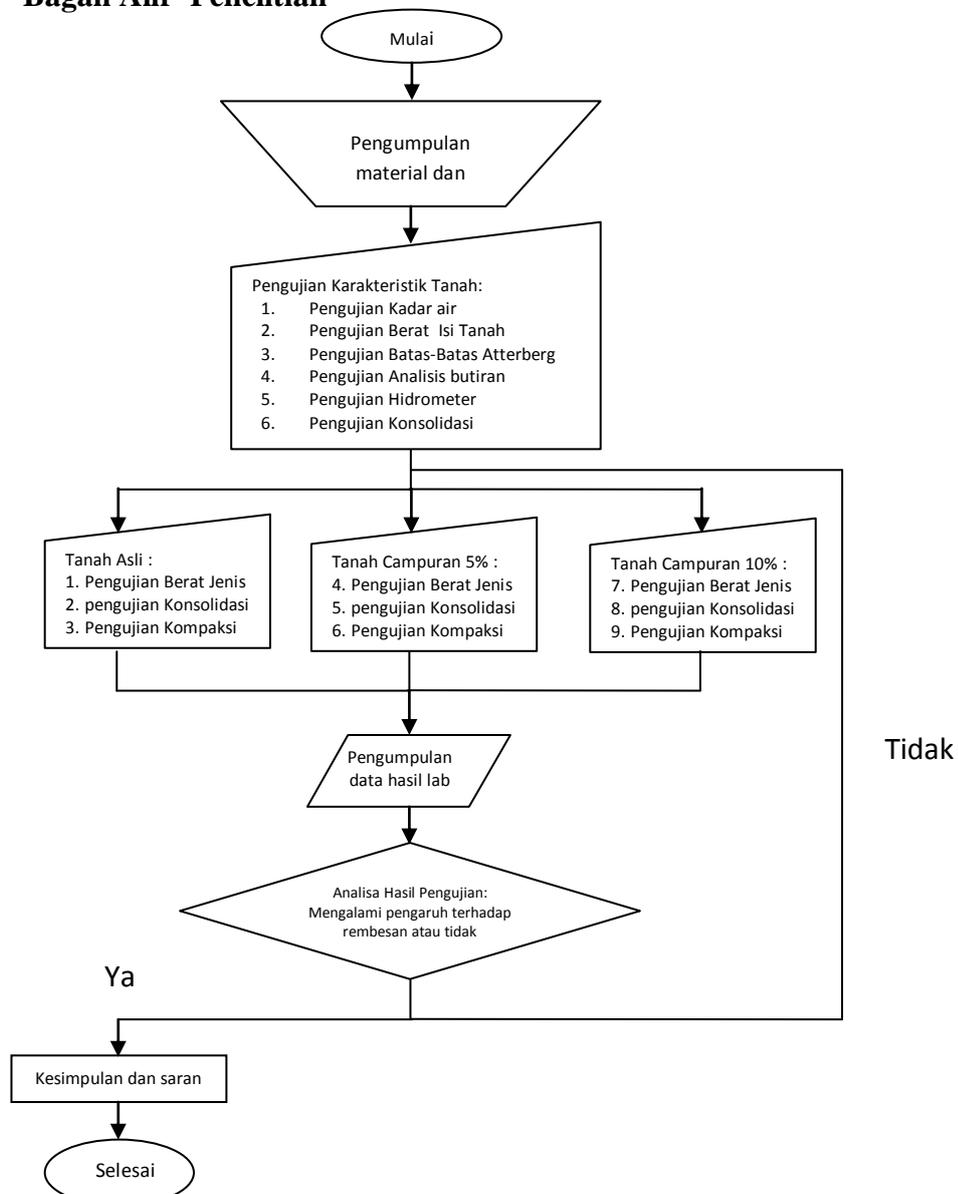


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang dirumuskan dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia, dengan menyajikan data secara deskriptif yang menjelaskan secara detail keadaan selama penelitian.

3.1 Bagan Alir Penelitian



Adi Mardani, 2014
Pengaruh Perbedaan Material Tanah Terhadap Cepat Rambat Rembesan Pada Dasar Bendungan

Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

3.2 Prosedur Penelitian Laboratorium

Penelitian yang dilakukan oleh penulis berbasis laboratorium. Pada penelitian ini penulis menguji perbedaan cepat rambat rembesan pada perbedaan material tanah di bawah bendungan Jatigede, Jawa Barat yang bertujuan untuk melihat perilaku rembesan yang terjadi pada tanah asli di bawah bendungan yang diamati dari sisi permeabilitasnya. Dengan melakukan pendekatan keadaan menyerupai keadaan asli yang ada. Sampel tanah yang diambil adalah tanah yang sifatnya terganggu (*disturbed*) dimana tanah ini mendapat pengaruh dari luar seperti cuaca dan proses pemindahan tanah itu sendiri.

Penelitian yang dilakukan bertempat di laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia, jalan Dr.Setiabudi No.207 Bandung 40154 Telp. 2013163, Laboratorium TERATAMA jalan Pinang Mas 2 blok F-5 Cimahi 40533.

Prosedur yang dilakukan dalam melaksanakan penelitian ini berdasarkan pada ASTM. Pengujian-pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.2.1 Uji Kadar air (ASTM D-2216-98)

Kadar air adalah perbandingan antara berat air dengan berat butir tanah, dinyatakan dalam persen.

1. Maksud dan Tujuan

Maksud percobaan ini adalah untuk mengukur sifat-sifat fisis tanah. Sedangkan tujuannya adalah sebagai bagian dari klasifikasi tanah.

2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada praktikum ini adalah tanah sedimen dan tanah residual. Dan Alat-alat yang digunakan pada praktikum ini adalah:

- a. Ring Silinder
- b. Cawan atau kontainer (wadah kecil)
- c. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram

- d. Desikator
- e. Oven.

3. Prosedur Uji

Adapun prosedur kerja pada praktikum ini adalah:

- a. Menimbang sampel tanah utuh beserta ring sampelnya.
- b. Mengeringkannya di dalam oven suhu 105° C selama 24 jam.
- c. Mengeluarkan sampel tanah utuh beserta ring sampel, mendinginkannya terlebih dahulu, kemudian timbang sampel tanah beserta ring sampelnya yang telah kering oven.
- d. Mengeluarkan tanah dari dalam ring sampel, kemudian menimbang ring sampel.

