

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Umum

Didalam Bab IV ini akan dibahas mengenai analisis, pembahasan, dan juga tujuan yang ingin dicapai yakni mengetahui faktor penyebab ketidak mampuan Embung Faut Fane menampung air dan merencanakan perbaikan pada genangan embung Faut Fane. Proses analisis yang dilakukan juga berkaitan erat dengan materi yang telah di jabarkan dalam Landasan Teori yakni metode pengambilan sample, pengujian laboratorium, dan desain rehabilitasi genangan embung menggunakan geotekstil dan geomembrane.

Penelitian ini dilakukan selama tiga bulan dimulai pada saat pengambilan sample tanggal 20 Agustus 2019 sampai selesai pengujian di laboratorium yaitu tanggal 5 Oktober 2019. Lokasi pengambilan sample terletak dalam genangan Embung Faut Fane, Desa Batnun Kecamatan Amanuban Setalan. Dan pengujian pada Laboratorium Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Wadya Mandira Kupang.

Berikut ini merupakan gambaran kondisi genangan Embung Faut Fane dimusim kemarau yaitu 20 September 2018 dan musim Penghujan 27 Februari 2019.



Gambar 4.1. Genangan Dimusim Kemarau

Sumber : Survei,2018



Gambar 4.2. Genangan Dimusim Hujan

Sumber : Survei,2019

4.2. Penyelidikan Laboratorium Mekanika Tanah

Penyelidikan mekanika tanah untuk beberapa pengujian bertujuan untuk memperoleh parameter dan sifat-sifat tanah. Pengujian tersebut dilakukan di Laboratorium Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Wadya Mandira Kupang, meliputi :

- 1) Pengujian Kadar air (*Water Content*)
- 2) Pengujian Berat jenis
- 3) Pengujian Berat Isi
- 4) Pengujian batas-batas Atterberg yaitu Batas susut, Batas Plastis, dan Batas Cair.
- 5) Analisa Saringan
- 6) Analisa Hidrometer
- 7) Pengujian Permeabilitas

4.3. Analisis Data

4.3.1. Pengujian Sampel Tanah

1) Pengujian Kadar Air Tanah

Kadar air tanah adalah perbandingan antara berat air yang dikandung tanah dan berat kering tanah, dinyatakan dalam persen (%). Maksud dari percobaan ini adalah untuk mengukur sifat fisik tanah.

Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.1. dan 4.2. Berikut ini merupakan contoh prosedur analisis pengujian kadar air

- a) Menghitung berat tanah basah, dengan cara :

$$\begin{aligned} W &= W_2 - W_1 \\ &= 24,88 - 12,35 \\ &= 12,53 \text{ gr} \end{aligned}$$

- b) Menghitung berat tanah kering, dengan cara :

$$\begin{aligned} W_s &= W_3 - W_1 \text{ (gr)} \\ &= 21,06 - 12,35 \\ &= 8,71 \text{ gr} \end{aligned}$$

- c) Menghitung berat air dengan cara :

$$\begin{aligned} W_w &= W - W_s \text{ (gr)} \\ &= 12,53 - 8,71 \end{aligned}$$

$$= 3,82 \text{ gr}$$

d) Menghitung kadar air dari setiap sampel dengan rumus :

$$\begin{aligned} W &= \frac{W_w}{W_s} \times 100 \% \\ &= \frac{3,82}{8,71} \times 100 \% \\ &= 43,86 \% \end{aligned}$$

Dimana :

- W_1 = Berat Container
- W_2 = Berat tanah basah + Container
- W_3 = Berat tanah kering + Container
- W = Kadar air (%)
- W_w = Berat air yang dihilangkan (gr)
- W_s = berat butir tanah solid kering (gr)

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Kadar Air

No. Uji	I		
	1	2	3
No. Container			
Berat container, W_1 (g)	12,35	9,64	9,57
Berat tanah basah + container, W_2 (g)	24,88	52,40	38,10
Berat tanah kering + container, W_3 (g)	21,06	43,40	34,7
Berat tanah basah, $W = W_2 - W_1$ (g)	12,53	42,76	28,53
Berat tanah kering, $W_s = W_3 - W_1$ (g)	8,71	33,76	25,13
Berat air, $W_w = W - W_s$	3,82	9,00	3,40
Kadar air, $w = (W_w/W_s) \times 100\%$	43,86	26,66	13,53
Kadar air rata-rata, w (%)	28,02		

Sumber : Analisis Data Laboratorium, 2019

Tabel 4.2. Hasil Pengujian Kadar Air

No. Uji	II		
No. Container	1	2	3
Berat container, W_1 (g)	9,70	9,58	9,49
Berat tanah basah + container, W_2 (g)	46,24	50,28	50,93
Berat tanah kering + container, W_3 (g)	41,76	41,77	45,93
Berat tanah basah, $W = W_2 - W_1$ (g)	36,54	40,70	41,44
Berat tanah kering, $W_s = W_3 - W_1$ (g)	32,06	32,19	36,44
Berat air, $W_w = W - W_s$	4,48	8,51	5,00
Kadar air, $w = (W_w/W_s) \times 100\%$	13,97	26,44	13,72
Kadar air rata-rata, w (%)	18,04		

Sumber : Analisis Data Laboratorium, 2019

Hasil analisis data Laboratorium diperoleh nilai kadar air rata-rata pada tabel 4.1 adalah 28,02 persen (%) dan pada tabel 4.2. adalah 18,04 persen (%). Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa rata-rata perbandingan antara berat air dan berat tanah kering memiliki kadar air yang sedikit. Artinya dengan kadar air yang sedikit dapat berpengaruh terhadap perilaku tanah dalam genangan embung Faut Fane.

2) Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis atau *specific gravity* (G_s) adalah perbandingan antara berat isi butir tanah terhadap berat isi air pada temperatur tertentu. Hasil perhitungan berat jenis dapat dilihat pada tabel 4.3. Berikut ini merupakan contoh prosedur analisis Berat Jenis

a) Menghitung berat Air, W_w

$$\begin{aligned}
 W_w &= W_s + (W_{bw} - W_{bws}) \\
 &= 9,97 + (71,90 - 77,20) \\
 &= 4,67 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

b) Menghitung G_s

$$\begin{aligned}
 G_s &= G_t \times \left(\frac{W_s}{W_w} \right) \\
 &= 0,9960 \times \left(\frac{9,97}{4,67} \right) \\
 &= 2,13
 \end{aligned}$$

Dimana :

$$W_w = \text{Berat Air}$$

Ws	=	Berat tanah Kering
Wd	=	Berat Piknometer
Wbw	=	Berat Piknometer + air
Gt	=	Berat jenis air pada suhu t ° C (Tabel 2.6)
Wbws	=	Berat piknometer + larutan tanah

Tabel 4.3. Hasil Pengujian Berat Jenis

No Uji	I	II
Berat Piknometer + Larutan tanah, W _{bws} (g)	77,20	76,26
Temperatur (°C)	29	30
Faktor Koreksi Berat jenis air, Gt	0,9960	0,9957
Berat Piknometer + air, W _{bw} (g)	71,90	71,91
Berat Piknometer, W _d (g)	26,31	26,31
Berat Piknometer + Tanah Kering, W _{ds} (g)	34,28	33,25
Berat tanah kering, Ws (g)	9,97	6,94
Berat air, Ww = Ws + W _{bw} - W _{bws} (g)	4,67	2,59
Gs = Gt x (W _s /W _w)	2,13	2,67
Gs rata-rata	2,40	

Sumber : Analisis Data Laboratorium,2019

Dari hasil analisis diketahui dari tabel 4.3. pada nilai Gs rata – rata yaitu 2,40. Artinya bahwa berat jenis air pada suhu 29° merupakan nilai dari perbandingan berat isi butir tanah terhadap berat isi air atau 2,40 merupakan nilai dari berat jenis tanah yang terkandung dalam sampel tanah tersebut.

3) Pengujian Berat Isi

Berat isi (γ) adalah berat tanah per satuan volume. Maksud dari pengujian ini untuk mengukur sifat fisik tanah. Hasil perhitungan berat isi dapat dilihat pada tabel 4.4. Berikut ini merupakan contoh prosedur analisis Berat Isi :

a) Volume Ring (V)

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (6,3)^2 \\
 &= 31,16 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

b) Berat tanah basah (W)

$$\begin{aligned} W &= W_2 - W_1 \\ &= 147,93 - 32,58 \\ &= 115,35 \end{aligned}$$

c) Berat tanah kering (Ws)

$$\begin{aligned} W_s &= W_3 - W_1 \\ &= 121,25 - 32,58 \\ &= 88,67 \end{aligned}$$

d) Berat air (Ww)

$$\begin{aligned} W_w &= W - W_s \\ &= 115,35 - 88,67 \\ &= 26,68 \end{aligned}$$

e) Kadar air (w)

$$\begin{aligned} w &= \frac{W_w}{W_s} \times 100 \% \\ &= \frac{26,68}{88,67} \times 100 \% \\ &= 30,09 \end{aligned}$$

f) Bertat isi tanah basah (γ)

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{w}{V} \\ &= \frac{30,09}{31,16} \\ &= 0,97 \end{aligned}$$

g) Berat isi tanahkering (γ_d)

$$\begin{aligned} \gamma_d &= \frac{\gamma}{1 + w} \\ &= \frac{0,97}{1 + 30,09} \\ &= 0,03 \end{aligned}$$

Dimana:

W = Berat tanah basah

Ws = Berat tanah kering

Ww = Berat Air

w = Kadar Air
 γ = Berat isi tanah basah
 γ_d = Berat isi tanah kering

Tabel 4.4. Hasil Pengujian Berat Isi

No. Ring	I
Tinggi ring, t (cm)	2
Diameter ring, d (cm)	6,3
Volume ring, V (cm ³)	31,16
Berat Ring, W1 (gr)	32,58
Berat tanah basah + ring, W2 (gr)	147,93
Berat tanah kering + ring, W3 (gr)	121,25
Berat tanah basah, W = W2-W1 (gr)	115,35
Berat tanah kering, Ws = W3-W1 (gr)	88,67
Berat air, Ww = W-Ws	26,68
Kadar air, $w = (Ww/Ws) \times 100\%$	30,09
Berat isi tanah basah, $\gamma = W/V$ (gr/cm ³)	0,97
Berat isi tanah kering, $\gamma_d = \gamma/(1+w)$	0,03

Sumber : Analisis Data Laboratorium,2019

Dari hasil analisis dapat diketahui berat isi tanah kering (γ_d) adalah 0,03 gr/cm³. Besaran tersebut mau menyatakan bobot tanah yaitu padatan air per satuan isi. Artinya bahwa kepadatan yang dialami sampel tanah pada ring pengujian sangat berpengaruh dengan berat isi. Baik itu isi karena kadar air yang terkandung dalam tanah maupun dengan berat isi tanah kering.

