2014

Pengaruh penambahan kaur pada inti bendungan terhadap besarnya debit rembesan
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

terhadap tanah murni yang diambil di Jatigede juga dengan tanah yang telah dicampur dengan campuran (Variabel X_1) 0%, 5%, 20%, 35% dan 45%, serta dengan masa pemeraman (Variabel X_2) 1 hari, 5 hari, 10 hari, 15 hari dan 20 hari. Pengujian yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah dibagi menjadi dua, yaitu pengujian propertis pada tanah asli dan pengujian mekanis pada tanah asli dan campuran.

1. Pengujian Propertis Pada Tanah Asli

Pengujian propertis pada tanah asli terdiri dari pengujian-pengujian sebagai berikut :

- a. Uji berat isi dan kadar air
- b. Uji berat jenis
- c. Uji Saringan
- d. Uji Hidrometer
- e. Uji batas-batas Atterberg

2. Pengujian Mekanis

Pengujian mekanis yang dilakukan terhadap sampel tanah asli dan campuran adalah sebagai berikut :

- a. Uji Kompaksi
- b. Uji Permeabilitas
- c. Uji Triaksial

3. Pengujian Pada Seepage And Permeability Tank

Pengujian ini berupa pemodelan pada Seepage And Permeability Tank

H. Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian yang dilakukan mengacu pada ASTM (*American Standard Testing Material*)

Bambang Eko Widyanto, 2014

Pengaruh penambahan kaur pada inti bendungan terhadap besarnya debit rembesan
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

1. Uji Berat Isi dan Kadar Air (ASTM C-29 DAN ASTM D-2216-98)

a. Lingkup

Percobaan ini dilakukan untuk mengukur berat isi dengan menggunakan uji ring gamma dan kadar air alami tanah. Besaran-besaran lain yang dapat diturunkan adalah angka pori (e), porositas (n), dan derajat kejenuhan (S_r)

b. Definisi :

- 1) Berat isi (γ) adalah berat tanah persatuan volume
- 2) Kadar air (w) : perbandingan antara berat air dengan berat butir tanah, dinyatakan dalam persen.
- 3) Derajat kejenuhan (S_r) : perbandingan volume air dan volume pori total, dinyatakan dalam persen.
- 4) Angka pori (e) : perbandingan antara volume pori dan volume butir.
- 5) Porositas (n) : perbandingan antara volume pori dan volume total

c. Maksud Dan Tujuan Serta Aplikasi

Maksud percobaan ini adalah untuk mengukur sifat-sifat fisis tanah. Tujuan dari uji ini adalah sebagai bagian dari klasifikasi tanah.

d. Manfaat

Besaran yang diperoleh dapat digunakan untuk korelasi empiris dengan sifat-sifat teknis tanah.

e. Keterbatasan

Metode ini tidak dapat digunakan untuk tanah dengan fraksi kasar.

f. Peralatan

Alat-alat yang digunakan :

- 1) Silinder ring
- 2) Timbangan dengan ketelitian 0.01 gram
- 3) Oven

Bambang Eko Widyanto, 2014

Pengaruh penambahan kaur pada inti bendungan terhadap besarnya debit rembesan
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- 4) Desikator
 - 5) Sample Extruder
 - 6) Stickmaat (jangka sorong)
 - 7) Pisau
 - 8) Kontainer atau wadah kecil
- g. Prosedur Uji – Berat Isi Tanah :
- 1) Silinder ring dibersihkan, kemudian dengan stickmaat diukur diameter (d), tinggi (t), dan beratnya ditimbang.
 - 2) Silinder ring ditekan masuk ke dalam tanah dan kemudian dengan alat dongkrak silinder dikeluarkan, potong dengan pisau, kemudian tanah di sekitar ring dibersihkan dan permukaan tanah diratakan.
 - 3) Ring + contoh tanah ditimbang, kemudian dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam dengan suhu 105° C.
 - 4) Sesudah itu, contoh tanah yang sudah kering dimasukkan ke dalam desikator ± 1 jam.
 - 5) Contoh tanah yang sudah dingin ditimbang, didapat berat kering.
- h. Prosedur Uji – Kadar Air Tanah
- 1) Siapkan 3 wadah kontainer, beri nama dan timbang beratnya masing-masing
 - 2) Masukkan contoh tanah ke dalam masing-masing wadah kontainer tadi, timbang, dan kemudian masukkan ke dalam oven selama 24 jam dengan suhu 105° C.
 - 3) Sesudah itu, contoh tanah yang sudah kering dimasukkan ke dalam desikator ± 1 jam.
 - 4) Contoh tanah yang sudah dingin ditimbang, didapat berat kering.
- i. Pelaporan Hasil Uji
- Pelaporan harus memuat :
- 1) Nama instansi
 - 2) Lokasi proyek

- 3) Deskripsi tanah
- 4) Kedalaman tanah
- 5) Nama operator
- 6) Nama engineer

2. Uji Berat Jenis Tanah (ASTM D-854-02)

a. Lingkup

Percobaan ini mencakup penentuan berat jenis (specific gravity) tanah dengan menggunakan botol Erlenmeyer. Tanah yang diuji harus lolos saringan No. 4. Bila nilai berat jenis dan uji ini hendak digunakan dalam perhitungan untuk uji hydrometer, maka tanah harus lolos saringan # 200 (diameter = 0.074 mm).

b. Definisi

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

c. Penerapan Berat Jenis Tanah

Berat jenis tanah digunakan pada hubungan fungsional antara fase udara, air, dan butiran dalam tanah dan oleh karenanya diperlukan untuk perhitungan-perhitungan parameter indeks tanah (index properties).

d. Keterbatasan

Metoda ini tidak dapat digunakan untuk fraksi kasar dan jenis-jenis material yang larut dalam air atau jenis tanah dengan berat jenis < 1.0.

e. Peralatan

Alat-alat yang digunakan :

- 1) Botol Erlenmeyer
- 2) Aquades
- 3) Timbangan dengan ketelitian 0.01 g
- 4) Termometer
- 5) Alat pemanas berupa kompor listrik