4. Perhitungan

$$\text{Kandungan air tanah : } \frac{(\text{Berat Basah+Ring})-\text{Berat Ring}-\text{Berat kering}}{\text{Berat Tanah kering}} \times 100\%$$

Atau

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% = W = \frac{W_2 - W_1 - W_s}{W_s} \times 100\%$$

Derajat kejenuhan (*Degree of Saturation*)

$$Sr = \frac{V_w}{V_v} \times 100\%$$

$$V_w = \frac{W_w}{\gamma_w} = \frac{W_{wet} - W_{dry}}{\gamma_w}$$

$$V_v = V - V_s = V - \frac{W_s}{G_s \times \gamma_w}$$

$$\text{jadi } Sr = \frac{(W - W_s)/\gamma_w}{V - W_s/(G_s \times \gamma_w)} \times 100\%$$

Angka Pori (*Void Ratio*)

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V - V_s}{V_s} = \frac{V}{W_s/(G_s \cdot \gamma_w)} - 1$$

$$e = \frac{V \cdot G_s \cdot \gamma_w}{W_s} - 1$$

Porositas

$$n = \frac{\text{Volume Pori}}{\text{Volume Total}} = \frac{V_v}{V} \times 100\%$$

$$n = \frac{e}{e + 1}$$

Dimana :

- V = Volume contoh tanah
- V_s = Volume Butir
- G_s = Spesific Gravity
- V_v = Volume pori
- W_s = Berat tanah kering
- γ_w = Berat isi air
- γ = Berat isi tanah
- W_1 = Berat Ring
- W_2 = Berat Ring+contoh tanah
- W = Berat contoh tanah = $W_2 - W_1$

3.2.2 Uji Berat Jenis (ASTM D-854-02)

Berat jenis tanah adalah perbandingan antara berat isi butir tanah terhadap berat isi air pada temperatur 4⁰C, tekanan 1 atmosfer.

1. Maksud dan Tujuan

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

2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam percobaan ini yaitu :

- a. Tanah Sedimen dan Tanah Residual
- b. Air suling (Aquadess)

Peralatan yang digunakan dalam percobaan ini adalah :

- a. Botol Erlenmeyer

- b. Aquades
- c. Timbangan dengan ketelitian 0.01 g
- d. Termometer
- e. Alat pemanas berupa kompor listrik
- f. Oven
- g. Evaporating dish dan mangkuk porselen
- h. Pipet
- i. Batang pengaduk yang terbuat dari gelas

3. Prosedur Uji

- a. Ambil contoh tanah seberat ± 60 g. Contoh tanah diremas dan dicampur dengan aquades di dalam suatu cawan sehingga menyerupai bubuk yang homogen.
- b. Adonan tanah ini kita masukkan ke dalam Erlenmeyer dan tambahkan aquades.
- c. Erlenmeyer yang berisi contoh tanah ini dipanaskan di atas kompor listrik selama ± 10 menit supaya gelembung udaranya keluar.
- d. Sesudah itu Erlenmeyer diangkat dari kompor dan ditambah dengan aquades sampai batas kalibrasi, lalu diaduk sampai suhunya merata.
- e. 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.
- f. Erlenmeyer direndam dalam suatu bejana yang berisi air agar suhunya turun.
- g. Aduk agar temperaturnya merata. Setelah mencapai suhu 35° C dikeluarkan dari bejana, bagian luar dikeringkan. Di sini permukaan air turun (dari batas kalibrasi) maka perlu ditambahkan aquades sampai batas kalibrasi, kemudian ditimbang.

- h. Suhu diturunkan lagi hingga mencapai 25° C dengan cara yang sama, lalu Erlenmeyer dikeluarkan, bagian luar dikeringkan, ditambah air hingga batas kalibrasi dan ditimbang.
- i. Larutan tanah tersebut kemudian dituangkan dalam bejana yang telah ditimbang beratnya. Tidak boleh ada tanah yang tersisa dalam Erlenmeyer, jika perlu bilas dengan aquades hingga bersih.
- j. Bejana + larutan contoh tanah yang telah dikeringkan dengan oven selama 24 jam dengan suhu 110° C.
- k. Berat bejana + tanah kering ditimbang sehingga didapatkan berat kering tanah (W_s).
- l. Dari percobaan di atas akan didapatkan 4 harga G_s yang kemudian dirata-rata.

4. Perhitungan

Menentukan berat jenis tanah berdasarkan formula :

$$G_s = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$$

3.2.3 Uji Batas-Batas Atterberg (ASTM D-4318-00)

Percobaan ini mencakup penentuan batas-batas atterberg yang meliputi batas susut, batas plastis, dan batas cair.

1. Maksud dan Tujuan

Maksud dari uji batas-batas atterberg adalah untuk menentukan angka-angka konsistensi atterberg, yaitu :

- a. Batas Susut/Shrinkage Limit (W_s)
- b. Batas Plastis/Plastic Limit (W_p)
- c. Batas Cair/Liquid Limit (W_L)

Tujuan uji ini adalah untuk klasifikasi tanah butir halus.

2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam percobaan ini adalah :

- a. Tanah Sedimen dan Tanah Residual
- b. Aquades (batas cair)

Peralatan yang digunakan dalam percobaan ini yaitu :

- Batas Plastis
 - a. Pelat kaca
 - b. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
 - c. Kontainer
 - d. Mangkok porselen
 - e. Stikmat/jangka sorong
 - f. Oven dan Desikator
- Batas Cair
 - a. Pelat kaca dan pisau dempul
 - b. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
 - c. Kontainer sebanyak 5 buah
 - d. Alat cassagrande dengan pisau pemotongnya
 - e. Cawan porselin
 - f. Oven dan desikator
 - g. Spatula

3. Prosedur Uji

- Batas Plastis
 - 1) Masukkan contoh tanah dalam mangkok, diremas-remas sampai lembut, ditambahkan aquades sedikit dan diaduk sampai homogen.
 - 2) Letakan contoh tanah adukan itu diatas pelat kaca dan digulung-gulung dengan telapak (3 mm). akan dijumpai 3 keadaan yaitu :
 - a). Gulungan terlalu basah sehingga dengan diameter 1/8 inch tanah belum retak
 - b). Gulungan terlalu kering sehingga sewaktu diameter belum mencapai 1/8 inch, gulungan tanah sudah mulai retak.

- c). Gulungan dengan kadar air tepat, yaitu gulungan mulai retak sewaktu mencapai diameter 1/8 inch.
- 3) Timbang kontainer sebanyak 3 buah.
 - 4) Gulungan tanah tersebut dimasukkan ke dalam kontainer, tiap kontainer berisi 5 buah gulungan, dengan berat masing-masing minimum ± 5 gram. Ketiga kontainer yang berisi gulungan tanah tersebut dimasukkan dalam oven ± 24 jam pada suhu 105-110 °C.
 - 5) Setelah dikeringkan lalu dimasukkan ke dalam desikator selama kurang lebih 1 jam, lalu ditimbang.
 - 6) Harga rata-rata kadar air dari percobaan di atas adalah batas plastisnya.