4) Pengujian Batas Cair

Pengujian batas cair (*liquid Limit*) didefinisikan sebagai kadar air (*water content*) yang terkandung didalam tanah pada perbatasan antara fase cair dan fase plastis. Maksudnya adalah untuk menentukan besarnya kadar air didalam contoh tanah pada fase tanah akan berubah dari cair menjadi plastis atau sebaliknya. Berikut ini merupakan contoh prosedur analisis Batas Cair :

$$\begin{aligned}
 \text{a) Mencari berat tanah basah } W_4 &= W_2 - W_1 \\
 &= 21,8 - 9,61
 \end{aligned}$$

$$= 12,19$$

$$\begin{aligned} \text{b) Mencari berat tanah kering } W_5 &= W_3 - W_1 \\ &= 17,64 - 9,61 \\ &= 8,03 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) Berat air } W_6 &= W_4 - W_5 \\ &= 12,19 - 8,03 \\ &= 4,16 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d) Kadar Air, } w &= \left(\frac{W_6}{W_5} \right) \times 100 \\ &= \left(\frac{4,16}{8,03} \right) \\ &= 51,81 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{e) Batas Cair (WL)} &= w \times \left(\frac{N}{25} \right) \times 0,121 \\ &= 51,81 \times \left(\frac{15}{25} \right) \times 0,121 \\ &= 3,76 \end{aligned}$$

Dimana :

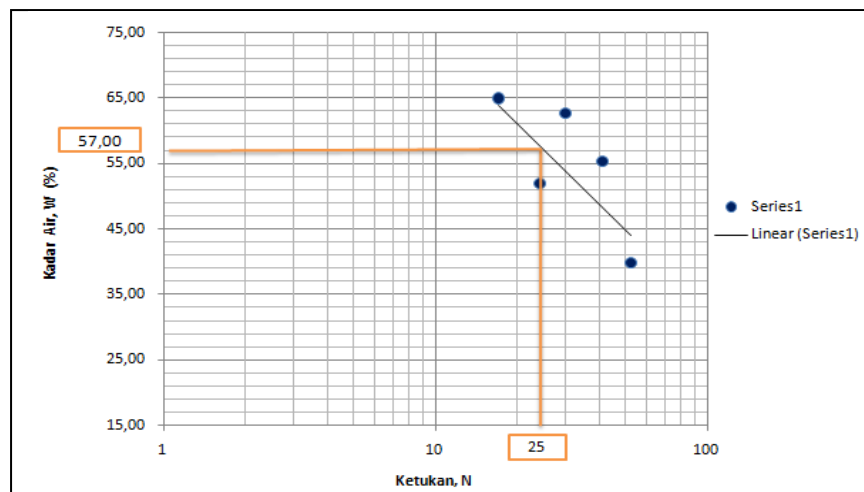
W_1	=	Berat container (gr)
W_2	=	Berat tanah basah + Container (gr)
W_3	=	Berat tanah kering + container
W_4	=	Berat tanah basah
W_5	=	Berat tanah kering
W_6	=	Berat air
w	=	Kadar air

Tabel 4.5. Hasil Pengujian Batas Cair

No. Uji	I				
	1	2	3	4	5
No. Container					
Berat container, W_1 (g)	9,61	9,92	9,62	9,96	9,53
Berat tanah basah + container, W_2 (g)	22,85	23,94	22,98	24,51	20,91
Berat tanah kering + container, W_3 (g)	17,64	19,14	17,83	19,32	17,66
Berat tanah basah, $W_4 = W_2 - W_1$ (g)	13,24	14,02	13,36	14,55	11,38
Berat tanah kering, $W_5 = W_3 - W_1$ (g)	8,03	9,22	8,21	9,36	8,13
Berat air, $W_6 = W_4 - W_5$ (g)	5,21	4,8	5,15	5,19	3,25
Kadar air, $w = (W_6/W_5) \times 100$ (%)	64,88	52,06	62,73	55,45	39,98
Banyaknya ketukan, N	17	24	30	41	52
Batas cair, WL (%)	57,00				

Sumber : Analisis Data Laboratorium, 2019

Gambar 4.3. Grafik Penentu Batas Cair



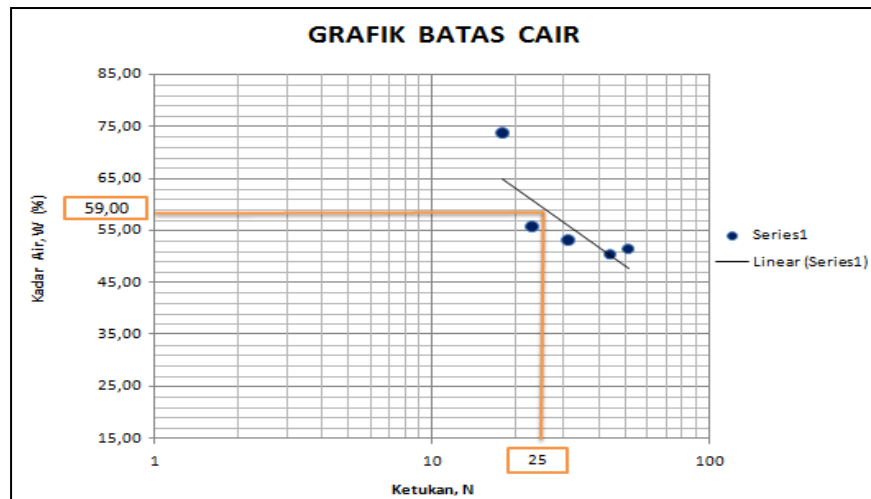
Sumber : Analisis Data Laboratorium, 2019

Tabel 4.6. Hasil Pengujian Batas Cair

No. Uji	II				
	1	2	3	4	5
No. Container					
Berat container, W_1 (g)	9,64	9,82	9,72	9,93	9,49
Berat tanah basah + container, W_2 (g)	23,69	23,24	22,14	24,05	20,35
Berat tanah kering + container, W_3 (g)	17,73	18,44	17,83	19,32	16,66
Berat tanah basah, $W_4 = W_2 - W_1$ (g)	14,05	13,42	12,42	14,12	10,86
Berat tanah kering, $W_5 = W_3 - W_1$ (g)	8,09	8,62	8,11	9,39	7,17
Berat air, $W_6 = W_4 - W_5$ (g)	5,96	4,8	4,31	4,73	3,69
Kadar air, $w = (W_6/W_5) \times 100$ (%)	73,67	55,68	53,14	50,37	51,46
Banyaknya ketukan, N	18	23	31	44	51
Batas cair, WL (%)	59,00				

Sumber : Analisis Data Laboratorium, 2019

Gambar 4.4. Grafik Penentu Batas Cair



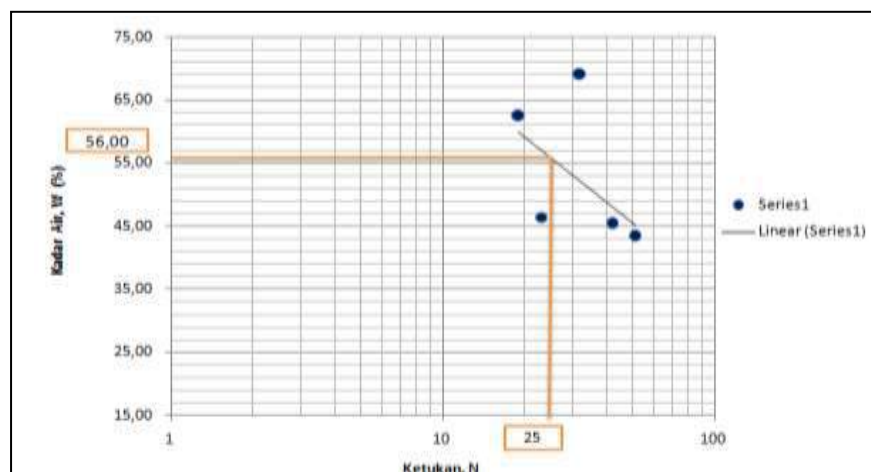
Sumber : Analisis Data Labortorium,2019

Tabel 4.7. Hasil Pengujian Batas Cair

No. Uji	III				
No. Container	1	2	3	4	5
Berat container, W_1 (g)	9,66	9,89	9,77	9,76	9,65
Berat tanah basah + container, W_2 (g)	22,95	23,54	22,38	24,97	20,82
Berat tanah kering + container, W_3 (g)	17,84	19,21	17,23	20,22	17,44
Berat tanah basah, $W_4 = W_2 - W_1$ (g)	13,29	13,65	12,61	15,21	11,17
Berat tanah kering, $W_5 = W_3 - W_1$ (g)	8,18	9,32	7,46	10,46	7,79
Berat air, $W_6 = W_4 - W_5$ (g)	5,11	4,33	5,15	4,75	3,38
Kadar air, $w = (W_6/W_5) \times 100$ (%)	62,47	46,46	69,03	45,41	43,39
Banyaknya ketukan, N	19	23	32	42	51
Batas cair, WL (%)	56,00				

Sumber : Analisis Data Laboratorium,2019

Gambar 4.5. Grafik Penentu Batas Cair



Sumber : Analisis Data Labortorium,2019

Dari hasil Analisis data pengujian batas cair diketahui pada ketukan ke 25 (N), nilai kadar air yang diperoleh dari penentuan grafik batas cair adalah 57%, 59 %, dan 56 %. Angka - angka tersebut memberi arti bahwa batas cair dari setiap sampel tanah yang diuji sebatas angka - angka tersebut, tidak mengalami perubahan lagi dari kondisi plastis ke kondisi cair.