Bambang Eko Widyanto, 2014

Pengaruh penambahan kaur pada inti bendungan terhadap besarnya debit rembesan
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- 6) Oven
- 7) Evaporating dish dan mangkok porselin
- 8) Pipet
- 9) Batang pengaduk yang terbuat dari gelas

f. Ketentuan

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

g. Persiapan Uji

Dilakukan kalibrasi terhadap Erlenmeyer, yaitu dengan melakukan:

- 1) Erlenmeyer yang kosong dan bersih ditimbang, kemudian diisi aquades sampai batas kalibrasi (calibration mark).
- 2) Keringkan bagian luar Erlenmeyer dan juga di daerah leher botol.
- 3) Erlenmeyer yang berisi aquades ditimbang dan diukur suhunya. Harus diperhatikan bahwa suhu di dalam botol harus merata.
- 4) Erlenmeyer dan aquades tadi dipanaskan di atas kompor sampai suhunya naik 5 - 10° C. Maka air akan naik melewati batas kalibrasi. Kelebihan air diambil dengan pipet, kemudian ditimbang.
- 5) Dalam melakukan pengukuran suhu, air aquades dalam botol harus kita aduk dengan batang pengaduk agar suhunya merata.
- 6) Dengan cara di atas, suhunya dinaikkan lagi 5 - 10° C, kelebihan air diambil, ditimbang lagi. Dilakukan terus sampai suhunya $\pm 60^\circ$.
- 7) Hasil yang didapat digambarkan dalam suatu grafik dengan temperatur sebagai absis, berat Erlenmeyer + aquades sebagai ordinat.

h. Prosedur Uji

Bambang Eko Widyanto, 2014

Pengaruh penambahan kaur pada inti bendungan terhadap besarnya debit rembesan
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- 1) Ambil contoh tanah seberat ± 60 g. Contoh tanah diremas dan dicampur dengan aquades di dalam suatu cawan sehingga menyerupai bubur yang homogen.
- 2) Adonan tanah ini kita masukkan ke dalam Erlenmeyer dan tambahkan aquades.
- 3) Erlenmeyer yang berisi contoh tanah ini dipanaskan di atas kompor listrik selama ± 10 menit supaya gelembung udaranya keluar.
- 4) Sesudah itu Erlenmeyer diangkat dari kompor dan ditambah dengan aquades sampai batas kalibrasi, lalu diaduk sampai suhunya merata.
- 5) Jika suhunya kurang dari 45° C, Erlenmeyer dipanaskan sampai $45 - 50^{\circ}$ C. Muka air akan melewati batas kalibrasi lagi, kelebihan air diambil dengan pipet. Sebelum pengukuran suhu, selalu diaduk supaya suhunya merata.
- 6) Erlenmeyer direndam dalam suatu dish yang berisi air agar suhunya turun.
- 7) Aduk agar temperaturnya merata. Setelah mencapai suhu 35° C dikeluarkan dari dish, bagian luar dikeringkan. Di sini permukaan air turun (dari batas kalibrasi) maka perlu ditambahkan aquades sampai batas kalibrasi, kemudian ditimbang.
- 8) Suhu diturunkan lagi hingga mencapai 25° C dengan cara yang sama, lalu Erlenmeyer dikeluarkan, bagian luar dikeringkan, ditambah air hingga batas kalibrasi dan ditimbang.
- 9) Larutan tanah tersebut kemudian dituangkan dalam dish yang telah ditimbang beratnya. Tidak boleh ada tanah yang tersisa dalam Erlenmeyer, jika perlu bilas dengan aquades hingga bersih.
- 10) Dish + larutan contoh tanah dioven selama 24 jam dengan suhu 110° C.
- 11) Berat dish + tanah kering ditimbang sehingga didapatkan berat kering tanah (W_s).
- 12) Dari percobaan di atas akan didapatkan 4 harga G_s yang kemudian dirata-rata.

i. Perhitungan Dan Pelaporan Hasil Uji

1) Pelaporan harus memuat:

- a) Hasil kalibrasi Erlenmeyer
- b) Nama instansi
- c) Nama proyek
- d) Lokasi proyek
- e) Deskripsi tanah
- f) Kedalaman tanah
- g) Nama operator
- h) Nama engineer

2) Tentukan berat jenis tanah berdasarkan formula :

$$G_s = \frac{W_s \times G_t}{W_s + W_{bw} - W_{bws}} \dots\dots\dots 3.1$$

dimana:

- 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

3. Uji Saringan (ASTM D-1140)

a. Lingkup

Metode ini mencakup penentuan dari distribusi ukuran butir tanah yang tertahan oleh saringan No. 200

b. Definisi

- 1) Tanah butir kasar (coarse grained soils) : ukuran butirnya > 0.075 mm (tertahan oleh saringan no 200)

2) Tanah butir halus (fine grained soils) : ukuran butirnya < 0.075 mm (lolos dari saringan no 200)

3) Gradasi : distribusi ukuran butir tanah

c. Maksud Dan Tujuan Serta Aplikasi

Percobaan ini dimaksudkan untuk mengetahui distribusi ukuran butir tanah butir kasar. Tujuannya adalah mengklasifikasikan tanah butir kasar berdasarkan nilai koefisien keseragaman (C_u) dan kurva distribusi ukuran butir.

d. Manfaat

Diperoleh perkiraan umum sifat teknis tanah berdasarkan jenis tanah yang ditentukan dari uji ini.

e. Keterbatasan

Bentuk butir tanah pada umumnya adalah bulat dan atau runcing, dimana bentuk butir ini menentukan sifat mekanisnya. Uji ini tidak mempertimbangkan bentuk butiran tersebut.

f. Peralatan

Alat-alat yang digunakan :

1) 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

2) Stopwatch

3) Timbangan dengan ketelitian 0.01 g

4) Kuas

5) Mesin pengayak (sieve shaker)

6) Palu karet

g. Ketentuan

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

Tabel 3.2 Ukuran Ayakan

No. Saringan	Ukuran Lubang (mm)
4	4.750
10	2.000
20	0.850
40	0.425
80	0.180
120	0.125
200	0.075

h. 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.

i. Prosedur Uji

- 1) Ayakan dibersihkan dengan menggunakan kuas kering, sehingga lubang-lubang dari ayakan bersih dari butir-butir yang menempel
- 2) Masing-masing ayakan dan pan ditimbang beratnya.
- 3) Kemudian ayakan tadi disusun menurut nomor ayakan (ukuran lubang terbesar diatas)