- Batas Cair

- 1) Contoh tanah diambil secukupnya, ditaruh dalam cawan porselin dan ditumbuk dengan penumbuk karet, diberi aquades dan diaduk sampai homogen.
- 2) Pindahkan tanah tersebut ke atas plat kaca dan diaduk sampai homogen dengan pisau dempul, bagian yang kasar dibuang.
- 3) Ambil sebagian dari contoh tanah, dan dimasukkan dalam alat cassagrande dipotong dengan *grooving tool* dengan posisi tegak lurus, sehingga didapat jalur tengah.
- 4) Alat cassagrande diputar dengan kecepatan konstan 2 putaran/detik. Mangkok akan terangkat dan jatuh dengan ketinggian 10 mm (sudah distel).
- 5) Percobaan dihentikan jika bagian yang terpotong sesudah merapat, dan dicatat banyaknya ketukan, biasanya harus berkisar antara 10-100 ketukan.

- 6) Tanah pada bagian yang merapat diambil dan dimasukkan dalam oven, ditempatkan dalam kontainer yang telah ditimbang beratnya. Sebelum dimasukkan dalam oven tanah + kontainer ditimbang.
- 7) Setelah dioven selama 24 jam pada temperature 105-110 °C, baru dimasukkan ke dalam desikator selama ± 1 jam untuk mencegah penyerapan uap air dari udara.
- 8) Percobaan diatas dilakukan 5 kali.
- 9) Segera dilakukan penimbangan sesudah keluar dari desikator.
- 10) 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.
- 11) Kadar air dimana jumlah ketukan 25 kali disebut batas cair. Batas cair ini diulangi dengan tanah yang telah dimasukkan ke dalam oven, tanah tersebut ditambahkan aquades secukupnya, prosedur selanjutnya sama dengan diatas, dan batas cair yang didapatkan disebut “ $W_{L\ oven}$ ”

4. Perhitungan

Indeks plastisitas (I_p)

$$I_p = W_L - W_P$$

Indeks Alir (I_f)

$$I_f = \frac{\Delta W}{\Delta \log N}$$

Indeks kekakuan (I_t)

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

Indeks kecairan (I_1)

$$I_1 = \frac{W - W_p}{I_p}$$

Indeks konsistensi (I_c)

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

3.2.4 Uji Hidrometer (ASTM D-442-63(98))

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

1. Maksud dan Tujuan

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.

2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada percobaan kali ini adalah :

- a. Tanah Sedimen dan Tanah Residual
- b. Air
- c. Aquades

Peralatan yang digunakan dalam percobaan ini yaitu :

- a. Satu buah hydrometer tipe ASTM -152 H
 - b. Dua buah tabung gelas dengan volume 1000 cc
 - c. Stopwatch
 - d. Alat pengaduk dan mangkuknya
 - e. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
 - f. Termometer
 - g. Bejana
 - h. Oven
- #### 3. Prosedur Uji

- a. Larutan dimasukan ke dalam satu tabung gelas dan tambah air hingga volume 1000 cc. Tabung gelas yang satu lagi diisi dengan air untuk tempat hidrometer.
- b. Tabung yang berisi larutan tanah dikocok selama 30 detik, hydrometer dimasukan. Pembacaan dilakukan pada menit ke 0, 1, 2, 4 dengan catatan untuk tiap-tiap pembacaan, hidrometer hanya diperkenankan 10 detik dalam larutan, selebihnya hydrometer dimasukan dalam tabung yang berisi aquades. Temperatur juga diukur pada setelah pembacaan.
- c. Tabung dikocok lagi dan pembacaan diulang seperti di atas, ini dilakukan 3 kali dan di ambil harga rata-ratanya.
- d. Setelah ini dilanjutkan pembacaan tanpa mengocok, pembacaan dilakukan pada menit ke 8, 30, 45, 60, 90, 210, 1290, 1440. Pada tiap-tiap pembacaan hydrometer diangkat dan diukur temperaturnya.
- e. Setelah semua pembacaan selesai, larutan dituang dalam dish yang telah ditimbang beratnya, kemudian dimasukan dalam oven selama 24 jam pada temperature 105-110⁰C untuk mendapatkan berat keringnya.
- f. Dari percobaan di atas dapat dihitung persen lebih halusya, dan dengan menggunakan *chart* dapat dihitung ekuivalennya.
- g. Dari hasil perhitungan di atas dapat dibuat *grain size distribution curve*-nya.

4. Perhitungan

$$\% \text{ finer} = \frac{Rc \times a}{W_s} \times 100\%$$

Dimana :

$$a = \text{Faktor koreksi} = \frac{1,65 \times G_s}{2,65 \times (G_s - 1)}$$

= atau juga dapat dilihat dari tabel 3.4

Rc = koreksi pembacaan hidrometer = Ra-Co-Ct

Ra = Pembacaan hydrometer sebenarnya

Co = Koreksi nol (*zero correction*)

Ct = Koreksi suhu, dilihat dari tabel 3.5

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

Dimana :

D = Diameter butir (mm)

L = *Effective depth* (cm), dari tabel 3.6

t = *Elepsed time* (menit)

η = Viskositas aquades (poise), dari tabel 3.3

G_s = *Specific gravity of soil*

G_w = *specific gravity of water*, dilihat dari tabel 3.3

$$K = \sqrt{\frac{30\mu}{g(G_s - G_w)}}$$

Tabel 3.1 *Properties of Distilled Water*

Temperatur (°C)	Specific Gravity of Water, G_w	Viscosity of Water, η
4	1.00000	0.01567
16	0.99897	0.01111
17	0.99889	0.01083

18	0.99862	0.01056
19	0.99844	0.01030
20	0.99823	0.01005
21	0.99802	0.00981
22	0.99780	0.00958
23	0.99757	0.00936
24	0.99733	0.00914
25	0.99708	0.00894
26	0.99682	0.00874
27	0.99655	0.00855
28	0.99627	0.00836
29	0.99598	0.00818
30	0.99568	0.00801

Sumber : Dermawan. Herwan (2010:3)

Tabel 3.2 *Correction Faktor for Unit Weight of Solid*

Unit Weight of Soil Solid, G_s	Correction Factor, a
2.85	0.96
2.80	0.97
2.75	0.98
2.70	0.99
2.65	1.00
2.60	1.01
2.55	1.02
2.50	1.04

Sumber : Dermawan. Herwan (2010:3)

Tabel 3.3 *Properties Correction Factors*

Temperatur (°C)	Ct
15	-1.10

16	-0.90
17	-0.70
18	-0.50
19	-0.30
20	0.00
21	0.20
22	0.40
23	0.70
24	1.00
25	1.30
26	1.65
27	2.00
28	2.50
29	3.05
30	3.80