5) Pengujian Batas Plastis

Batas Plastis (W_L) adalah kadar air batas, dimana tanah dengan kadar air tanah diatas batas plastisnya akan bersifat plastis (sampai mencapai batas cairnya), sedangkan bila kadar air dibawah batas plastis, akan bersifat semi-solid (sampai mencapai batas susutnya).

Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.8. Berikut ini merupakan contoh prosedur analisis Batas Plastis

$$\begin{aligned} \text{a) Menghitung berat tanah basah } W_4 &= W_2 - W_1 \\ &= 17,82 - 9,55 \\ &= 8,27 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Menghitung berat tanah kering } W_5 &= W_3 - W_1 \\ &= 15,58 - 9,55 \\ &= 6,03 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) Menghitung berat air } W_6 &= W_4 - W_5 \\ &= 8,27 - 6,03 \\ &= 2,24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d) Menghitung Batas Plastis } W_p &= \frac{W_6}{W_5} \times 100\% \\ &= \frac{2,24}{6,03} \times 100\% \\ &= 37,15 \end{aligned}$$

Tabel 4.8. Hasil Pengujian Batas Plastis

No. Uji	I		
No. Container	1	2	3
Berat container, W_1 (g)	9,55	9,61	10,24
Berat tanah basah + container, W_2 (g)	17,82	18,84	20,31
Berat tanah kering + container, W_3 (g)	15,58	16,3	17,61
Berat tanah basah, $W_4 = W_2 - W_1$ (g)	8,27	9,23	10,07
Berat tanah kering, $W_5 = W_3 - W_1$ (g)	6,03	6,69	7,37
Berat air, $W_6 = W_4 - W_5$	2,24	2,54	2,7
Batas Plastis, $Wp = (W_6/W_5) \times 100\%$	37,15	37,97	36,64
Batas Pastis, Wp (%)	37		

Sumber : Analisis Data Laboratorium,2019

Tabel 4.9. Hasil Pengujian Batas Plastis

No. Uji	II		
No. Container	1	2	3
Berat container, W_1 (g)	10,16	10,29	10,82
Berat tanah basah + container, W_2 (g)	18,73	19,52	20,81
Berat tanah kering + container, W_3 (g)	16,51	17,12	18,32
Berat tanah basah, $W_4 = W_2 - W_1$ (g)	8,57	9,23	9,99
Berat tanah kering, $W_5 = W_3 - W_1$ (g)	6,35	6,83	7,5
Berat air, $W_6 = W_4 - W_5$	2,22	2,4	2,49
Kadar air, $w = (W_6/W_5) \times 100\%$	34,96	35,14	33,20
Batas Plastis, Wp (%)	34		

Sumber : Analisis Data Laboratorium,2019

Tabel 4.10. Hasil Pengujian Batas Plastis

No. Uji	III		
No. Container	1	2	3
Berat container, W_1 (g)	9,51	10,77	9,82
Berat tanah basah + container, W_2 (g)	16,19	19,67	17,95
Berat tanah kering + container, W_3 (g)	14,48	17,32	15,89
Berat tanah basah, $W_4 = W_2 - W_1$ (g)	6,68	8,9	8,13
Berat tanah kering, $W_5 = W_3 - W_1$ (g)	4,97	6,55	6,07
Berat air, $W_6 = W_4 - W_5$	1,71	2,35	2,06
Kadar air, $w = (W_6/W_5) \times 100\%$	34,41	35,88	33,94
Batas Plastis, Wp (%)	35		

Sumber : Analisis Data Laboratorium,2019

Dari hasil uji data laboratorium diperoleh nilai batas plastis ($W_{p.1,2,3}$) = 37 %, 34 %, dan 35 %. Batas cair ($W_{L.1,2,3}$) = 57 %, 59%, dan 56 %. Dengan menggunakan nilai hasil pengujian batas plastis dan batas cair, maka nilai plastisitasnya dapat ditentukan menggunakan persamaan :

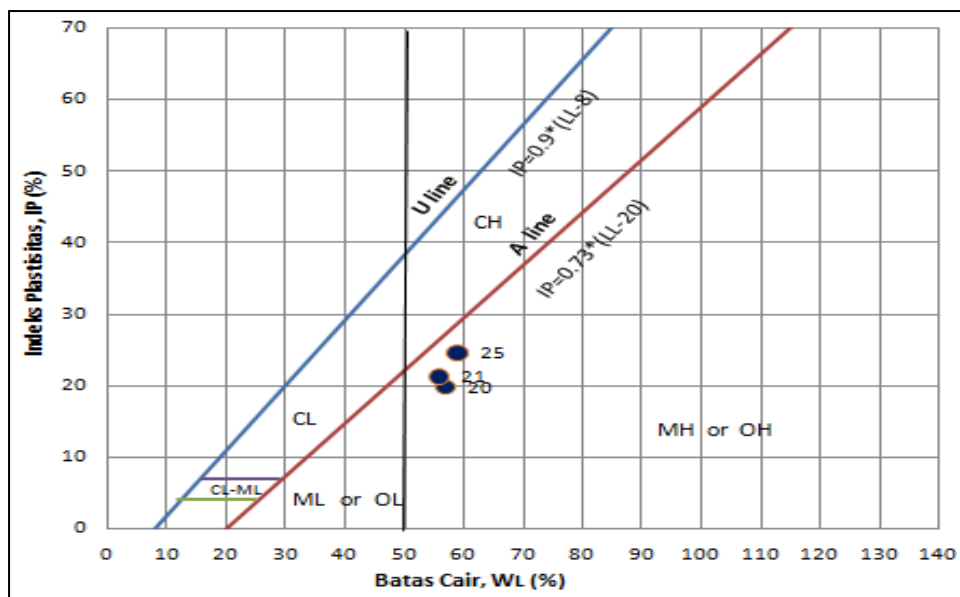
$$\begin{aligned} IP.1 &= W_{L.1} - W_{p.1} \\ &= 57 \% - 37 \% \\ &= 20 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} IP.2 &= W_{L.2} - W_{p.2} \\ &= 59 \% - 34 \% \\ &= 25 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} IP.3 &= W_{L.3} - W_{p.3} \\ &= 56 \% - 35 \% \\ &= 21 \% \end{aligned}$$

Setelah memperoleh nilai IP, langkah selanjutnya adalah membuat kurva plastisitas dari ketiga Indeks Plastisitas untuk mendapatkan sifat dan jenis dari sample tanah yang diuji

Gambar 4.6. Kurva Plastisitas



Sumber : Analisis Data Labortorium,2019

Dari Plot Kurva Plastisitas pada Gambar 4.6. hasil hubungan antara batas cair dan indeks plastisitas diperoleh hasil plot dibawah A-line. Sesuai dengan data dan Simbol Klasifikasi USCS (*Unified Classification System*) dapat disimpulkan bahwa sampel tanah tersebut tergolong tanah lanau pasiran (MH) dengan Kompresibilitas tinggi. MH merupakan tanah yang diklasifikasikan sebagai lanau pasiran dengan plastisitas relatif rendah. Sedangkan kompresibilitas adalah proses pemampatan tanah yang disebabkan oleh beban yang ada di atas. Contoh pada kasus ini adalah pengaruh pemadatan pada saat pekerjaan konstruksi dan berat air dalam genangan embung.

6) Pengujian Batas Susut

Batas susut (W_s) adalah kadar air batas dimana tanah dengan kadar air dibawah nilai tersebut tidak dapat menyusut lagi (tidak mengalami volume lagi). Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.11. Berikut ini merupakan prosedur analisis Batas Susut

$$\begin{aligned} \text{a) Menghitung berat tanah basah } W_4 &= W_2 - W_1 \\ &= 32,6 - 10,06 \\ &= 22,54 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Menghitung berat tanah kering } W_5 &= W_3 - W_1 \\ &= 24,19 - 10,06 \\ &= 14,13 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) Menghitung berat air } W_6 &= W_4 - W_5 \\ &= 22,54 - 14,13 \\ &= 8,41 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d) Menghitung kadar air } w &= \left(\frac{W_6}{W_5} \right) \times 100 \% \\ &= \left(\frac{8,41}{14,13} \right) \times 100 \% \\ &= 59,52 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{e) Menghitung volume tanah kering } V_f &= \left(\frac{\text{Berat air raksa}}{BJ \text{ Air Raksa}} \right) \\
 &= \frac{224,56}{13,5} \\
 &= 16,63
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{f) Menghitung batas susut } W_s &= w - \frac{V_0 - V_f \times \gamma_w}{W_s} \times 100 \% \\
 &= 59,52 - \frac{12,56 - 16,63 \times 1}{14,13} \times 100 \\
 &= 88,38
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{g) Menghitung rasio Susut } SR &= \frac{W_s}{\gamma_w \times V_f} \\
 &= \frac{88,35}{1 \times 16,63} \\
 &= 5,31
 \end{aligned}$$

Dimana :

- W_1 = Berat ring
- W_2 = Berat tanah basah + Ring
- W_3 = Berat tanah kering + Ring
- W_4 = Bertat tanah basah
- W_5 = Bertat tanah kering
- W_6 = Berta air
- W = Kadar air
- V_0 = Volume tanah basah
- V_f = Volume tanah kering
- W_s = Batas Susut
- SR = Rasio Susut

Tabel 4.11. Hasil Pengujian Batas Susut

No. Ring	1
Tinggi ring, t (cm)	1,2
Diameter ring, d (cm)	4
Volume ring, V (cm ³)	15,07
Berat Ring, W ₁ (gr)	10,06
Berat tanah basah + ring, W ₂ (gr)	32,6
Berat tanah kering + ring, W ₃ (gr)	24,19
Berat tanah basah, W ₄ = W ₂ -W ₁ (gr)	22,54
Berat tanah kering, W ₅ = W ₃ -W ₁ (gr)	14,13
Berat air, W ₆ = W ₄ - W ₅	8,41
Kadar air, w = (W ₆ /W ₅) X 100%	59,52
Volume Tanah Basah, V _o (cm ³)	12,56
Berat piring W ₇ , (gr)	226,69
Berat piring + air raksa, W ₈ (gr)	451,25
Berat air raksa W ₉ (gr)	224,56
Volume tanah kering, V _f = W ₉ /BJ _{air raksa} (cm ³)	16,63
Batas susut, w _s = w - ((V _o - V _f) X γ _w)/W ₅) X 100%	88,35
Rasio Susut, SR = W _s /γ _w × V _f	5,31

Sumber : Analisis Data Laboratorium, 2019

Diketahui dari hasil analisis pada Tabel 4.11. sesuai dengan nilai rasio penyusutan yaitu 5,31, sampel tanah tidak mengalami penyusutan lagi. Artinya batas angka untuk penyusutan pada pengujian batas susut yang dilakukan adalah 5,31.