Bambang Eko Widyanto, 2014

Pengaruh penambahan kaur pada inti bendungan terhadap besarnya debit rembesan
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- 4) Ambil contoh tanah seberat 500 gram, lalu masukkan ke dalam ayakan teratas dan kemudian ditutup.
- 5) Susunan ayakan dikocok dengan bantuan sieve shaker selama kurang lebih 10 menit.
- 6) Diamkan selama 3 menit agar debu-debu mengendap.
- 7) Masing-masing ayakan dengan contoh tanah yang tertinggal ditimbang, diperoleh berat tanah tertahan

j. Perhitungan Dan Pelaporan Hasil Uji

- 1) Hitung berat tanah yang tertahan oleh masing-masing saringan
- 2) Hitung jumlah berat tanah yang lolos saringan tersebut secara kumulatif
- 3) Hitung persentase jumlah berat tanah yang lolos saringan tersebut terhadap total berat tanah
- 4) 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)
- 5) Dari grafik di atas didapat koefisien keseragaman :

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \dots\dots\dots 3.2$$

Dimana :

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

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

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

$$Cu = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}} \dots\dots\dots 3.3$$

Dimana :

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 :

1) Untuk gravel :

$$Cu > 4 \text{ dan } 1 < Cc < 3$$

2) Untuk pasir :

$$Cu > 6 \text{ dan } 1 < Cc < 3$$

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

4. Uji Batas-Batas Atterberg (ASTM D-4318-00)

a. Lingkup

Percobaan ini mencakup penentuan batas-batas Atterberg yang meliputi Batas Susut, Batas Plastis, dan Batas Cair.

b. Definisi

1) Batas Plastis (Plastic Limit), w_p adalah kadar air terendah dimana tanah mulai bersifat plastis. Dalam hal ini sifat plastis ditentukan berdasarkan kondisi di mana tanah yang digulung dengan telapak tangan, di atas kaca mulai retak setelah mencapai diameter 1/8 inci.

2) Batas Cair (Liquid Limit), w_L adalah kadar air tertentu di mana perilaku berubah dari kondisi plastis ke cair. Pada kadar air tersebut tanah mempunyai kuat geser yang terendah.

c. Maksud Dan Tujuan Serta Aplikasi Batas - Batas Atterberg

Maksud dari Uji Batas - Batas Atterberg adalah untuk menentukan angka-angka konsistensi Atterberg, yaitu :

- 1) Batas Plastis/ Plastic Limit (w_p)
- 2) Batas Cair/ Liquid Limit (w_L)

Tujuan uji ini adalah untuk klasifikasi tanah butir halus.

d. Peralatan

1) Batas Plastis

Alat-alat yang digunakan :

- a) Pelat kaca
- b) Timbangan dengan ketelitian 0.01 g
- c) Kontainer
- d) Mangkok porselin
- e) Stikmaat/jangka sorong
- f) Oven dan desikator

2) Batas Cair

Alat-alat yang digunakan :

- a) Pelat kaca, dan pisau dempul
- b) Timbangan dengan ketelitian 0.01 g
- c) Kontainer sebanyak 5 buah
- d) Alat Cassagrande dengan pisau pemotongnya
- e) Cawan porselin
- f) Oven dan desikator
- g) Aquades
- h) Spatula

e. Persiapan Uji

Tanah yang akan diuji harus disaring dengan ayakan No. 40. Siapkan contoh tanah sebanyak 200 - 250 gr.

f. Prosedur Uji

1) Batas Plastis

- a) Masukkan contoh tanah dalam mangkok, diremas-remas sampai lembut, ditambahkan aquades sedikit dan diaduk sampai homogen.
 - b) Letakkan contoh tanah adukan itu di atas pelat kaca dan digulung-gulung dengan telapak tangan sampai diameternya kira-kira 1/8 inch (3 mm). Akan dijumpai 3 keadaan :
 - gulungan terlalu basah sehingga dengan diameter 1/8 inch tanah belum retak.
 - gulungan terlalu kering sehingga sewaktu diameter belum mencapai 1/8 inch, gulungan tanah sudah mulai retak.
 - gulungan dengan kadar air tepat, yaitu gulungan mulai retak sewaktu mencapai diameter 1/8 inch.
 - c) Timbang kontainer sebanyak 3 buah
 - d) Gulungan tanah tersebut dimasukkan ke dalam kontainer, tiap kontainer berisi 5 buah gulungan, dengan berat masing-masing minimum ± 5 gr. Ketiga kontainer yang berisi gulungan tanah tersebut dimasukkan dalam oven ± 24 jam pada suhu 105 -110° C.
 - e) Setelah dioven lalu dimasukkan ke dalam desikator selama kurang lebih 1 jam, lalu ditimbang
 - f) Harga rata-rata kadar air dari percobaan di atas adalah batas plastisnya.
- 2) Batas Cair
- a) Contoh tanah diambil secukupnya, ditaruh dalam cawan porselin dan ditumbuk dengan penumbuk karet, diberi aquades dan diaduk sampai homogen.
 - b) Pindahkan tanah tersebut ke atas plat kaca dan diaduk sampai homogen dengan pisau dempul, bagian yang kasar dibuang.

- c) Ambil sebagian dari contoh tanah, dan dimasukkan dalam alat Casagrande, ratakan permukaannya dengan pisau. Contoh tanah dalam mangkok Casagrande dipotong dengan grooving tool dengan posisi tegak lurus, sehingga didapat jalur tengah.
 - d) Alat Casagrande diputar dengan kecepatan konstan 2 putaran/detik. Mangkok akan terangkat dan jatuh dengan ketinggian 10 mm (sudah distel)
 - e) Percobaan dihentikan jika bagian yang terpotong sudah merapat, dan dicatat banyaknya ketukan, biasanya harus berkisar antara 10 -100 ketukan.
 - f) Tanah pada bagian yang merapat diambil dan dimasukkan dalam oven, ditempatkan dalam kontainer yang telah ditimbang beratnya. Sebelum dimasukkan dalam oven tanah + kontainer ditimbang.
 - g) Setelah dioven selama 24 jam pada temperatur 105° - 100° C, baru dimasukkan dalam desikator selama ± 1 jam untuk mencegah penyerapan uap air dari udara.
 - h) Percobaan di atas dilakukan 5 kali.
 - i) Segera dilakukan penimbangan sesudah keluar dari desikator.
 - j) Setelah kadar air didapat, dibuat grafik hubungan antara kadar air dengan jumlah ketukan dalam kertas skala semi-log. Grafik ini secara teoritis merupakan garis lurus.
 - k) Kadar air dimana jumlah ketukan 25 kali disebut Batas Cair. Batas Cair ini diulangi dengan tanah yang telah dimasukkan dalam oven; tanah tersebut ditambahkan aquades secukupnya, prosedur selanjutnya sama dengan di atas; dan Batas Cair yang didapatkan disebut " $w_{L\ oven}$ ".
- g. Pelaporan Hasil Uji
- Pelaporan harus memuat :
- 1) Nama instansi
 - 2) Nama proyek
 - 3) Lokasi proyek