Sumber : Dermawan. Herwan (2010:3)

Tabel 3.4 *Values of K for Several Unit Weight of Soil Solids and Temperature Combination*

Temperatur (°C)	Unit Weight of Soil Solid							
	2.50	2.55	2.60	2.65	2.70	2.75	2.80	2.85
16	0.0151	0.0148	0.0146	0.0144	0.0141	0.0139	0.0137	0.0136
17	0.0149	0.0146	0.0144	0.0142	0.0140	0.0138	0.0136	0.0134
18	0.0148	0.0144	0.0142	0.0140	0.0138	0.0136	0.0134	0.0132
19	0.0145	0.0143	0.0140	0.0138	0.0136	0.0134	0.0132	0.0131
20	0.0143	0.0141	0.0139	0.0137	0.0134	0.0133	0.0131	0.0129
21	0.0141	0.0139	0.0137	0.0135	0.0133	0.0131	0.0129	0.0127
22	0.0140	0.0137	0.0135	0.0133	0.0131	0.0129	0.0128	0.0126
23	0.0138	0.0136	0.0134	0.0132	0.0130	0.0128	0.0126	0.0124
24	0.0137	0.0134	0.0132	0.0130	0.0128	0.0126	0.0125	0.0123
25	0.0135	0.0133	0.0131	0.0129	0.0127	0.0125	0.0123	0.0122
26	0.0131	0.0131	0.0129	0.0127	0.0125	0.0124	0.0122	0.0120
27	0.0132	0.0130	0.0128	0.0126	0.0124	0.0122	0.0120	0.0119
28	0.0130	0.0128	0.0126	0.0124	0.0123	0.0121	0.0119	0.0117
29	0.0129	0.0127	0.0125	0.0123	0.0121	0.0120	0.0118	0.0116
30	0.0128	0.012.6	0.0124	0.0122	0.0120	0.0118	0.0117	0.0115

Sumber : Dermawan. Herwan (2010:4)

Tabel 3.5 Value of L (Effective Depth) for Use in Stokes Formula for Diameter of Particles from ASTM Soil Hydrometer 152 H

Original Hyd. Reading (Corrected for Meniscus Only)	Effective Depth, L (cm)	Original Hyd. Reading (Corrected for Meniscus Only)	Effective Depth, L (cm)
0	16.3	31	11.2
1	16.1	32	11.1
2	16.0	33	10.9
3	15.8	34	10.7
4	15.6	35	10.5
5	15.5	36	10.4
6	15.3	37	10.2
7	15.2	38	10.1
8	15.0	39	9.9
9	14.8	40	9.7
10	14.7	41	9.6
11	14.5	42	9.4
12	14.3	43	9.2
13	14.2	44	9.1
14	14.0	45	8.9
15	13.8	46	8.8
16	13.7	47	8.6
17	13.5	48	8.4
18	13.3	49	8.3
19	13.2	50	8.1
20	13.0	51	7.9
21	12.9	52	7.8
22	12.7	53	7.6
23	12.5	54	7.4
24	12.4	55	7.3
25	12.2	56	7.1
26	12.0	57	7.0
27	11.9	58	6.8
28	11.7	59	6.6
29	11.5	60	6.5
30	11.4		

Sumber : Dermawan. Herwan (2010:5)

3.2.5 Uji Kompaksi (ASTM D-698 dan ASTM D-1557)

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

1. Maksud dan Tujuan

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

2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam percobaan kompaksi adalah Tanah Sedimen dan Tanah Residual sebanyak ± 25 kg.

Peralatan yang digunakan pada percobaan kompaksi ini yaitu :

- a. Alat kompaksi :
 1. *Mold* dengan tinggi 4,6", diameter 4" volume 1/30 cu-ft.
 2. *Collar* dengan tinggi 2,5". Diameter 4".
 3. *Hammer* dengan berat 5,5 lb atau 10 lb, diameter 2", tinggi jatuh 12" atau 18".
 - b. *Sprayer* untuk menyemprot air ke tanah
 - c. Ayakan no.4
 - d. Pisau, *scoop*, palu karet.
 - e. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram atau 0,01 gram
 - f. Oven, desikator, kontainer
3. Prosedur Uji
- a. Siapkan contoh tanah yang akan diuji ± 25 kg dimana tanah sudah dibersihkan dari akar-akaran dan kotoran lain.
 - 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 sebanyak 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 di ambil bagian atas (A), tengah (T), dan bawah (B), masing-masing ± 30 gram kemudian di oven selama 24 jam.
 - m. Setelah 24 jam dikeringkan menggunakan oven, container + tanah kering ditimbang.
 - n. Dengan mengambil harga rata-rata dari air ketiganya didapat nilai kadar air nya.
 - o. Percobaan dilakukan sebanyak minimum 5 kali dengan setiap menambah kadar airnya sehingga dapat dibuat grafik berat isi kering terhadap kadar air.
4. Perhitungan
- a. Berat isi kering (γ_d) dapat dihitung dengan rumus :

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

Dimana :

W = Berat total tanah kompaksi bahan dalam *mold*

V = Volume *Mold*

w = Kadar air kompaksi

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

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

Dimana :

- G_s = Berat jenis tanah
 γ_w = Berat volume air
w = Kadar Air
S_r = Derajat kejenuhan

Tabel 3.6 *Standard Compaction Test dan Modified Compaction*

		Standard	Modified
Mold	Diameter	4 inch	4 inch
	Isi	1/30 cubic feet	1/30 cubic feet
Hamer	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

Sumber : Dermawan, Herwan (2010:6)\

3.2.6 Uji Konsolidasi

Uji konsolidasi dilakukan pada tanah lempung atau lanau yang jenuh air berdasarkan teori Terzaghi. Khusus untuk tanah ekspansif dan tanah organik, maka tidak termasuk dalam lingkup pengujian ini.

1. Maksud dan Tujuan

Maksud uji konsolidasi adalah memberikan beban secara bertahap kepada tanah dan mengukur perubahan volume (atau perubahan tinggi) contoh tanah terhadap waktu.

Tujuan dari uji konsolidasi adalah untuk menentukan sifat kemampuan tanah dan karakteristik konsolidasinya yang merupakan fungsi permeabilitas tanah.