7). Analisa Saringan

Analisa saringan adalah metode yang dipakai untuk menentukan penyebaran (distribusi) butiran tanah yang mempunyai ukuran lebih besar dari 0.075 mm (saringan no. 200, ASTM). Hasil perhitungan analisa ringan dapat dilihat pada tabel 4.8. Berikut ini merupakan Contoh prosedur analisis pengujian analisa saringan.

- a) Menghitung masa tanah yang tertahan $M_{RI} = M_{SRI} - M_{SI} \text{ (gr)}$

$$= 326,03 - 326,03$$

$$= 0 \text{ gr}$$
- b) Menghitung masa total tanah dengan $M_T = \Sigma M_{RI} = M_{R1} + M_{R2} + M_{R3}$

$$= 0 + 2,76 + 9,45 + 0,15 +$$

$$28,27 + 13,12 + 5,45 + 73,68$$

$$= 132,88 \text{ gr}$$

c) Menghitung % tertahan disetiap saringan $R_i = \frac{MRI}{MT} \times 100$

$$= \frac{0}{212,52} \times 100$$

$$= 0,00 \%$$

d) Menghitung % lolos disetiap saringan $P_2 = P_1 - R_2 (\%)$

$$= 100 - 0,00$$

$$= 100 \%$$

$$P_3 = P_2 - R_2 (\%)$$

$$= 100 - 2,08$$

$$= 97,92 \%$$

$$P_4 = P_3 - R_2$$

$$= 97,92 - 7,11$$

$$= 90,81 \%, \text{ dan seterusnya}$$

Dimana :

MRI = Berat tanah tertahan

$MSRI$ = Berat tanah + saringan

MSI = Berat saringan

MT = Masa total tanah

$MR_1, MR_2, MR_3, + \dots n$ (gr) = Masa tanah tertahan

R_i = Presentasi tertahan

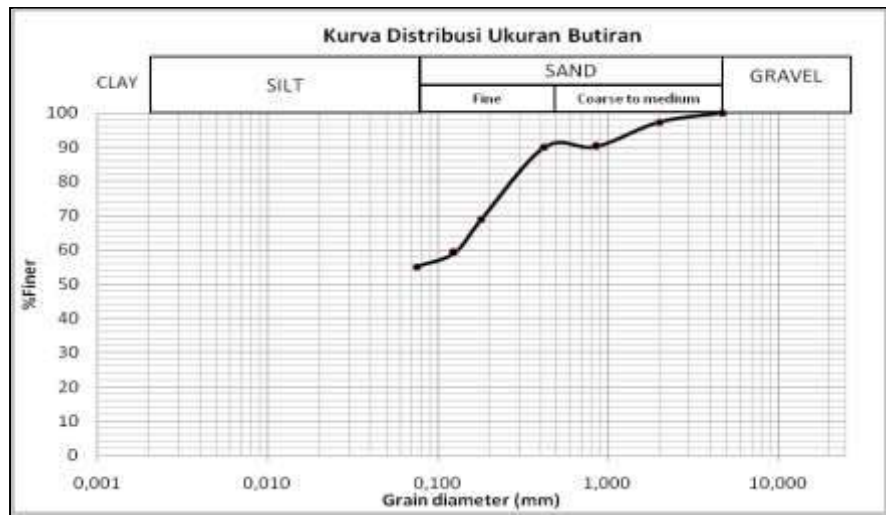
$P_1, P_2, P_3 + \dots n$ (%) = Presentasi Lolos

Tabel 4.12. Hasil Pengujian Analisis Saringan

No. Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat Saringan (g)	Berat Tanah + Saringan (g)	Berat Tertahan (g)	% Tetahan	% Lolos
4	4,750	326,03	326,03	0	0,00	100,00
10	2,000	333,72	336,48	2,76	2,08	97,92
20	0,850	333,08	342,53	9,45	7,11	90,81
40	0,425	418,87	419,02	0,15	0,11	90,70
80	0,180	325,78	354,05	28,27	21,27	69,42
120	0,125	293,73	306,85	13,12	9,87	59,55
200	0,075	285,40	290,85	5,45	4,10	55,45
Pan	-	306,72	380,40	73,68	55,45	0,00
Jumlah				132,88		

Sumber : Analisis Data Laboratorium, 2019

Gambar 4.7. Kurva Distribusi Ukuran Butir



Sumber : Hasil Plot Data Analisis Saringan, 2019

Dari tabel 4.8. hasil analisis data uji saringan diketahui presentasi (%) ukuran butir lolos saringan no. 200 berdiameter lebih kecil dari 0,075 mm sebanyak 55,45 % dan yang tertahan saringan no. 200 sebanyak 44.55 %.

8). Analisis Hidrometer

Analisis hidrometer adalah suatu cara dari analisis distribusi ukuran butir tanah berdasarkan sedimentasi tanah dalam air. Metode ini mencakup penentuan dari distribusi ukuran butir tanah yang lolos saringan no.200, tetapi dilaksanakan pada tanah yang lolos saringan no. 10. Tujuan dari Analisis hidrometer adalah untuk mengetahui pembagian ukuran butir tanah yang berbutir halus.

Perhitungan Uji Hidrometer dilakukan dengan beberapa persamaan dan berikut ini merupakan contoh Analisis data Hidrometer yaitu ;

1. Faktor Koreksi, a

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{1,65 \times G_s}{2,65 \times (G_s - 1)} \\
 &= \frac{1,65 \times 2,85}{2,65 \times (2,85 - 1)} \\
 &= 0,96
 \end{aligned}$$

Keterangan :

G_s = Specific gravity of soil (Nilai G_s dapat dari Tabel 2.12)

2. Rc (Corection Hydrometer Reading)

$$\begin{aligned} R_c &= \text{Koreksi pembacaan Hidrometer} \\ &= R_a - (C_0 + C_t) \\ &= 50 - ((-0,5) + 3,05) \\ &= 47,45 \end{aligned}$$

Keterangan :

$$\begin{aligned} R_c &= R_a - \text{Zero Correction} + C_t \\ R_a &= \text{Koreksi pembacaan Hidrometer} \\ C_0 &= \text{Koreksi nol (Zero Correction)} \\ \text{Temp.} &= \text{Temperatur} \\ C_t &= (\text{dilihat pada Tabel 2.13}) \end{aligned}$$

3. Berat Tanah Kering, W_s

$$\begin{aligned} \text{Berat dish, } W_{\text{dish}} \text{ (gr)} &= 526,50 \text{ gr} \\ \text{Berat tanah kering + dish, } W_s + \text{dish (gr)} &= 576,50 \text{ gr} \\ \text{Berat tanah kering, } W_s \text{ (gr)} &= 50 \text{ gr} \end{aligned}$$

4.% Finer

$$\begin{aligned} \% \text{ Finer} &= \frac{R_c \times a}{W_s} \times 100 \% \\ &= \frac{47,45 \times 0,96}{50} \times 100 \% \\ &= 91,03 \end{aligned}$$

5. Harga K

$$\begin{aligned} K &= \frac{30 \eta}{g (G_s - G_w)} \\ &= \frac{30 \times 0,00818}{9,81 \times (2,85 - 0,99598)} \\ &= 0,0135 \end{aligned}$$

Keterangan :

$$\begin{aligned} \eta &= \text{Viskositas aquades (poise) (dilihat pada tabel 2.14)} \\ G_w &= \text{Specific gravity of water (dilihat pada tabel 2.14)} \\ g &= \text{Percepatan gravitasi = 9,81 (cm/det)} \end{aligned}$$

6. Harga R

$$\begin{aligned} R &= R_a + \text{Meniscus Correction} \\ &= 50 + 0,5 \\ &= 50,5 \end{aligned}$$

Keterangan :

R_a = Koreksi pembacaan Hidrometer

7. Harga L

$$\begin{aligned} R &= 50,5 \\ L &= 8,3 \text{ (tabel 2.16)} \end{aligned}$$

8. L / t

$$\begin{aligned} L/t &= \frac{L}{t} \\ &= \frac{9,4}{1} \\ &= 9,4 \end{aligned}$$

Keterangan :

L = Effective depth (cm) (tabel 2.16)
 t = elapsed time (menit)

9. Diameter (D)

$$\begin{aligned} D &= K \times \frac{\bar{L}}{t} \\ &= 0,0135 \times \overline{9,4} \\ &= 0,04137 \end{aligned}$$

Keterangan :