- 4) Deskripsi tanah
- 5) Kedalaman tanah
- 6) Nama operator
- 7) Nama engineer
- h. Lampiran

1) Indeks Plastisitas (Plasticity Index) - I_p

Selisih antara batas cair dan batas plastis, daerah diantaranya disebut daerah keadaan plastis.

$$IP = wL - wP \dots\dots\dots 3.4$$

2) Indeks Alir (Flow Index) - I_f

Perbandingan antara selisih kadar air pada keadaan tertentu dengan selisih antara jumlah pukulan pada kadar air tersebut. Indeks Alir menyatakan kemiringan kurva percobaan batas cair.

$$I_f = \frac{\Delta w}{\Delta \log N} \dots\dots\dots 3.5$$

3) Indeks Kekakuan (Toughness Index) - I_t

Perbandingan antara Indeks Plastisitas dengan Indeks Alir

$$I_t = \frac{I_p}{I_f} \dots\dots\dots 3.6$$

4) Indeks Kecairan (Liquidity Index) - I_l

Perbandingan antara selisih kadar air asli dengan batas plastis terhadap Index Plastisitasnya. I_l ini penting dalam menunjukkan keadaan tanah.

$$I_l = \frac{w - w_p}{I_p} \dots\dots\dots 3.7$$

5) Indeks Konsistensi (Consistency Index) - I_c

Perbandingan antara selisih batas cair dengan kadar air aslinya terhadap Index Plastisitasnya.

$$I_c = \frac{W_L - W}{I_p} \dots\dots\dots 3.8$$

5. Analisis Hidrometer (ASTM D-4318-00)

a. Lingkup

Metode ini mencakup penentuan dari distribusi ukuran butir tanah yang lolos saringan No. 200

b. Definisi

- 1) Silt/lanau adalah tanah dengan ukuran butir antara 0.002 mm - 0.075 mm
- 2) Clay/lempung adalah tanah dengan ukuran butir lebih kecil dari 0.002 mm
- 3) Aktivitas tanah :

$$A = \frac{I_p}{\% \text{ fraksi tanah lempung}} \dots\dots\dots 3.9$$

c. Maksud Dan Tujuan Serta Aplikasi

Analisis hidrometer adalah metode untuk menghitung distribusi ukuran butir tanah berdasarkan sedimentasi tanah dalam air, kadang disebut juga uji sedimentasi. Analisis hidrometer ini bertujuan untuk mengetahui pembagian ukuran butir tanah yang berbutir halus.

d. Manfaat

Manfaat hasil uji ini adalah untuk perbandingan dengan sifat tanah yang ditentukan dari uji batas-batas Atterberg dan untuk menentukan aktivitas tanah.

e. Keterbatasan

Dasar perhitungan di atas adalah hukum Stokes; yang mempunyai keberatan antara lain :

- 1) Butir-butir tanah dianggap seperti bola, sedangkan kenyataannya tidak demikian. Untuk mengatasi hal ini maka digunakan diameter ekuivalen yaitu diameter dari bola fiktif yang terdiri dari material yang sama dan mempunyai kecepatan pengendapan yang sama dengan butir tanah yang sesungguhnya.

- 2) Tempat dimana butir tanah mengendap adalah semi tak berhingga dan hanya ditinjau satu butir saja, pada kenyataannya tempatnya adalah terhingga dan butirnya saling mempengaruhi satu sama lain; hal ini diatasi dengan hanya mengambil jumlah tanah yang relatif sedikit 50 gram dalam 1 liter, sehingga keberatan di atas dapat diabaikan
- 3) Berat jenis yang dipergunakan adalah berat jenis rata-rata, dalam kenyataannya berat jenis masing-masing butir tanah adalah tidak sama dengan rata-ratanya, tetapi dalam hal ini tidak merupakan keberatan yang berarti

f. Peralatan

Alat-alat yang digunakan :

- 1) Satu buah hidrometer tipe ASTM - 152 H
- 2) Dua buah tabung gelas dengan volume 1000 cc
- 3) Stopwatch
- 4) Mixer dan mangkoknya
- 5) Air gelas (defloculating agent atau dispersing agent), digunakan dengan maksud mencegah penggumpalan butir-butir tanah dalam larutan.
- 6) Timbangan dengan ketelitian 0.01 g
- 7) Termometer
- 8) Dish
- 9) Oven
- 10) Aquades

g. Ketentuan

- 1) Alat pengaduk (mixer) harus dilengkapi dengan striring paddle yang dapat diputar dengan kecepatan lebih dari 10000 rpm.
- 2) Hidrometer menggunakan standar ASTM untuk membaca berat jenis larutan atau gram per liter larutan

Bambang Eko Widyanto, 2014

Pengaruh penambahan kaur pada inti bendungan terhadap besarnya debit rembesan
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

3) Larutan tanah harus diendapkan pada temperatur konstan (20 °C), salah satu metodenya adalah dengan menggunakan water bath.

h. Persiapan Uji

1) Siapkan contoh tanah dengan mengayak contoh tanah tersebut hingga lolos saringan No. 200

2) Contoh tanah yang digunakan 50 gr, diberi air dan larutan tanah dicampur dengan dispersing agent berupa sodium hexametaphosphate sebanyak 40 gr untuk tiap liter larutan. Air yang digunakan harus aquades. Kemudian diaduk dengan mixer selama 15 menit.