2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam uji konsolidasi ini adalah :

- a. Tanah Sedimen dan Tanah Residual
- b. Aquades

Peralatan yang digunakan pada uji konsolidasi ini yaitu :

- a. Alat konsolidasi, terdiri dari 2 bagian :
 - 1) Alat pembebanan
 - 2) Alat konsolidasi
 - b. Arloji ukur
 - c. Peralatan untuk meletakkan contoh tanah ke dalam ring konsolidasi
 - d. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram dan 0,1 gram
 - e. Oven
 - f. Desikator
 - g. *Stopwatch*
 - h. Alat pemotong yang merupakan pisau tipis dan tajam serta pisau kawat.
 - i. Penggaris (*Scale*).
3. Prosedur Uji
- a. Ukur tinggi, diameter dan berat ring konsolidasi (dengan ketelitian 0,1 gram)
 - b. Ambil contoh tanah yang telah dicampur dengan menggunakan semen dengan persentase semen 0%, 2%, 5%, 10%, dengan diameter yang sama dengan diameter ring.
 - 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 telah dilapisi kertas pori terapat oleh kedua batu pori. Kemudian masukkan dalam sel konsolidasi.
 - f. Pasang pelat penumpu di atas 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. Aturlah kedudukan arloji pengukur penurunan, kemudian dibaca dan dicatat.
 - i. Pasanglah beban pertama sehingga tekanan pada contoh mencapai besar $0,25 \text{ kg/cm}^2$. 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 $\frac{1}{4} \text{ kg/cm}^2$, $\frac{1}{2} \text{ kg/cm}^2$, 1 kg/cm^2 , 2 kg/cm^2 , 4 kg/cm^2 , 8 kg/cm^2 dan seterusnya dengan LIR (*load increment ratio*) =1. Besarnya beban maksimum yang diberikan tergantung pada tegangan yang akan bekerja pada lapisan tanah tersebut.
 - l. Setelah beban 8 kg/cm^2 dikerjakan selama 24 jam, beban dikurangi hingga mencapai 2 kg/cm^2 dan kemudian $\frac{1}{4} \text{ kg/cm}^2$. 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 ring yang berisi contoh tanah tersebut kedalam oven selama 24 jam untuk mengetahui berat kering contoh tanah.
4. Perhitungan
- a. Tentukan berat jenis (Gs) dari contoh tanah yang dicari dari pengujian tersendiri.

- b. Hitung berat tanah basah, berat isi, kadar air, contoh setelah dan sebelum pembebanan. dan hitung pula berat tanah keringnya (W_s).
- c. Hitung tinggi efektif contoh tanah dengan rumus sebagai berikut :

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

Dimana :

H_s = Tinggi efektif benda uji (tinggi butir-butiran tanah jika di anggap menjadi satu.

A = Luas benda uji

W_s = Berat contoh tanah kering

G_s = Berat jenis contoh tanah

- d. Hitung angka pori semula

$$e_0 = \frac{H_v}{H_s}$$

Dimana :

H_v = Tinggi pori ($H_i - H_s$)

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

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

$$e = e_0 - \Delta e$$

- f. Hitung derajat kejenuhan (S_r) sebelum dan sesudah percobaan.

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

- g. Tentukan harga koefisien konsolidasi (C_v) ada dua cara untuk menentukan (C_v) yaitu :

Log Fitting Method

- 1) Buat grafik penurunan terhadap log waktu dari setiap pembebanan (skala semi log)
- 2) Dua bagian yaitu bagian tengah dan bagian akhir diteruskan hingga perpotongan pada R_{100} (100% konsolidasi)

- 3) Titik koreksi nol R_0 terletak pada sebuah titik pada grafik disekitar pembacaan 0,1 menit, dengan jarak sama dengan jarak vertical titik tersebut dengan suatu titik pada grafik yang pada waktunya 4 x lebih besar, sebaiknya dilakukan koreksi paling tidak dua kali
- 4) R_{50} adalah setengah dari jumlah R_0 dan R_{100} . Dengan diketahuinya t_{50} (waktu untuk mencapai konsolidasi 50%)
- 5) 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)

- h. Hitung harga *primary compression ratio* (r), dengan rumus :

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

- i. Hitung harga *compression index* (C_c). buat grafik hubungan antara angka pori e dengan \log tekanan. Kemiringan grafik ini adalah harga *compression index*.

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

- j. Harga koefisien kompresibilitas (a_v)

$$a_v = \frac{0,435 \times C_c}{P}$$

Dimana :

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

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

- k. Harga *Coefficient of volume compressibility* (m_v)

$$m_v = \frac{a_v}{1 + e_0}$$

- l. Harga koefisien permeabilitas (k) koefisien permeabilitas dapat dihitung dari rumus:

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

Dimana :

$$\gamma_w = \text{Berat isi air}$$

Tabel 3.7 Hubungan antara *Time Factor* (T_v) dengan Derajat Konsolidasi (U)

Time faktor (T_v)	Derajat Konsolidasi (U)
20	0.031
40	0.126
50	0.197
60	0.287
80	0.565
90	0.848

Sumber : Dermawan. Herwan (2010:7)

3.2.7 Uji Permeabilitas

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

1. Maksud dan Tujuan

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.

2. Bahan dan Alat

Alat-alat yang digunakan :

- a. Alat Permeameter (lengkap)
- b. *Stopwatch*
- c. Gelas ukur (untuk wadah air dari *outflow*)
- d. Kertas pori

3. Prosedur Uji

- a. Siapkan contoh tanah yang akan diuji.
- b. Siapkan air untuk proses pengujian.
- c. Cetak kertas pori sesuai ukuran batu pori agar batu pori tidak tersumbat oleh tanah.
- d. Lepaskan tutup *chamber* bagian atas dengan cara melepaskan ketiga mur *knurled*.
- e. Angkat kedua batu pori dan pegas yang ada di dalam *chamber*.
- f. Masukkan batu pori bagian bawah ke dalam *chamber*.
- g. Masukkan kertas pori yang sudah dicetak di atas batu pori bagian bawah.
- h. Tuangkan tanah yang akan diuji ke dalam *chamber*. Posisi tanah di atas kertas dan batu pori bagian bawah.

- i. Padatkan lapisan tanah dengan alat pemadat sesuai dengan kepadatan yang diinginkan. Proses pemadatan dilakukan untuk setiap ketebalan ± 2 cm.
- j. Masukkan kertas pori yang sudah dicetak di atas tanah uji.
- k. Masukkan batu pori bagian atas ke dalam *chamber*.
- l. Letakkan per/pegas (*compression spring*) di atas batu pori bagian atas.
- m. Pasang tutup *chamber* bagian atas, kemudian pasang kembali ketiga mur *knurled* dan kencangkan.
- n. Ukur dan catat panjang/tinggi tanah uji.

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.