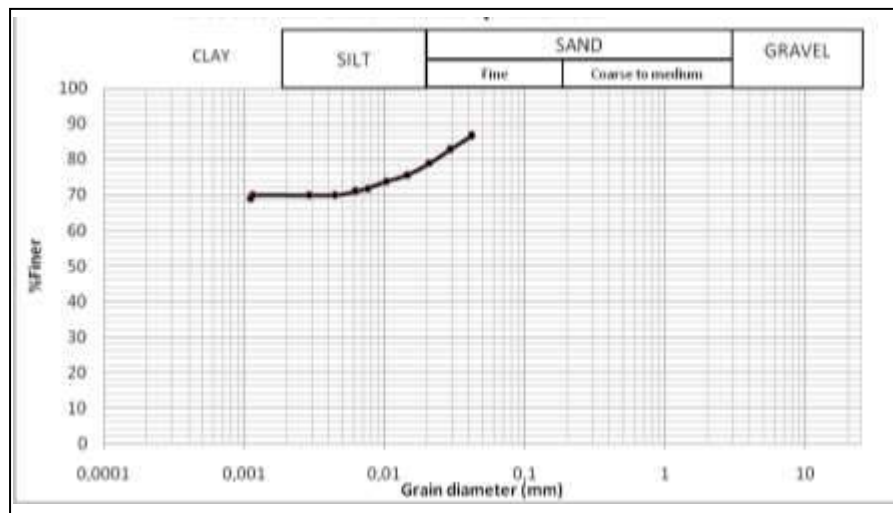
D = diameter butir (mm)
 L = Effective depth (cm) dari tabel 2.16
 t = elapsed time (menit)

Tabel 4.13. Pengujian Analisis Hidrometer

Date	Elapsed Time t (minute)	Temp (°C)	Actual Hyd. Reading Ra	Corr. Hyd. Reading Rc	%Finer	Hyd. Corr Only for Meniscus R	L	L/t	K	Diameter D (mm)
	0	29	50	47,45	91,03	50,50	8,3			
	1	29	48	45,12	86,55	48,17	9,4	9,4000	0,0135	0,04137
	2	29	46	43,12	82,72	46,17	9,4	4,7000	0,0135	0,02925
	4	29	44	41,12	78,88	44,17	9,4	2,3500	0,0135	0,02068
	8	29	42	39,45	75,68	42,50	9,4	1,1750	0,0135	0,01463
	16	30	41	38,45	73,76	41,50	9,6	0,6000	0,0132	0,01023
	30	31	40	37,45	71,84	40,50	9,7	0,3233	0,0132	0,00751
	45	31	39,5	36,95	70,89	40,00	9,7	0,2156	0,0132	0,00613
	90	32	39	36,45	69,93	39,50	9,9	0,1100	0,0132	0,00438
	210	31	39	36,45	69,93	39,50	9,9	0,0471	0,0132	0,00287
	1290	33	39	36,45	69,93	39,50	9,9	0,0077	0,0132	0,00116
	1440	31	38,5	35,95	68,97	39,00	9,9	0,0069	0,0132	0,0011

Sumber : Analisis Data Laboratorium, 2019

Gambar 4.8. Kurva Distribusi Ukuran Butir Uji Hidrometer

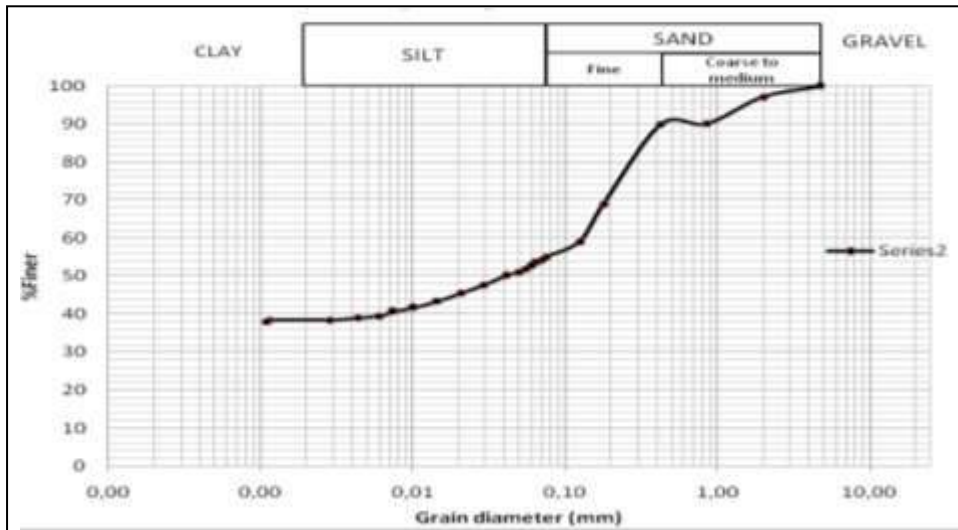


Sumber : Hasil Plot Data Analisis Hidrometer, 2019

Dari hasil Plot data analisis Hidrometer pada kurva distribusi ukuran butir Uji Hidrometer diperoleh hasil analisis berupa pembagian ukuran butir tanah dari Lempung (Clay), Lanau (Silt), dan Pasir halus (Fine Sand).

Berikut ini merupakan kurva distribusi ukuran butir dan uji Hidrometer dari analisis gabungan

Gambar 4.9. Kurva Distribusi Ukuran Butir dan Uji Hidrometer



Sumber : Hasil Plot Data Distribusi Ukuran Butir dan Uji Hidrometer, 2019

Dari hasil plot data gabungan pada grafik distribusi ukuran butir dan uji hidrometer diperoleh hasil sebagai berikut :

Kerikil (<i>Grave</i>)	=	0 %
Pasir kasar ke sedang (<i>Coarse to medium</i>)	=	34 %
Pasir Halus(<i>Fine Sand</i>)	=	10 %
Lanau (<i>Silt</i>)	=	17 %
Lempung (<i>Clay</i>)	=	39 %

Hasil pengujian Analisis Saringan dan Uji Hidrometer diperoleh Kerikil (*Gravel*)0 %, Pasir kasar ke sedang (*Coarse to medium*)34 %, Pasir Halus (*Fine Sand*)10 %, lanau (*Silt*)17 %, dan lempung (*Clay*)39 %. Dari hasil analisis tersebut diketahui bahwa sampel tanah yang terdapat dalam genangan Embung Faut Fane merupakan percampuran beberapa jenis tanah yang didominasi oleh ukuran butiran Lempung (*Clay*) sebanyak 39 %. Artinya masih terdapat 61 % jenis tanah non lempung yang juga merupakan kesatuan dari material dalam genangan embung yang memiliki sifat berbeda seperti lanau (*Silt*) 17 % dan Pasir 44 % yang terdiri dari pasir halus 17 % dan pasir kasar ke sedang 34 %.

Pasir merupakan material yang dapat berubah sifat teknisnya jika tidak dipadatkan dengan benar (terdapat rongga) terutama jika terdapat air, maka akan cepat menghilang atau meresap air yang terdapat di pasir (*Hardiyatmo,2010*). Dari sini diketahui bahwa kehilangan air yang terjadi dalam

genangan Embung Faut Fane disebabkan oleh sifat material pasir kelanauan yang tidak dipadatkan dengan baik dan benar atau sesuai spesifikasi yang berlaku. Sehingga pada saat ini berdampak pada kehilangan air yang berlebihan dalam genangan Embung Faut Fane.

Seperti yang sudah diketahui dalam penjelasan diatas maka untuk memperjelas lagi akan dilakukan pengujian permeabilitas tanah sehingga dapat mengetahui jenis tanah yang terdapat dalam genangan Embung tergolong kedalam tanah lepas yang memiliki sifat mudah meloloskan air dan permeabilitasnya tinggi atau tanah rapat (*dense*) yang sulit mengalirkan air dan permeabilitas rendah.

9). Pengujian Permeabilitas Tanah

Permeabilitas tanah adalah suatu sifat tanah yang mampu meloloskan air. Berikut ini merupakan prosedur analisis permeabilitas tanah pada Patok 1 yang diambil dari hulu genangan Embung :

1. Data – data yang diperlukan, yaitu :

Diameter tabung (d)	=	7 inci
Jari-jari tabung (r)	=	3,5 inci
Panjang tabung (p)	=	52 cm
Ruang kosong tabung (vd)	=	38 cm
Tinggi tanah dalam tabung (L)	=	52 - 38
	=	14 cm
Tinggi air dalam permukaan tanah (h)	=	31 cm
Banyak air yang digunakan (q)	=	1000 ml
Waktu awal air keluar (t ₁)	=	53,13 detik
Waktu air tidak lagi keluar (t ₂)	=	2 Jam
Pengembangan tanah (ΔT)	=	25,5 cm
Tebal tanah setelah mengembang (Δh)	=	39,5 cm
Volume air yang lolos (Q)	=	750 ml

2. Mencari :

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{ML}{1000} \\
 &= \frac{750}{1000}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,75 \text{ Liter} \\
 I &= \frac{h}{L} \\
 &= \frac{31}{14} \\
 &= 2,21 \\
 A &= \pi \times r^2 \\
 &= 3,14 \times (3,5)^2 \\
 &= 38,5 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Dari data tersebut untuk memperoleh nilai permeabilitas tanah, maka menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 K &= \frac{Q \times L}{A \times h \times t} \\
 &= \frac{0,75 \times 14}{38,5 \times 31 \times 53,13} \\
 &= 0.0002 \text{ cm/det}
 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai koefisien permeabilitas tanah atau nilai kemampuan tanah untuk meloloskan air maka langkah selanjutnya adalah menentukan nilai k untuk jenis tanah sesuai dengan tabel 4.14. berikut ini :

Tabel 4.14. Nilai k untuk beberapa jenis tanah

Jenis Tanah	k (cm/det)
Pasir mengandung Lempung	0,01 - 0,05
Pasir Halus	0,05 - 0,002
Pasir Kelanauan	0,002 - 0, 0005
Lanau	0,0005 - 0, 00005
Lempung	0,00005 - 0,000000005

Sumber : Das, 2010

Sesuai dengan hasil analisis dan bacaan dalam tabel maka diperoleh :

Jenis Tanah : Pasir Kelanauan
 Nilai k untuk jenis tanah : 0,002 - 0,0005

Keterangan :