3) Sambil menunggu larutan di mixer, dilakukan koreksi pembacaan hidrometer, yaitu Meniscus Correction dan Zero Correction, dengan cara :

a) Isi tabung gelas dengan aquades volumenya 1000 cc.

b) Masukkan hidrometer dalam tabung gelas tersebut lalu dilakukan pembacaan pada ujung permukaan air yang menempel pada permukaan hidrometer. Pembacaan ini yang disebut zero correction, dengan ketentuan bila di atas angka 0 (nol) berharga negatif dan bila di bawah angka 0 (nol) berharga positif. Meniscus correction diperoleh dengan cara pembacaan permukaan air yang mendatar dikurangi dengan zero correction.

i. Prosedur Uji

1) Larutan dimasukkan ke dalam satu tabung gelas dan tambah air hingga volumenya 1000 cc. Tabung gelas yang satu lagi diisi dengan air untuk tempat hidrometer.

2) Tabung yang berisi larutan tanah dikocok selama 30 detik, hidrometer dimasukkan. Pembacaan dilakukan pada menit ke 0, 1, 2, 4 dengan catatan untuk tiap-tiap pembacaan, hidrometer hanya diperkenankan 10 detik dalam

larutan, selebihnya hidrometer dimasukkan dalam tabung yang berisi aquades. Temperatur juga diukur pada setelah pembacaan.

- 3) Tabung dikocok lagi dan pembacaan diulang seperti di atas; ini dilakukan 3 kali dan diambil harga rata-ratanya.
- 4) Setelah ini dilanjutkan pembacaan tanpa mengocok, pembacaan dilakukan pada menit ke 8, 30, 45, 60, 90, 210, 1290, 1440. Pada tiap-tiap pembacaan hidrometer diangkat dan diukur temperturnya.
- 5) Setelah semua pembacaan selesai, larutan dituang dalam dish yang telah ditimbang beratnya; kemudian dimasukkan dalam oven selama 24 jam pada temperatur 105 -110°C untuk mendapatkan berat keringnya.
- 6) Dari percobaan di atas dapat dihitung persen lebih halusnnya, dan dengan menggunakan chart dapat dihitung ekuivalennya.
- 7) Dari hasil perhitungan di atas dapat dibuat grain size distribution curvenya.

j. Perhitungan Dan Pelaporan Hasil Uji

Perhitungan :

$$\% \text{ Finer} = \frac{R_c \times a}{W_s} \times 100\% \dots\dots\dots 3.10$$

dimana :

a = faktor koreksi

$$= \frac{1.65 \times G_s}{2.65 \times (G_s - 1)} \dots\dots\dots 3.11$$

Rc= koreksi pembacaan hidrometer

= Ra - C₀ - Ct

Ra= pembacaan hidrometer sebenarnya

C₀= koreksi nol (zero correction)

Ct = koreksi suhu

$$D = K \sqrt{\frac{L}{t}} \dots\dots\dots 3.12$$

dimana :

- D = diameter butir (mm)
- L = effective depth (cm)
- t = elapsed time (menit)
- η = viskositas aquades (poise)
- G_s = specific gravity of soil
- G_w = specific gravity of water

$$K = \sqrt{\frac{30\eta}{g(G_s - G_w)}} \dots\dots\dots 3.13$$

6. Uji Kompaksi (ASTM D698 dan ASTM D1557)

a. Definisi

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

Berat isi kering maksimum ($\gamma_{d \max}$) adalah berat isi terbesar yang dicapai pada pengujian kompaksi pada energi tertentu.

Kadar air optimum adalah nilai kadar air di mana pada energi kompaksi tertentu dicapai γ_{dry} maksimum

b. Maksud Dan Tujuan Serta Aplikasi

Tujuan uji kompaksi adalah untuk mendapatkan kadar air optimum dan berat isi kering maksimum pada suatu proses pemadatan.

Kepadatan tanah biasanya dinilai dengan menentukan berat isi keringnya (γ_{dry}).

Kadar air optimum ditentukan dengan melakukan percobaan pemadatan di laboratorium. Hasil percobaan ini dipakai untuk menentukan syarat-syarat yang harus dipenuhi pada waktu pemadatan di lapangan. Pada percobaan di laboratorium, kadar air optimum ditentukan dari grafik hubungan antara berat isi kering dengan kadar air.

Tujuan uji kompaksi adalah untuk mendapatkan Kadar Air Optimum dan Berat Isi Kering Maksimum pada suatu proses pemadatan.

c. Manfaat

Tanah sebagai material bangunan pada konstruksi-konstruksi tanggul, bendungan tanah, dasar jalan, harus dipadatkan untuk memperbaiki sifat-sifat dari tanah yang dapat memberi akibat buruk pada konstruksi.

Perubahan-perubahan yang terjadi bila tanah dipadatkan adalah :

- 1) Volume udara dalam pori-pori tanah berkurang sehingga tanah menjadi lebih padat.
- 2) Kekuatan geser dan daya dukung tanah meningkat.
- 3) Kompresibilitas tanah berkurang.
- 4) Permeabilitas tanah berkurang.
- 5) Lebih tahan terhadap erosi.

d. Peralatan

- 1) Alat kompaksi
- 2) Mold dengan tinggi 4.6", diameter 4" volume 1/30 cu-ft.