4. Perhitungan

Falling Head Permeability Test

Rumus yang digunakan :

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

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*

Tabel 3.8 *Typical Permeability Coefficients for Different Soils*

Soil Type	Tipikal Permeabilitas, <i>k</i> (cm/detik)
Gravels and Coarse Sands	$>10^{-1}$
Fine Sands	$10^{-1} - 10^{-3}$
Silty Sands	$10^{-3} - 10^{-5}$
Silts	$10^{-5} - 10^{-7}$
Clays	$< 10^{-7}$

Sumber : Dermawan. Herwan (2010:7)

Prosedur yang selanjutnya dilakukan adalah pemodelan yang dilakukan dengan perangkat lunak untuk menyimulasikan secara virtual tentang perilaku atau fenomena yang terjadi pada bendungan Jatigede pada saat sebelum dilakukan perbaikan pada dasar bendungan maupun setelah dilakukan perbaikan dengan metode *Grouting*.

3.3 Pemodelan Bendungan dengan Perangkat Lunak Seep/W

3.3.1 Definisi Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan / *Software* adalah “Seep/w – GeoStudio 2007” yang diproduksi oleh perusahaan *Geoslope.com*, software ini dapat diandalkan karena kepresisiannya dalam penghitungan dari data serta penyajian hasil yang lebih detail.

Proses pembuatan model dalam perangkat lunak ini menggunakan 2 metode yaitu :

- a. Penggambaran manual menggunakan perangkat gambar bawaan perangkat lunak itu sendiri.
- b. Pengunduhan gambar yang berdasarkan program penunjang yaitu AutoCAD

Dalam hal ini penulis menggunakan metode yang pertama dikarenakan lebih mudahnya penyesuaian dalam penyekalaan dan juga penghitungan dari setiap variabel model.

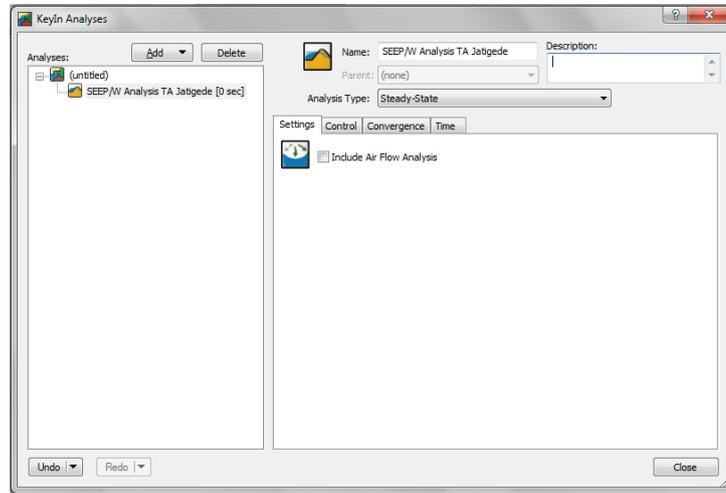
Setelah seluruh penggambaran dan pemodelan selesai dilakukan maka tahap berikutnya adalah mendefinisikan material dan kondisi yang ada pada model tersebut mulai dari angka permeabilitas, ketinggian model, dan material bahan yang menjadi penyusun dari model tersebut dan proses akhir adalah penghitungan dan pengambilan hasil grafik dan tabel.

3.3.2 Prosedur Pengujian Model

Prosedur pengujian diawali dengan penggambaran model, pemasukan data material model, penghitungan dan simulasi model, berikut adalah tahapannya.

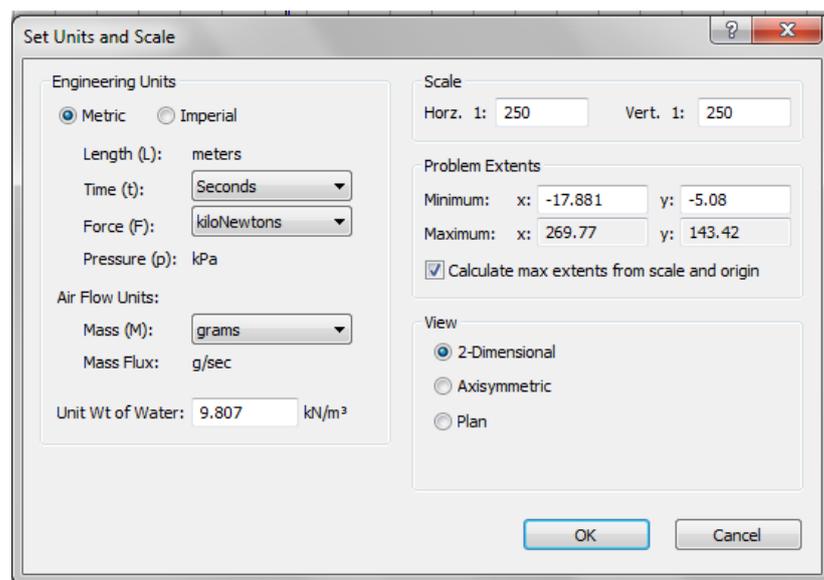
1. Melakukan penamaan dan pengaturan awal pada halaman depan dengan metode analisis *Steady-state* karena hanya satu faktor yaitu permeabilitas

pada model tersebut tidak menggunakan pengaruh suhu maupun keempaan.



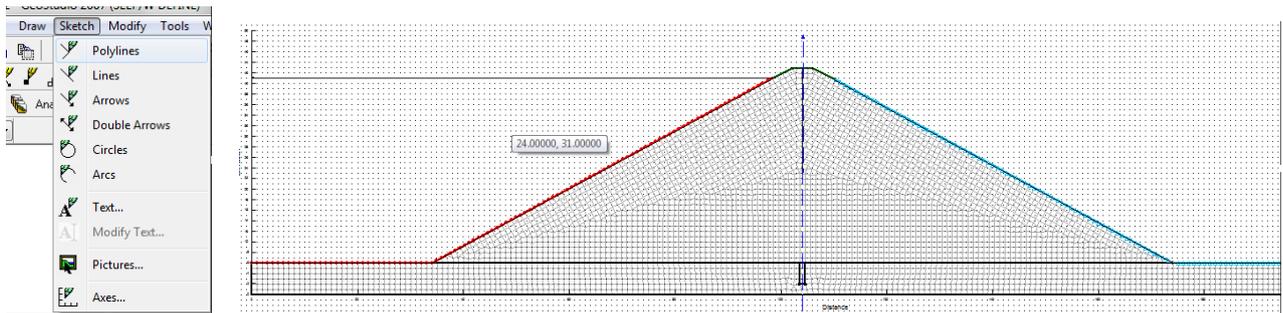
Gambar 3.2 Penentuan Metode Analisa

2. Penentuan satuan dan ukuran besar bidang kerja dari model yang akan digunakan.
 - penentuan berat jenis air : $9,8 \text{ kN/m}^3$
 - jumlah titik pada bidang kartesian sebanyak 250 point.
 - objek yang digunakan adalah 2 dimensi



Gambar 3.3 Penentuan Bidang Kerja

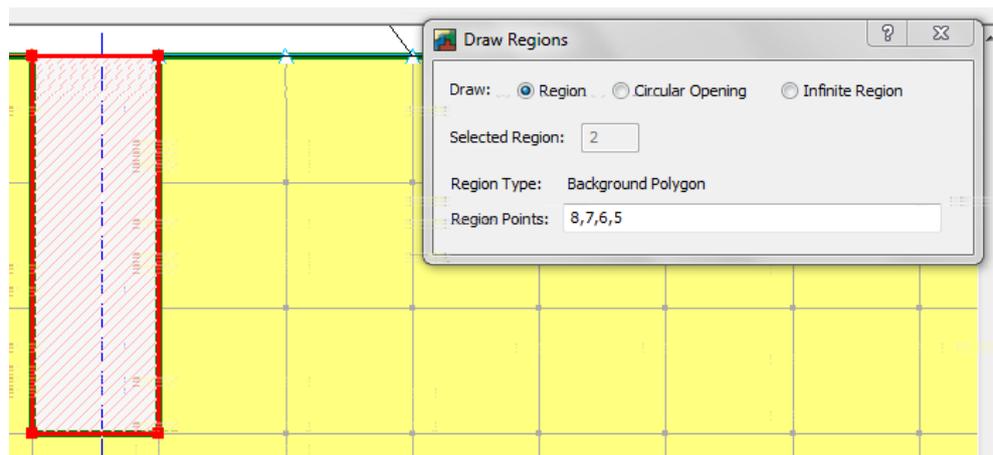
3. Proses penggambaran menggunakan metode sketsa awal dari model dengan cara menentukan titik satu-persatu sesuai dengan ukuran yang telah diskalakan dengan bentuk aslinya, dimulai dari pembuatan sketsa luar dengan *Polyline*



Gambar 3.4 Penggambaran Sketsa Model Bendungan

Penyusunan seluruh garis harus saling tersambung dan tertutup agar tidak terjadi kesalahan dalam penghitungan akibat garis yang saling bersinggungan atau terputus.

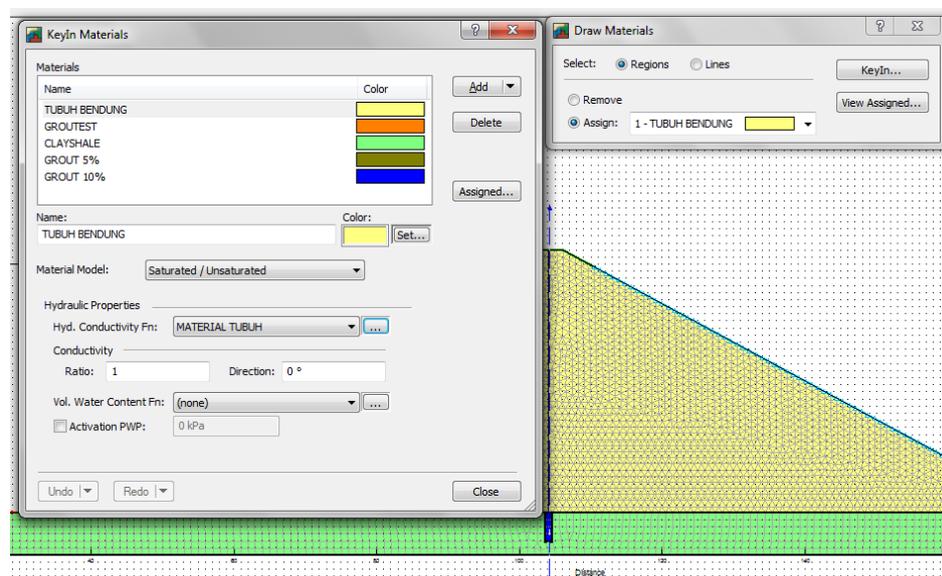
4. Penggambaran area pembatas antar material untuk menunjukkan perbedaan material dari setiap sisi yang bersinggungan dengan metode region.



Gambar 3.5 Penggambaran Region

Dalam penggambarannya dibutuhkan poligon tertutup agar dapat menentukan batas-batas dari tiap bidang cakupan material yang akan ditentukan dan dihitung berdasarkan jumlah titik dan dan penamaan titik pada bidang kartesian seperti contoh di atas bidang batas dibuat di kordinat 8,7,6,5 sebanyak 4 titik.

- Selanjutnya adalah penentuan karakteristik dari material yang akan dipergunakan dimulai bagian perbagian ditentukan secara individual baik nilai maupun bentuknya

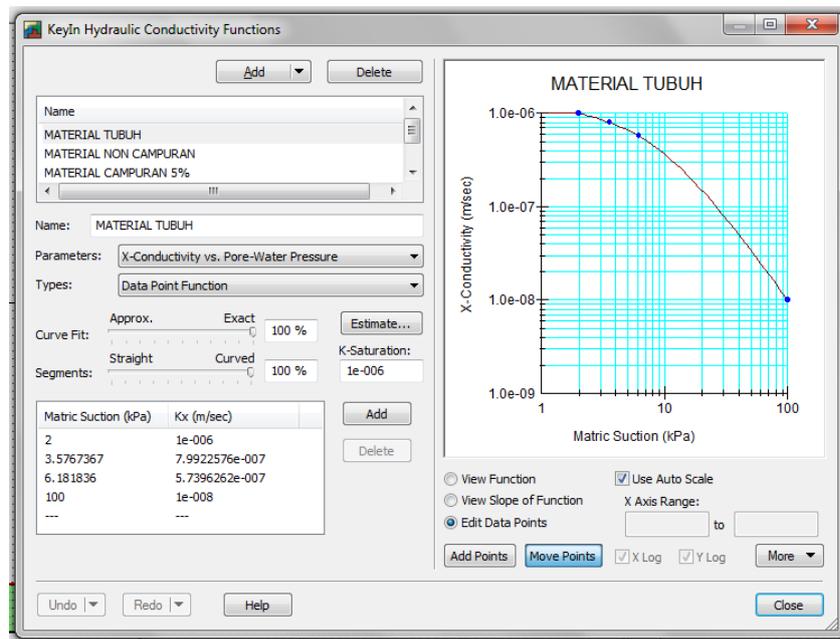


Gambar 3.6 Menentukan Karakteristik Material pada Bendungan

Langkah penentuan material:

- memberi penamaan pada material
- memberikan warna agar terlihat perbedaan antara satu dan lainnya
- mendefinisikan bahwa material dapat jenuh atau tidak jenuh air

Langkah selanjutnya adalah memasukan nilai permeabilitas dari material yang telah kita uji pada pengujian di laboratorium dan dimasukan dalam program sebagai parameter.