Q	=	Volume air yang lolos
t	=	Waktu
h	=	Tinggi air pada permukaan tanah
i	=	Gradien Hidrolik
A	=	Luas penampang
k	=	Koefisien Permeabilitas (cm/det)

Pengujian berikutnya dilakukan pada Patok 2 yang terdapat pada tengah genangan embung. Berikut ini merupakan prosedur analisis pengujian Permeabilitas Tanah :

1. Data – data yang diperlukan, yaitu :

Diameter tabung (d)	=	7 inci
Jari-jari tabung (r)	=	3,5 inci
Panjang tabung (p)	=	45 cm
Ruang kosong tabung (vd)	=	34,5 cm
Tinggi tanah dalam tabung (L)	=	45 - 34,5
	=	10,5 cm
Tinggi air dalam permukaan tanah (h)	=	13,5 cm
Banyak air yang digunakan (q)	=	1000 ml
Waktu awal air keluar (t ₁)	=	15 detik
Waktu air tidak lagi keluar (t ₂)	=	2 Jam
Pengembangan tanah (ΔT)	=	6,5 cm
Tebal tanah setelah mengembang (Δh)	=	28 cm
Volume air yang lolos (Q)	=	350 ml

2. Mencari :

$$\begin{aligned} Q &= \frac{ML}{1000} \\ &= \frac{350}{1000} \\ &= 0,35 \text{ Liter} \end{aligned}$$
$$I = \frac{h}{L}$$

$$= \frac{13,5}{10,5}$$

$$= 1,28$$

$$A = \pi \times r^2$$

$$= 3,14 \times (3,5)^2$$

$$= 36,27 \text{ cm}^2$$

Dari data tersebut untuk memperoleh nilai permeabilitas tanah maka menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$K = \frac{Q \times L}{A \times h \times t}$$

$$= \frac{0,35 \times 10,5}{36,27 \times 13,5 \times 15}$$

$$= 0,0005 \text{ cm/det}$$

Setelah mendapatkan nilai koefisien permeabilitas tanah atau nilai kemampuan tanah untuk meloloskan air maka langkah selanjutnya adalah menentukan nilai k untuk jenis tanah sesuai dengan tabel 4.15. berikut ini :

Tabel 4.15. Nilai k untuk beberapa jenis tanah

Jenis Tanah	k (cm/det)
Pasir mengandung Lempung	0,01 - 0,05
Pasir Halus	0,05 - 0,002
Pasir Kelanauan	0,002 - 0, 0005
Lanau	0,0005 - 0, 00005
Lempung	0,00005 - 0,000000005

Sumber : Das, 2010

Sesuai dengan hasil analisis dan bacaan dalam tabel maka diperoleh :

Jenis Tanah : Pasir Kelanauan

Nilai k untuk jenis tanah : 0,002 - 0,0005

Q = Volume air yang lolos

t = Waktu

h = Tinggi air pada permukaan tanah

i	=	Gradien Hidrolik
A	=	Luas penampang
k	=	Koefisien Permeabilitas (cm/det)

Pengujian berikutnya dilakukan pada Patok 3 yang diambil dari hilir genangan embung. Berikut ini merupakan prosedur analisis pengujian Permeabilitas Tanah :

3. Data – data yang diperlukan, yaitu :

Diameter tabung (d)	=	7 inci
Jari-jari tabung (r)	=	3,5 inci
Panjang tabung (p)	=	52 cm
Ruang kosong tabung (vd)	=	38 cm
Tinggi tanah dalam tabung (L)	=	52 - 38
	=	14 cm
Tinggi air dalam permukaan tanah (h)	=	23,5 cm
Banyak air yang digunakan (q)	=	1000 ml
Waktu awal air keluar (t ₁)	=	2 menit
	=	120 detik
Waktu air tidak lagi keluar (t ₂)	=	1 Jam
Pengembangan tanah (ΔT)	=	2,5 cm
Tebal tanah setelah mengembang (Δh)	=	19 cm
Banyaknya air yang ditampung (Q)	=	750 ml

2. Mencari :

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{ML}{1000} \\
 &= \frac{750}{1000} \\
 &= 0,75 \text{ Liter} \\
 I &= \frac{h}{L} \\
 &= \frac{23,5}{14} \\
 &= 1,68 \\
 A &= \pi \times r^2 \\
 &= 3,14 \times (3,5)^2
 \end{aligned}$$

$$= 38,5 \text{ cm}^2$$

Dari data tersebut untuk memperoleh nilai permeabilitas tanah maka menggunakan persamaa sebagai berikut :

$$\begin{aligned} K &= \frac{Q \times L}{A \times h \times t} \\ &= \frac{0,75 \times 14}{38,5 \times 23,5 \times 120} \\ &= 0,0001 \text{ cm/det} \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai koefisien permeabilitas tanah atau nilai kemampuan tanah untuk meloloskan air maka langka selanjutnya adalah menentukan nilai k untuk jenis tanah sesuai dengan tabel 4.16. berikut ini :

Tabel 4.16. Nilai k untuk beberapa jenis tanah

Jenis Tanah	k (cm/det)
Pasir mengandung Lempung	0,01 - 0,05
Pasir Halus	0,05 - 0,002
Pasir Kelanauan	0,002 - 0, 0005
Lanau	0,0005 - 0, 00005
Lempung	0,00005 - 0,000000005

Sumber : Das, 2010

Sesuai dengan hasil analisis dan bacaan dalam tabel maka diperoleh :

Jenis Tanah : Pasir Kelanauan
 Nilai k untuk jenis tanah : 0,002 – 0,0005

Q = Jumlah air dalam waktu (t)
 t = Waktu
 h = Tinggi air pada permukaan tanah
 i = Gradien Hidrolik
 A = Luas penampang
 K = Koefisisen Permeabilitas (cm/det)

Dari ketiga hasil pengujian Permeabilitas tanah dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.17. Pengujian Permeabilitas Tanah

No	Lokasi	Jenis Tanah	k (cm / det)
Patok 1	Hulu	Pasir Kelanauan	0,0002
Patok 2	Tengah	Pasir Kelanauan	0,0005
Patok 3	Hilir	Pasir Kelanauan	0,0001

Sumber : Hasil Analisis,2019

Dari hasil analisis diatas, diketahui bahwa jenis sampel tanah dalam meloloskan air atau permeabilitas tanah yang terdapat dalam genangan Embung Faut Fane pada patok 1, lokasi bagian hulu embung dengan tingkat permeabilitas tanah 0,0002 cm/det, pada patok 2, lokasi Tengah dengan tingkat permeabilitas tanah 0,0005 cm/det, dan pada patok 3, lokasi Hilir dengan tingkat permeabilitas 0,0001 cm/det (Denah pengambilan sampel pada Lampiran II). Merupakan Pasir Kelanauan dengan nilai koefisien permeabilitasnya 0,002 – 0,0005 cm/det. Artinya angka tersebut menurut *Setiono,dkk.,2003* pada Bab II Landasan Teori, angka tersebut diklasifikasikan sebagai tanah yang semi lulus air. Dan dari sini juga diketahui faktor penyebab ketidak mampuan Embung Faut Fane menampung air.

Untuk langka selanjutnya dilakukan perencanaan perbaikan genangan Embung Faut Fane.

4.4. Perencanaan Perbaikan Genangan Embung

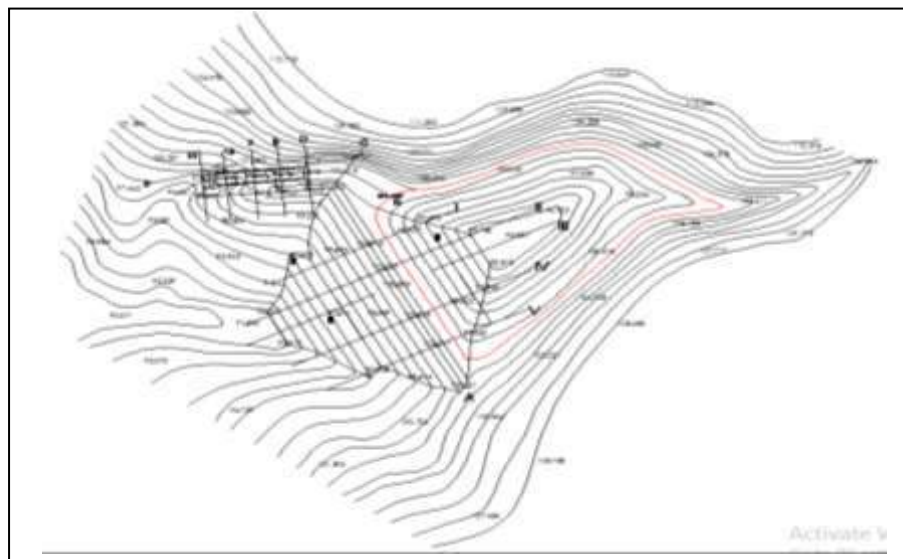
Perencanaan perbaikan genangan embung Faut Fane dilakukan dengan menggunakan bahan selimut kedap air berupa geotekstil non woven dan geomembrane. Geotekstil non woven adalah lembaran tekstil dengan struktur benang tidak beraturan, disatukan dengan proses *bonding*, *interlocking*, atau keduanya secara mekanik, kimiawi, thermal, *solvent*, atau kombinasinya. Sedangkan geomembrane adalah bahan yang berfungsi sebagai penahan air atau rembesan. Bahan-bahan tekstil tersebut dipilih sebagai solusi mengatasi permasalahan karena kelebihan yang dimiliki yaitu memiliki nilai Koefisien Permeabilitas 10^{-6} cm/det atau dapat diasumsikan mengatasi kehilangan air hingga 0 %. Berikut ini merupakan data Teknis dalam melakukan perencanaan perbaikan pada genangan Embung, yaitu :

Tinggi tubuh Embung	=	10 m
Tipe	=	Urugan

Material Urugan	=	Urugan Homogen
Material Utama	=	Tanah
Kemiringan lereng vertikal : Horizontal	=	1 : 3 (Hulu)
Kapasitas Tampungan	=	15.497,01 m ³
Muka Air Norman (MAN)	=	101.000 m ³
Luas daerah tadah hujan	=	65.07 ha
	=	0.65 km ²
Panjang bentangan	=	79.21 (memanjang tanggul)
Ukuran Geotekstil	=	100 x 4 m (1 roll)
Ukuran Geomembran	=	140 x 7 m (1 roll)

4.4.1. Volume Tampungan Embung

Volume Embung Faut Fane diketahui berdasarkan Peta Kontur dengan skala 1 : 1000 penampang. Volume tampungan Embung Faut Fane menurut gambar *As Build Drawing* adalah 15.497,01 m³ untuk tampungan bruto dan 13.559,88 m³ untuk tampungan efektif dengan tinggi kolam 7 m. Perhitungan untuk mendapatkan besaran volume genangan dilakukan dengan cara menghitung ulang luasan setiap kontur dari elevasi dasar kolam Embung hingga elevasi muka air normal pada Embung Faut Fane berdasarkan gambar *As Build Drawing* (Peta Situasi). Dapat dilihat pada gambar 4.10 berikut



Gambar 4.10 : Peta Situasi Lokasi Embung

Untuk luasan setiap elevasi kontur dihitung berdasarkan gambar kontur daerah aliran sungai (DAS) embung pada gambar rencana Embung Faut Fane. Hasil dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18. Hubungan Elevasi, Luas Permukaan dan Volume Genangan

Elevasi (m)	Tinggi Genangan (m)	Luasan Permukaan (m ²)	Volume Genangan (m ³)	Volume Kumulatif (m ³)
94	0	333,06	0	0
95	1	637,56	485,31	485,31
96	2	915,06	776,31	1261,62
97	3	1.332,25	1123,655	2385,275
98	4	1849,00	1590,625	3975,9
99	5	2525,06	2187,03	6162,93
100	6	3249,00	2887,03	9049,96
101	7	4389,06	3819,03	12868,99
102	8	4555,00	4472,03	17341,02

Sumber : Hasil Analisis,2019

Dari hasil analisis diatas dapat dilihat tinggi volume genangan air pada embung Faut Fane yang merupakan tinggi genangan menurut elevasi tanggul embung. Berdasarkan nilai volume perhitungan diatas, diperoleh nilai genangan pada kondisi muka air normal sebesar 12.868,99 m³ pada elevasi 101 m. Jika dibandingkan dengan data gambar *As Build Drawing* berdasarkan volume genangan embung pada volume muka air normal sebesar 15.497,01 m³ pada elevasi 101 m. Maka hasil dari perhitungan diatas diketahui 94,9 % diperoleh dari $(\text{Volume kumulatif} \times 100) / \text{Volume tampungan efektif}$, mendekati data gambar *As Build Drawing*.

4.4.2. Kebutuhan Geotekstil dan Geomembrane

Gambar 4.10. memperlihatkan Layout pemasangan Geotekstile dan Geomembrane untuk rancangan embung. Berikut ini merupakan data analisis kebutuhan Geotekstile :

Luas Genangan	=	4.389,06 m ²
Tinggi genangan	=	7 m
Elevasi	=	101 m
Ukuran Geotekstil	=	100 x 4 m (1 roll)

Maka untuk memperoleh kebutuhan Geotekstil dalam genangan dilakukan dengan cara :

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan Material} &= \frac{\text{Luas Genangan}}{\text{Ukuran Geotekstil}} \\
 &= \frac{4.389,06 \text{ m}^2}{(100 \text{ m} \times 4 \text{ m})} \\
 &= \frac{4.389,06 \text{ m}^2}{400 \text{ m}^2} \\
 &= 10.97 \text{ roll} \\
 &= 11 \text{ roll}
 \end{aligned}$$

Setelah memperoleh kebutuhan geotekstile, dilakukan analisis kebutuhan geomembrane dalam genangan Embung. Berikut merupakan data Analisis Geomebrane :

Luas Genangan	=	4.389,06 m ²
Tinggi genangan	=	7 m
Tebal	=	1,5 mm
Elevasi	=	101 m
Ukuran Geotekstil	=	140 x 7 m (1 roll)

Maka untuk memperoleh kebutuhan Geotekstil dalam genangan dilakukan dengan cara :

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan Material} &= \frac{\text{Luas Genangan}}{\text{Ukuran Geomembrane}} \\
 &= \frac{4.389,06 \text{ m}^2}{(140 \text{ m} \times 7 \text{ m})} \\
 &= \frac{4.389,06 \text{ m}^2}{980 \text{ m}^2} \\
 &= 4.48 \text{ roll} \\
 &= 5 \text{ roll}
 \end{aligned}$$

4.4.3. Prosedur Pemasangan Geotekstil dan Geomembrane

Prosedur pemasangan geotekstile dan geomembrane dilakukan dengan beberapa cara, yaitu :

a) Pekerjaan Pembersihan dan Pengupasan

Daerah yang akan di beri selimut kedap air harus dibersihkan dari tanaman dan akar - akarnya, batu - batu tajam, dan objek lain yang dapat merusak atau merobek membran. Akar - akar yang telah di cabut lubang - lubang diisi kembali dengan tanah dan di padatkan. Sedangkan

tanaman yang di cabut dibuang dari tempat pekerjaan. Pembersihan harus di lakukan sampai minimal 15 m dari atas galian atau timbunan atau sesuai dengan petunjuk direksi. Sedangkan *Stripping* dilakukan sampai pada kedalaman minimal 15 cm.

Seluruh tebing galian, dan urugan yang akan di beri lapisan membran harus mempunyai kemiringan yang seragam dan tidak boleh lebih curam dari 1V : 3 H untuk lapisan membran yang diberi lapisan pelindung. Kemiringan yang landai diperlukan untuk mencegah terjadinya longsor pada sistem pelindung.

b) Penggalian Tanah Pengunci Geomembrane

Penggalian tanah pengunci ujung geomembrane bertujuan untuk tidak terjadi penurunan atau pergeseran dari posisi awal pemasangan. Sehingga dalam perencanaan di buat galian pengunci dengan kedalaman 50 cm dan lebar 50 cm, mengelilingi daerah genangan.

c) Pekerjaan Pemasangan Pipa Peforasi HDPE $\varnothing 3''/\varnothing 90$ mm

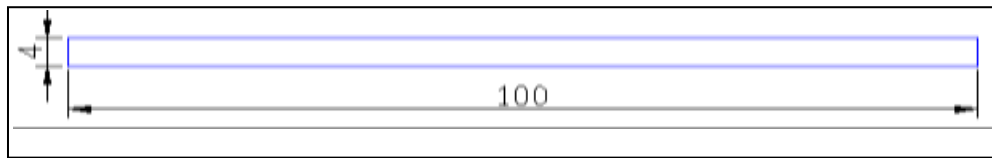
Pekerjaan pemasangan pipa peforasi dengan tujuan agar geomembrane yang di pasang pada genangan tidak terjadi gelembung akibat tekanan udara dari dasar genangan. Pemasangan pipa peforasi melintang genangan dan muncul ke permukaan pengunci ± 50 cm, dan sepanjang pipa peforasi sudah di buat lubang 20 cm.

d) Panel Geotekstil non woven dan Geomembrane

Gambar 2.4. panjang dan lebar ukuran geotekstil non woven dengan panjang 100 m, lebar 4 m, ketebalan 1,00 mm dan panel geotekstil non woven yang di rencanakan dapat terlihat pada gambar 2.5. Sedangkan pada geomembran memiliki tebal 1,5 mm, panjang 140 m, dan lebar 7 m dapat di lihat pada gambar 2.6 dan penel perencanaan geomembran dapat dilihat pada gambar 2.7. Gambar tersebut menunjukan *layout* pemasangan Geomembrane dengan ketebalan 1,5 mm, panjang 140 m dan lebar 7 m.

e) Pekerjaan Pemasangan Geotekstile Non Woven

Pekerjaan pemasangan geotekstil non woven dilakuka terlebih dahulu dari geomembrane dengan tujuan sebagai peredam tekanan tanah dari dasar genangan. Untuk setiap roll geotekstil terdapat 4 meter (m) lebar dan 100 meter (m) panjang. Penyambungan geotekstil digunakan khusus memakai kabel roll meter yang disiapkan oleh pabrik.



Gambar 4.11. Panjang dan Lebar Geotekstil Non Woven

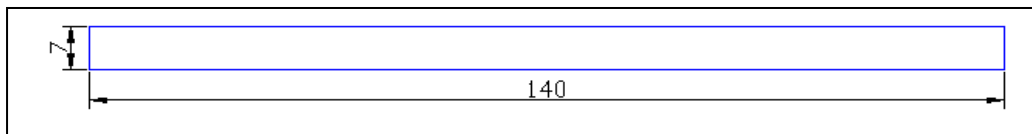


Gambar 4.12. : Geotekstile Non Woven

Sumber : Kerja Praktek, 2017

f) Pekerjaan Pemasangan Geomembrane

Pekerjaan pemasangan geomembrane dilakukan setelah pemasangan Pipa Peforasi dan geotekstil, dengan ketebalan geomembrane 1,5 mm. Adapun ukuran geomembrane panjang 140 m dan lebar 7 m per roll.



Gambar 4.13. Panjang dan LebarGeomembrane



Gambar 4.14 : Pemasangan Geombrane

Sumber : Kerja Praktek, 2017

g) Pekerjaan Pemasangan Batu Pengunci Geomembrane

Pekerjaan pengunci geomembrane dilakukan pertama kali dengan menggunakan angker besi Ø 12, dengan jarak antara begel 50 cm ditanam atau di kleim bersama geomembrane ke dasar galian pengunci geomembrane agar tetap stabil pada posisi, dan tidak terjadi pergeseran maka dibuat dengan pemasangan batu sesuai dengan ukuran spek 1 pc : 3 psr.

Adapun bentuk pasangan batu berbentuk persegi empat keliling muka air pada lereng genangan.

h) Pekerjaan Pemasangan Peil Scale (Mistar Ukur)

Peil Scale dibuat dari Pipa Galtanis Ø2,5", terlebih dahulu pada batang pipa dilas dengan besi beton Ø8 atau Ø10 dan panjang besi beton 40 cm. Jarak antara besi beton yang dilas pada batang pipa Peil Scale 50 cm atau 100 cm, diantara besi beton yang dilas pada batang pipa dicat dengan warna cat yang berbeda disetiap 50 cm atau 100 cm.

Besi beton yang dilas pada batang pipa Peil Scale, pada ujungnya dilas lagi dengan besi beton Ø6 dalam bentuk angka sampai setinggi muka air. Setelah selesai dilas atau dicat lalu dipasang pada dasar genangan atau dasar Pipa Transmisi. Kegunaan dari Peil Scale dipasang agar kondisi genangan air dapat diketahui kedalaman genangan.

4.5. Pembahasan

Setelah dilakukan Analisis data mekanika tanah dan perencanaan perbaikan genangan embung Faut Fane dilakukan pembahasan dari setiap analisis berdasarkan tujuan yang ingin dicapai. Berikut ini merupakan penjelasan dari setiap Analisis :

1) Pengujian Mekanika Tanah

Pengujian mekanika tanah dilakukan pada Laboratorium Universitas Katolik Widya Mandira terdiri dari Pengujian :

a) Pengujian Kadar Air

Hasil analisis data Laboratorium diperoleh nilai kadar air rata - rata pada tabel 4.1 adalah 28,02 persen (%) dan pada tabel 4.2. adalah 18,04 persen (%). Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa rata-rata perbandingan antara berat air dan berat tanah kering memiliki kadar air yang sedikit. Artinya dengan kadar air yang sedikit

dapat berpengaruh terhadap perilaku tanah dalam genangan embung Faut Fane.

b) Pengujian Berat Jenis

Dari hasil analisis diketahui dari tabel 4.3. pada nilai G_s rata – rata yaitu 2,40. Artinya bahwa berat jenis air pada suhu 29^0 merupakan nilai dari perbandingan berat isi butir tanah terhadap berat isi air atau 2,40 merupakan nilai dari berat jenis tanah yang terkandung dalam sampel tanah tersebut.

c) Pengujian Berat Isi

Dari hasil analisis dapat diketahui berat isi tanah kering (γ_d) adalah $0,03 \text{ gr/cm}^3$. Besaran tersebut mau menyatakan bobot tanah yaitu padatan air per satuan isi. Artinya bahwa kepadatan yang dialami sampel tanah pada ring pengujian sangat berpengaruh dengan berat isi. Baik itu isi karena kadar air yang terkandung dalam tanah maupun dengan berat isi tanah kering.

d) Pengujian Batas Cair

Dari hasil Analisis data pengujian batas cair diketahui pada ketukan ke 25 (N), nilai kadar air yang diperoleh dari penentuan grafik batas cair adalah 57 %, 59 %, dan 56 %. Angka – angka tersebut memberi arti bahwa batas cair dari setiap sampel tanah yang diuji sebatas angka-angka tersebut, tidak mengalami perubahan lagi dari kondisi plastis ke kondisi cair.

e) Pengujian Batas Plastis

Dari Plot Kurva Plastisitas pada Gambar 4.6. hasil hubungan antara batas cair dan indeks plastisitas diperoleh hasil plot dibawah A-line. Sesuai dengan data dan Simbol Klasifikasi USCS (*Unified Classification System*) dapat disimpulkan bahwa sampel tanah tersebut tergolong tanah lanau pasiran (MH) dengan Kompresibilitas tinggi. MH merupakan tanah yang diklasifikasikan sebagai lanau pasiran dengan plastisitas relatif rendah. Sedangkan kompresibilitas adalah proses pemampatan tanah yang disebabkan oleh beban yang ada di atas. Contoh pada kasus ini adalah pengaruh pemadatan pada saat pekerjaan konstruksi dan berat air dalam genangan Embung.

f) Pengujian Batas Susut

Diketahui dari hasil analisis pada Tabel 4.11. sesuai dengan nilai rasio penyusutan yaitu 5,31, sampel tanah tidak mengalami penyusutan lagi. Artinya batas angka untuk penyusutan pada pengujian batas susut yang dilakukan adalah 5,31.

g) Pengujian Analisa Saringan

Dari tabel 4.12. hasil analisis data uji saringan diketahui presentasi (%) ukuran butir lolos saringan no. 200 berdiameter lebih kecil dari 0,075 mm sebanyak 55,45 % dan yang tertahan saringan no. 200 sebanyak 44.55 %.

h) Pengujian Analisis Hidrometer

Dari hasil Plot data analisis Hidrometer pada kurva distribusi ukuran butir Uji Hidrometer diperoleh hasil analisis berupa pembagian ukuran butir tanah dari Lempung (*Clay*), Lanau (*Silt*), dan Pasir halus (*Fine Sand*).

Hasil pengujian Analisis Saringan dan Uji Hidrometer diperoleh Kerikil (*Gravel*) 0 %, Pasir kasar ke sedang (*Coarse to medium*) 34 %, Pasir Halus (*Fine Sand*) 10 %, lanau (*Silt*) 17 %, dan lempung (*Clay*) 39 %. Dari hasil analisis tersebut diketahui bahwa sampel tanah yang terdapat dalam genangan embung Faut Fane merupakan percampuran beberapa jenis tanah yang didominasi oleh ukuran butiran Lempung (*Clay*) sebanyak 39 %. Artinya masih terdapat 61 % jenis tanah non lempung yang juga merupakan kesatuan dari material dalam genangan embung yang memiliki sifat berbeda seperti lanau (*Silt*) 17 % dan Pasir 44 % yang terdiri dari pasir halus 17 % dan pasir kasar ke sedang 34 %.

Pasir merupakan material yang dapat berubah sifat teknisnya jika tidak dipadatkan dengan benar (terdapat rongga) terutama jika terdapat air, maka akan cepat menghilangkan atau meresap air yang terdapat di pasir (*Hardiyatmo, 2010*). Dari sini diketahui bahwa kehilangan air yang terjadi dalam genangan embung Faut Fane disebabkan oleh sifat material pasir yang tidak dipadatkan dengan baik dan benar atau sesuai spesifikasi yang berlaku.

i) Pengujian Permeabilitas Tanah

Dari hasil analisis diatas, diketahui bahwa jenis sampel tanah dalam meloloskan air atau permeabilitas tanah yang terdapat dalam genangan embung Faut Fane pada patok 1, lokasi bagian hulu embung dengan tingkat permeabilitas tanah 0,0002 cm/det, pada patok 2, lokasi Tengah dengan tingkat permeabilitas tanah 0,0005 cm/det, dan pada patok 3, lokasi Hilir dengan tingkat permeabilitas 0,0001 cm/det. Merupakan Pasir Kelanauan dengan nilai koefisien permeabilitasnya 0,002 – 0,0005 cm/det. Artinya angka tersebut menurut *Setiono,dkk.,2003* pada Bab II Landasan Teori, angka tersebut diklasifikasikan sebagai tanah yang semi lulus air.

Dari hasil kesimpulan setiap pengujian yang dilakukan pada pembahasan diatas, diperoleh hasil berupa faktor yang menyebabkan ketidak mampuan Embung Faut Fane menampung air dipengaruhi oleh faktor material Pasir dengan Kompresibilitas tinggi. Hal tersebut terbukti ketika melakukan Pengujian Permeabilitas Tanah pada tiga titik pengujian, diperoleh hasil bahwa sampel tanah tersebut merupakan Pasir Kelanauan dengan nilai Koefisien permeabilitas 0,002 – 0,0005 cm/det. Angka tersebut diklasifikasikan sebagai tanah yang semi lulus air.

2) Perencanaan Perbaikan Genangan

Perencanaan perbaikan genangan Embung Faut Fane dilakukan setelah mengetahui faktor penyebab ketidak mampuan embung Faut Fane menampung air. Untuk mengatasi kebocoran yang terjadi pada embung dilakukan perencanaan perbaikan genangan. Perencanaan tersebut dilakukan dengan menggunakan bahan Geotekstile dan Geomembrane. Bahan-bahan tersebut dipilih sebagai solusi mengatasi permasalahan karena nilai koefisien Permeabilitas relatif kecil yaitu 10^{-6} atau dapat dikatakan mampu mengatasi kehilangan air hingga 0 %.

Berikut ini merupakan Data dari hasil Analisis untuk Bahan Geotekstile :

Luas Genangan	:	4.389,06 m ²
Tinggi Genangan	:	7 m
Elevasi	:	101 m
Ukuran Geotekstile	:	100 x 4 (1 Roll)
Kebutuhan Geotekstile	:	11 Roll

Berikut ini merupakan Data dari hasil Analisis untuk Bahan Geomembrane :

Luas Genangan	:	4.389,06 m ²
Tinggi Genangan	:	7 m
Elevasi	:	101 m
Ukuran Geotekstile	:	140 x 7 (1 Roll)
Kebutuhan Geotekstile	:	5 Roll

Dari data diatas diketahui bahwa untuk mengatasi permasalahan yang terjadi dalam genangan Embung Faut Fane dilakukan perencanaan perbaikan genangan dengan menggunakan bahan Geotekstil berukuran 100 x 4 (1 Roll) sebanyak 11 Roll dan geomembrane berukuran 140 x 7 (1 Roll) sebanyak 5 Roll pada luasan 4.389,06 m² dengan elevasi 101 m dan tinggi genangan 7 m.

Geotekstil dan Geomembrane juga memiliki Perbedaan. Perbedaan tersebut terletak pada bahan pembuatannya. Geomembrane terbuat dari bahan HDPE yang bersifat kedap air, sedangkan geotekstile terbuat dari bahan kain dan bersifat menyerap air dengan kuat tarik tinggi yang juga berfungsi sebagai penyaring dan pelindung bagi geomembran.