Bambang Eko Widyanto, 2014

Pengaruh penambahan kaur pada inti bendungan terhadap besarnya debit rembesan
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- 3) Collar dengan tinggi 2.5", diameter 4".
- 4) Hammer dengan berat 5.5 lb atau 10 lb, diameter 2", tinggi jatuh 12" atau 18".
- 5) Sprayer untuk menyemprot air ke tanah
- 6) Ayakan no 4.
- 7) Pisau, scoop, palu karet.
- 8) Timbangan ketelitian 0.1 g atau 0.01 g.
- 9) Oven, desikator, container

e. 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 Ukuran Peralatan Pengujian Kompaksi

		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 :

$$\frac{\text{Jumlah Pukulan} \times \text{Jumlah Lapisan} \times \text{Tinggi Jatuh} \times \text{Berat Hammer}}{\text{Volume Mold}}$$

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.

f. Prosedur Uji

- 1) Siapkan contoh tanah yang akan diuji ± 25 kg dimana tanah sudah dibersihkan dari akar-akar dan kotoran lain.
- 2) Tanah dijemur sampai kering udara (air drained), atau dikeringkan dalam oven dengan suhu 60°C.
- 3) Gumpalan-gumpalan tanah dihancurkan dengan palu karet agar butir tanah tidak ikut hancur.
- 4) Contoh tanah kering dalam keadaan lepas diayak dengan ayakan no 4, hasil ayakan dipergunakan.
- 5) Tanah hasil ayakan sebanyak ± 3 kg disemprot air untuk mendapat hasil contoh tanah dengan kebasahan merata sehingga bisa dikepal tapi masih mudah lepas (hancur).
- 6) 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).
- 7) Tumbuk dengan hammer sebanyak 25 kali pada tempat yang berlainan. Hammer yang dipergunakan disesuaikan dengan cara percobaan.
- 8) Isikan lagi untuk lapis berikutnya dan tumbuk sebanyak 25 kali.

- 9) 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.
 - 10) Buka sambungan tabung di atasnya dan ratakan permukaan tanahnya dengan pisau.
 - 11) Mold dan contoh tanah ditimbang.
 - 12) Tanah dikeluarkan dengan bantuan dongkrak dan diambil bagian atas (A), tengah (T), dan bawah (B) masing-masing ± 30 gram kemudian dioven selama 24 jam.
 - 13) Setelah 24 jam dioven, container + tanah kering ditimbang.
 - 14) Dengan mengambil harga rata-rata dari kadar air ketiganya didapat nilai kadar airnya.
 - 15) Percobaan dilakukan sebanyak minimum 5 kali dengan setiap kali menambah kadar airnya sehingga dapat dibuat grafik berat isi kering terhadap kadar air.
- g. Perhitungan Dan Pelaporan Hasil Uji

Berat isi kering (γ_d) dapat dihitung dari rumus :

$$\gamma_d = \frac{W}{V(1+w)} \dots\dots\dots 3.15$$

dimana :

W = berat total tanah kompaksi bahan dalam mold

V = volume mold

w = kadar air tanah kompaksi

Untuk menggambarkan Zero Air Voids Curve dihitung dengan memakai rumus :

$$\gamma_d = \frac{G_s \times \gamma_w}{1 + \left(\frac{w \times G_s}{S_r} \right)} \dots\dots\dots 3.16$$

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.

h. Kadar Air Optimum didapatkan dengan cara sebagai berikut:

Dari 5 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.

7. Uji Permeabilitas (ASTM D2434)

a. Lingkup

Uji permeabilitas di laboratorium terdapat 2 tipe/cara, yaitu :

- 1) *Constant Head Permeability Test* yaitu biasanya dilakukan untuk tanah yang permeabilitasnya tinggi. ($k > 10^{-3}$ cm/det).
- 2) *Falling Head Permeability Test* yaitu biasanya dilakukan untuk tanah yang permeabilitasnya rendah. ($k < 10^{-3}$ cm/det).

b. Definisi

- 1) Permeabilitas adalah sifat bahwa zat cair dapat mengalir lewat bahan berpori.
- 2) Koefisien permeabilitas adalah konstanta aliran air di dalam tanah tersebut.

c. Maksud Dan Tujuan Serta Aplikasi

Uji permeabilitas bermaksud untuk mendapatkan nilai koefisien permeabilitas (k) dari suatu contoh tanah. Kegunaan dari koefisien permeabilitas adalah dapat memperhitungkan kehilangan air dari suatu tempat penadah air dengan menghitung debit pengaliran rembesan.

d. Manfaat

Manfaat hasil uji ini adalah untuk mengetahui kecepatan air meresap ke dalam tanah, yaitu dari nilai koefisien permeabilitas (k).

e. Peralatan

Alat-alat yang digunakan :

- 1) Alat Permeameter (lengkap)
- 2) Stop Watch
- 3) Gelas ukur (untuk wadah air dari *outflow*)
- 4) Kertas pori

f. Persiapan Uji

Bambang Eko Widyanto, 2014

Pengaruh penambahan kaur pada inti bendungan terhadap besarnya debit rembesan
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- 1) Siapkan contoh tanah yang akan diuji.
- 2) Siapkan air untuk proses pengujian.
- 3) Cetak kertas pori sesuai ukuran batu pori agar batu pori tidak tersumbat oleh tanah.
- 4) Lepaskan tutup *chamber* bagian atas dengan cara melepaskan ketiga mur *knurled*.
- 5) Angkat kedua batu pori dan pegas yang ada di dalam *chamber*.
- 6) Masukkan batu pori bagian bawah ke dalam *chamber*.
- 7) Masukkan kertas pori yang sudah dicetak di atas batu pori bagian bawah.
- 8) Tuangkan tanah yang akan diuji ke dalam *chamber*. Posisi tanah di atas kertas dan batu pori bagian bawah.
- 9) Padatkan lapisan tanah dengan alat pemadat sesuai dengan kepadatan yang diinginkan. Proses pemadatan dilakukan untuk setiap ketebalan ± 2 cm.
- 10) Masukkan kertas pori yang sudah dicetak di atas tanah uji.
- 11) Masukkan batu pori bagian atas ke dalam *chamber*.
- 12) Letakkan per/pegas (*compression spring*) di atas batu pori bagian atas.
- 13) Pasang tutup *chamber* bagian atas, kemudian pasang kembali ketiga mur *knurled* dan kencangkan.
- 14) Ukur dan catat panjang/tinggi tanah uji.

g. Prosedur Uji

- 1) *Constant Head Permeability Test*
 - a) Pasang corong (*funnel*) di atas *burette* (pipa ukur) dan sesuaikan ketinggiannya dengan meteran yang menempel di alat permeameter.
 - b) Tempatkan gelas ukur di saluran pembuangan (*outlet*) untuk mengumpulkan air yang keluar.
 - c) Buka klep *outlet* di bagian bawah *burette*.
 - d) Masukkan air ke dalam *burette* melalui *funnel*. Biarkan air mengalir keluar dari *outlet* sampai aliran air menjadi stabil.