Gambar 3.7 Penentuan Nilai Material

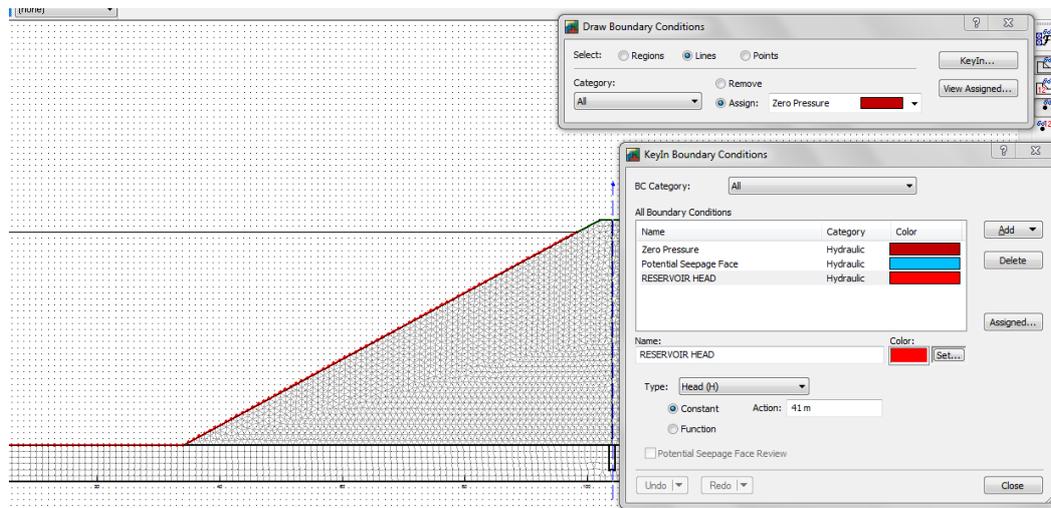
Paramater yang ditentukan adalah:

- Batas bawah dari nilai permeabilitas
- Batas atas dari nilai permeabilitas
- Nilai Permeabilitas yang dihasilkan dari laboratorium

Matric Suction (kPa)	Kx (m/sec)
2	1e-006
3.5767367	7.9922576e-007
6.181836	5.7396262e-007
100	1e-008
---	---

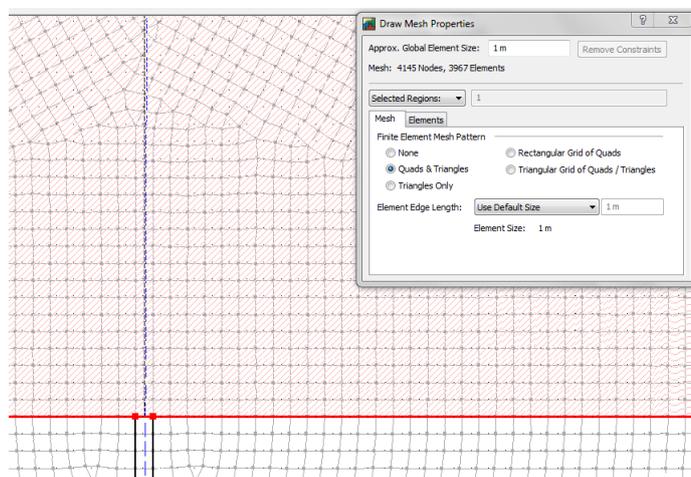
Gambar 3.8 Hasil Nilai Permeabilitas

6. Setelah seluruh material siap selanjutnya menentukan kondisi dari genangan air pada bendungan itu sendiri mulai yaitu berdasarkan.
 - Bidang genangan air dengan ketinggian reservoir air
 - Bidang rembesan air
 - Bidang tekanan nol pada bendungan



Gambar 3.9 Penentuan Kondisi Reservoir

7. Tahap terakhir sebelum proses *Running* adalah pembuatan *mesh properties* atau pembuatan bidang hitungan dari program, dari sini kita dapat menghitung seberapa besar bagian yang dianalisa seolah-olah bagian bendungan tersebut dipecah menjadi potongan kecil dan dihitung perbagiannya.

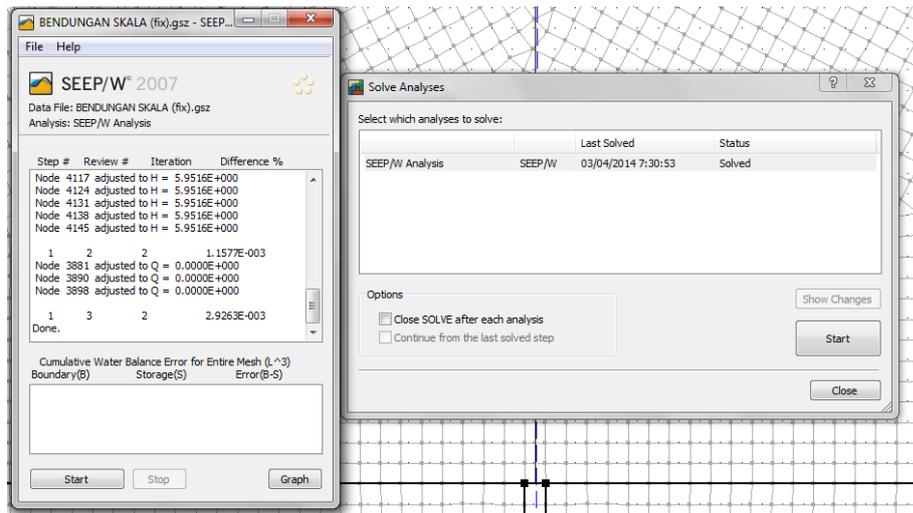


Gambar 3.10 Penentuan Bagian Penghitungan

Terlihat pada gambar digunakan susunan segitiga dan persegi ini dikarenakan bendungan memiliki bentuk yang trapesium dan jika dijadikan bidang datar maka tersusun atas dua bidang yaitu segititiga dan

persegi, di samping itu dapat juga dihitung berdasarkan hitungan yang disesuaikan tergantung seberapa detail kita akan melihat bagian dari bendungan tersebut mulai dari 1 m hingga seterusnya.

8. Proses penyelesaian akhir yaitu penghitungan dan melihat hasil dari pemodelan tersebut.



Gambar 3.11 Pemrosesan Model Seep/W

Hasil dari pemodelan tersebut adalah berupa flownet, kontur, grafik dan juga nilai permeabilitas yang terjadi yang akan dibahas selanjutnya pada bab berikutnya.