Bambang Eko Widyanto, 2014

Pengaruh penambahan kaur pada inti bendungan terhadap besarnya debit rembesan
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- e) Setelah aliran keluar stabil, tutup klep *outlet* di bagian bawah *burette*.
 - f) Ukur dan catat ketinggian air di dalam *burette*. Didapat nilai h .
 - g) Buka klep *outlet* di bagian bawah *burette*, berbarengan dengan meng-on-kan *stop watch* untuk perhitungan waktu (t).
 - h) Pastikan air yang dimasukkan tetap stabil (*constant*) pada ketinggian (h) yang sama dengan di awal pencatatan sampai akhir pencatatan nanti.
 - i) Biarkan air mengalir ke dalam gelas ukur untuk mendapatkan volume air yang keluar.
 - j) Setelah volume air terkumpul dan dirasa cukup, tutup klep *outlet* di bagian bawah *burette*, berbarengan dengan meng-off-kan *stop watch*.
 - k) Catat waktu (t) yang dibutuhkan untuk mendapatkan volume air yang terkumpul ke dalam gelas ukur.
 - l) Hitung dan catat volume air yang terkumpul di dalam gelas ukur tersebut (Q).
 - m) Lakukan perhitungan ke dalam rumus *Constant Head Permeability Test* untuk mendapatkan nilai koefisien permeabilitasnya.
 - n) Ulangi langkah di atas tiga kali atau lebih, dan hitung rata-rata nilai koefisien permeabilitasnya.
- 2) *Falling Head Permeability Test*
- a) Pasang corong (*funnel*) di atas *burette* (pipa ukur) dan sesuaikan ketinggiannya dengan meteran yang menempel di alat permeameter.
 - b) Tempatkan gelas ukur atau wadah di saluran pembuangan (*outlet*).
 - c) Buka klep *outlet* di bagian bawah *burette*.
 - d) Masukkan air ke dalam *burette* melalui *funnel*. Biarkan air mengalir keluar dari *outlet* sampai aliran air menjadi stabil.
 - e) Setelah aliran keluar stabil, tutup klep *outlet* di bagian bawah *burette*.
 - f) Ukur dan catat ketinggian air di dalam *burette*. Didapat nilai *initial height of water* (h_0) atau tinggi awal air.

- g) Buka klep *outlet* di bagian bawah *burette*, bersamaan dengan meng-on-kan *stop watch* untuk perhitungan waktu.
- h) Biarkan air mengalir dari *outlet* untuk beberapa waktu.
- i) Setelah terjadi perbedaan tinggi (Δh) air pada *burette* yang signifikan dan dirasa cukup, tutup klep *outlet* di bagian bawah *burette*, bersamaan dengan meng-off-kan *stop watch*.
- j) Catat ketinggian air di dalam *burette*. Didapat nilai *final height of water* (h_1) atau tinggi akhir air.
- k) Catat waktu (t) yang dibutuhkan untuk mendapatkan perbedaan tinggi (Δh) air pada *burette*.
- l) Lakukan perhitungan ke dalam rumus *Falling Head Permeability Test* untuk mendapatkan nilai koefisien permeabilitasnya.
- m) Ulangi langkah di atas tiga kali atau lebih, dan hitung rata-rata nilai koefisien permeabilitasnya.

h. Perhitungan Dan Pelaporan Hasil Uji

Perhitungan:

1) *Constant Head Permeability Test*

Rumus yang digunakan :

$$k = \frac{QL}{Aht} \dots\dots\dots 3.17$$

dimana :

- k = koefisien permeabilitas
- Q = volume air yang terkumpul
- L = panjang/tinggi sampel (tanah uji)
- A = luas area *chamber*
- h = beda tinggi antara tinggi air di dalam *burette* dalam keadaan *constant* dengan *chamber outflow level* (pipa saluran pembuang).
- t = waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan volume Q

2) *Falling Head Permeability Test*

Rumus yang digunakan :

$$k = \frac{aL}{At} \ln \frac{h_0}{h_1} \dots\dots\dots 3.18$$

dimana :

- k = koefisien permeabilitas
- a = luas *burette*
- L = panjang/tinggi sampel (tanah uji)
- A = luas area *chamber*
- h₀ = tinggi air awal
- h₁ = tinggi air akhir
- t = waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan perbedaan tinggi (Δh) air pada *burette*

8. Uji Triaxial (ASTM D2850-95)

a. Lingkup

Percobaan ini mencakup uji kuat geser untuk tanah berbentuk silinder dengan diameter maksimum 75 mm. Pengujian dilakukan dengan alat konvensional dalam kondisi contoh tanah tidak terkonsolidasi dan air pori tidak teralir (unconsolidated undrained).

b. Definisi

- 1) Uji Triaxial UU adalah uji kompresi triaxial dimana tidak diperkenankan perubahan kadar air dalam contoh tanah. Sampel tidak dikonsolidasikan dan air pori tidak teralir saat pemberian tegangan geser.
- 2) Bidang bidang tegangan utama adalah 3 bidang yang saling tegak lurus dimana bekerja tegangan tegangan normal dan tanpa tegangan geser.
- 3) Tegangan tegangan utama σ_1, σ_3 adalah tegangan normal yang bekerja pada bidang bidang tegangan utama.

- 4) Tegangan deviator adalah selisih antara tegangan utama terbesar (σ_1) dan tegangan utama terkecil (σ_3).
- 5) Lingkaran Mohr adalah representasi secara grafis kondisi tegangan tegangan pada suatu bidang dinyatakan dalam tegangan normal dan tegangan geser.
- 6) Garis keruntuhan adalah garis atau kurva yang menyinggung lingkaran lingkaran Mohr pada kondisi keruntuhan pada sampel yang memiliki tegangan tegangan keliling yang berbeda. Mempunyai persamaan :

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi \dots\dots\dots 3.19$$

- 7) Bidang keruntuhan adalah bidang dimana kuat geser maksimum dari tanah telah termobilisasi saat keruntuhan. Secara teoritis pada uji triaxial, bidang tersebut menyudut ($45^\circ + \phi/2$) terhadap bidang horizontal.
- 8) Kriteria Keruntuhan Mohr-Coulomb adalah kuat geser tanah yang diperoleh dari uji triaxial, dinyatakan dalam persamaan :

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi \dots\dots\dots 3.20$$

- 9) Kohesi, c adalah kuat geser tanah bila tidak diberikan tegangan keliling.
- 10) Sudut geser dalam, ϕ adalah komponen kuat geser tanah yang berasal dari gesekan antara butir tanah.

c. Maksud Dan Tujuan Serta Aplikasi Uji Triaxial Uu

Maksud uji triaxial UU adalah untuk mengetahui kekuatan geser tanah; yaitu c (kohesi) dan ϕ (sudut geser dalam), dalam tegangan total ataupun efektif yang mendekati keadaan aslinya di lapangan.

Tujuannya adalah untuk digunakan dalam analisis kestabilan jangka pendek (short term stability analysis)

d. Manfaat

Keuntungan uji ini adalah karena pelaksanaannya cepat.

e. Keterbatasan

Uji ini tidak dapat digunakan untuk sampel dengan ukuran butir yang besar (gravel). Di samping itu pengukuran tekanan air pori tidak dapat dilakukan.

f. Peralatan

Alat-alat yang digunakan :

- 1) Alat Triaxial
- 2) Membran karet
- 3) Stretcher
- 4) Stopwatch
- 5) Alat untuk mengeluarkan tanah dari tabung (piston plunger)
- 6) Silinder untuk mengambil contoh tanah
- 7) Oven
- 8) Timbangan dengan ketelitian 0.1 gr
- 9) Cawan (container)
- 10) Desikator
- 11) Pisau

g. Ketentuan

Kecepatan pengujian ditentukan 2% per menit atau ekuivalen 1.5 mm/menit untuk sampel dengan tinggin 76 mm.

h. Prosedur Uji

- 1) Contoh tanah diambil dengan ring silinder ukuran tinggi 76 mm dan diameter 38 mm, kedua permukaannya diratakan.
- 2) Keluarkan contoh tanah dari silinder dengan menggunakan piston plunger.
- 3) Ukur diameter dan tinggi sampel secara lebih akurat.
- 4) Timbang sampel.
- 5) Dengan bantuan stretcher, contoh tanah diselubungi membran karet.
- 6) Pasang batu pori di bagian bawah.
- 7) Membran bagian bawah dan atas diikat dengan karet membran.
- 8) Letakkan contoh tanah tersebut pada alat triaxial.

- 9) Sel triaxial diisi air destilasi hingga penuh dan meluap, tegangan air pori dinaikkan hingga sesuai tegangan keliling yang diinginkan.
- 10) Tekanan vertikal diberikan dengan jalan menekan tangkai beban di bagian atas contoh tanah yang dijalankan oleh mesin dengan kecepatan tertentu.
- 11) Pembacaan diteruskan sampai pembacaan proving ring dial memperlihatkan penurunan sebanyak 3 kali atau sampai regangan mencapai $\pm 15\%$.
- 12) Keluarkan contoh tanah dari sel Triaxial kemudian digambar bidang runtuhnya.
- 13) Contoh tanah dibagi menjadi 3 bagian untuk ditentukan kadar airnya.
- 14) Percobaan dilakukan lagi dengan tegangan sel yang lebih besar dengan prosedur seperti di atas.

i. Pelaporan Hasil Uji

Pelaporan hasil uji meliputi :

- 1) Nama instansi / perusahaan
- 2) Nama proyek
- 3) Lokasi
- 4) Deskripsi tanah
- 5) Kedalaman tanah
- 6) Nama operator
- 7) Nama engineer yang bertanggung jawab
- 8) Kurva tegangan regangan
- 9) Kurva keruntuhan dan nilai c dan ϕ
- 10) Nilai modulus (E_u) dan angka poisson (ν)

9. Pengujian Pada Seepage And Permeability Tank

a. Lingkup

Percobaan ini mencakup pengujian dengan cara pemodelan dalam Permeability Apparatus/Drainage And Seepage Tank. Pemodelan yang dibuat

Bambang Eko Widyanto, 2014

Pengaruh penambahan kaur pada inti bendungan terhadap besarnya debit rembesan
 Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

berupa pemotongan melintang dari tubuh bendung yang hendak diuji permeabilitasnya.

b. Definisi

Pengujian Pada Seepage And Permeability Tank adalah uji yang dilakukan pada alat Permeability Apparatus/Drainage And Seepage Tank (HF315) dengan kondisi semirip mungkin dengan di lapangan. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemodelan ini adalah kemiringan (bila tidak dapat serupa dengan lapangan dapat disesuaikan dengan pertimbangan khusus), kepadatan tanah, jenis tanah serta ketinggian pemodelan.

c. Maksud Dan Tujuan

Maksud Pengujian Pada Seepage And Permeability Tank adalah untuk mengetahui kemampuan permeabilitas sampel tanah dalam bentuk pemodelan, sehingga dapat diperkirakan bagaimana pola aliran yang terdapat pada tubuh bendung.

d. Prosedur

- a. Siapkan sample material yang akan digunakan.
 - b. Untuk pemodelan bendungan maka tanah harus lolos saringan no 4.
 - c. Beri air pada material sebanyak kadar air optimum yang telah didapat pada pengujian kompaksi.
 - d. Masukkan material kedalam tank dimulai dari titik tengah pemodelan setebal 1-1,5 mm.
 - e. Padatkan sample sampai dengan kepadatan yang diinginkan (untuk pemodelan bendungan dipadatkan sampai kepadatan maksimum tanah)
 - f. Setelah pemodelan siap masukan air setinggi muka air yang ditentukan
 - g. Tunggu sampai air mulai terlihat pada hilir
 - h. Hitung debit air
- e. Pelaporan Hasil Uji

Pelaporan hasil uji meliputi :

Bambang Eko Widyanto, 2014

Pengaruh penambahan kaur pada inti bendungan terhadap besarnya debit rembesan
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- a. Nama instansi / perusahaan
- b. Nama proyek
- c. Lokasi
- d. Deskripsi tanah
- e. Tanggal awal pengujian
- f. Tanggal akhir pengujian
- g. Nama operator
- h. Nama engineer yang bertanggung jawab
- i. Debit

Bambang Eko Widyanto, 2014

Pengaruh penambahan kaur pada inti bendungan terhadap besarnya debit rembesan
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu