

## BAB VII

# STABILITAS TEBING

### 7.1 TINJAUAN UMUM

Perhitungan stabilitas lereng/tebing digunakan untuk perhitungan keamanan tebing disisi-sisi sungai yang terganggu kestabilannya akibat adanya konstruksi (diversion channel) yang membuat struktur tanahnya berubah. Metode yang akan dipakai adalah dengan metode *Fellinius*.

### 7.2 DATA TANAH

Lapisan tanah terdiri dari 3 lapis, dengan data mekanika tanah hasil penelitan sebagai berikut :

- Lapis 1 :  $\gamma_1 = 1,67 \text{ t/m}^3$

$$\phi_1 = 26^0$$

$$c_1 = 4,00 \text{ t/m}^2$$

- Lapis 2 :  $\gamma_2 = 1,77 \text{ t/m}^3$

$$\phi_2 = 17,50^0$$

$$c_2 = 4,50 \text{ t/m}^2$$

- Lapis 3 :  $\gamma_3 = 2,02 \text{ t/m}^3$

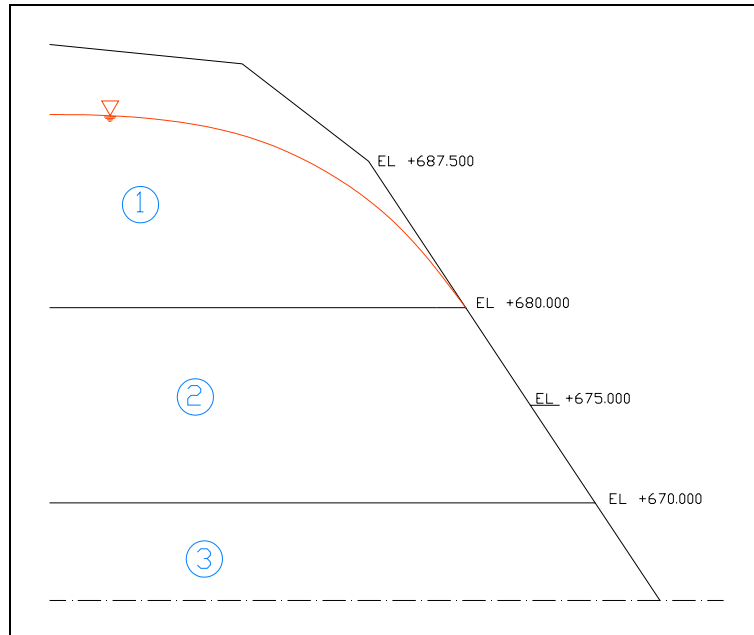
$$\phi_3 = 35^0$$

$$c_3 = 5,00 \text{ t/m}^2$$

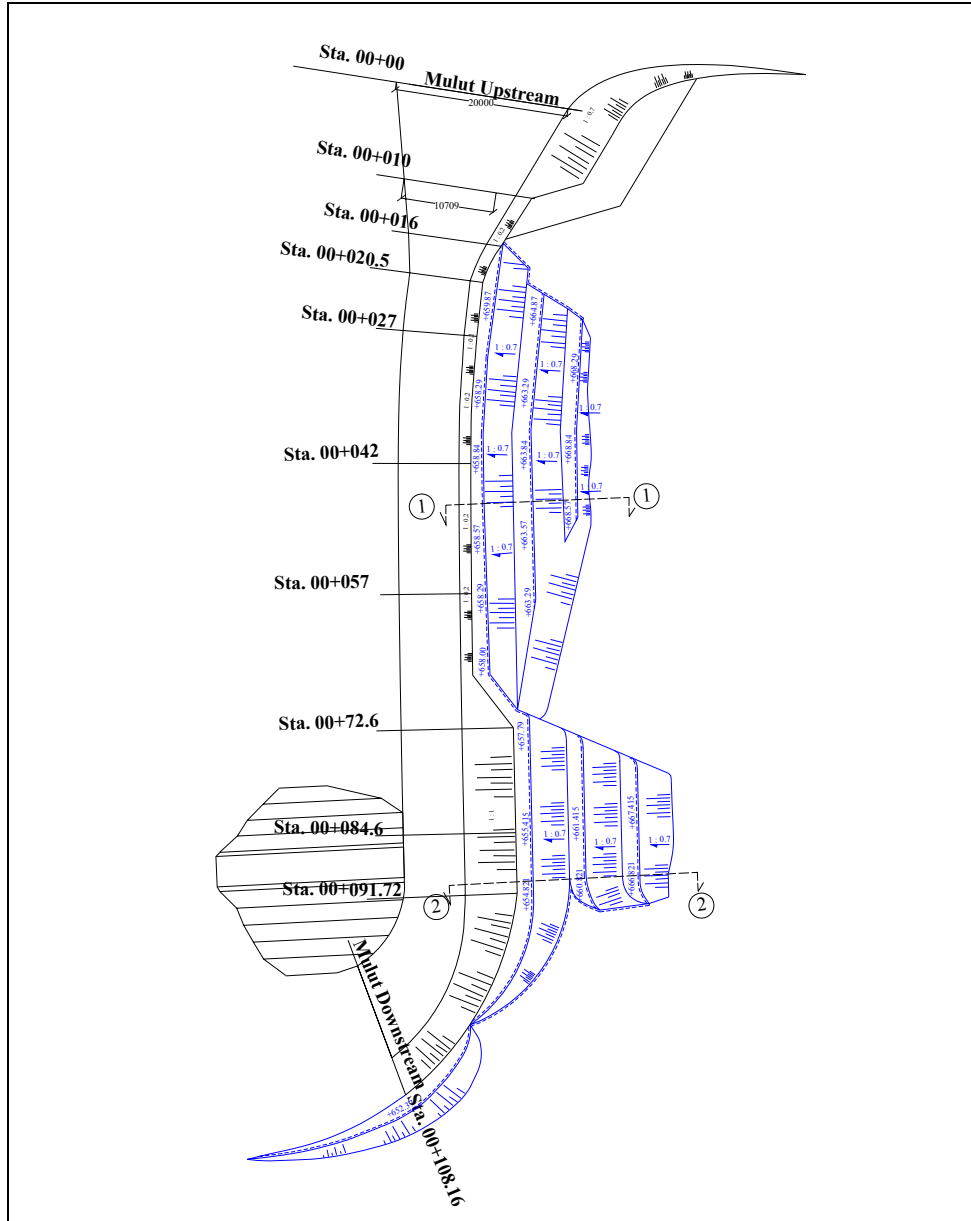
#### Kriteria Desain

- Konstruksi : Pasangan batu kali + Gebalan Rumput
- Kemiringan Tebing rencana : 1 : 1,5
- Debit rencana ( $Q_{10}$ ) : 409,6 m<sup>3</sup>/det

Gambar lapisan tanah di lokasi tebing dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 7.1 Potongan Melintang Lapisan Tanah pada Tebing



Gambar 7.2 Daerah tebing yang ditinjau

### 7.3 PERHITUNGAN STABILITAS

Untuk perhitungan kestabilan tebing, faktor keamanannya digunakan pers. berikut :

$$FS = \frac{\text{Jumlah momen dari tahanan geser sepanjang bidang longsor}}{\text{Jumlah momen dari berat massa tanah yang longsor}}$$

Jumlah momen dari berat massa tanah yang longsor

$$= \frac{\sum Mr}{\sum Md}$$

$$\sum Mr = R \sum_{i=1}^{i=n} (ca_i + N_i \operatorname{tg} \varphi)$$

$$\text{Sehingga faktor keamanan menjadi : } FS = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (ca_i + N_i \operatorname{tg} \varphi)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta}$$

Bila terdapat air pada lereng , maka ada tekanan air pori sehingga persamaannya menjadi :

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} ca_i + (W_i \cos \theta - u_i a_i) \operatorname{tg} \varphi}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta}$$

(Mekanika Tanah 2, Hari Kristiadi Hardianto, hal : 363-364)

$$\begin{aligned} N_i &= W_i \cos \theta - U_i \\ &= W_i \cos \theta - u_i a_i \end{aligned}$$

dimana :

FS = faktor keamanan

C = kohesi tanah (kN/m<sup>2</sup>)

$\varphi$  = sudut geser dalam tanah (derajat)

$a_i$  = panjang lengkung lingkaran pada irisan ke -i (m)

$W_i$  = berat isi tanah ke - i (kN/m<sup>3</sup>)

$u_i$  = tekanan air pori pada irisan ke -i (kN/m<sup>2</sup>)

$\theta_i$  = sudut yang didefinisikan dalam Gambar (derajat)

R = jari - jari lingkaran bidang longsor (m)

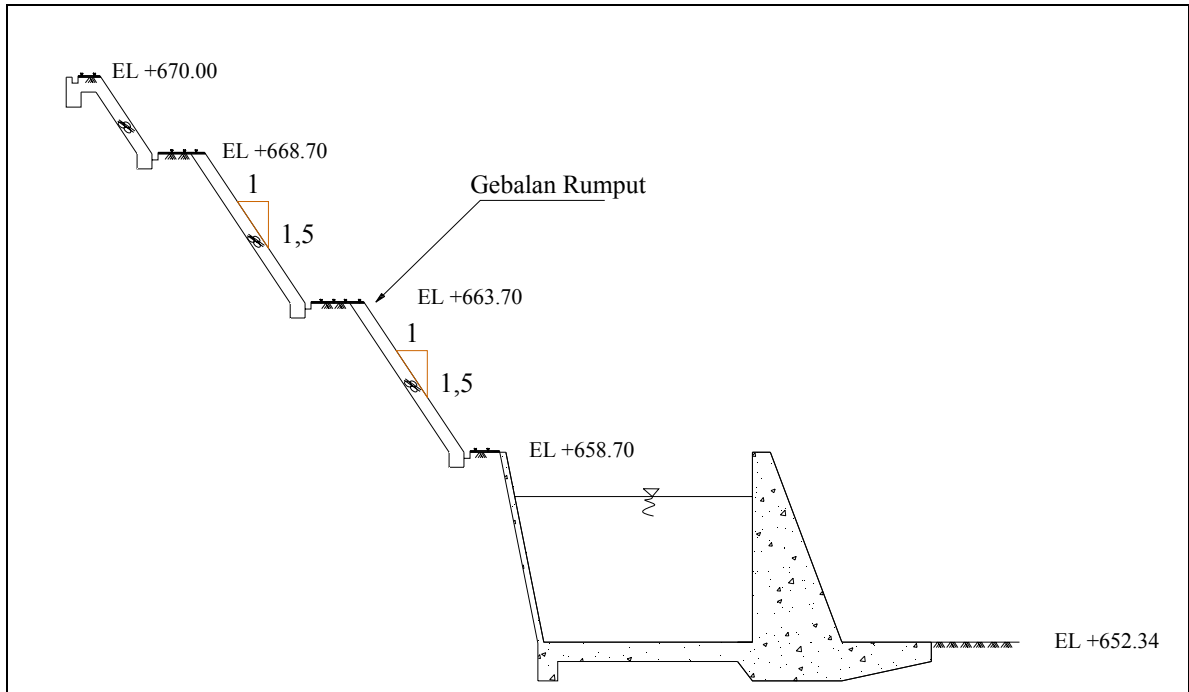
n = jumlah irisan

Jika terdapat gaya - gaya selain berat tanahnya sendiri, seperti beban bangunan di atas lereng, maka momen akibat beban ini diperhitungkan sebagai Md.

Stabilitas Tebing dicek dalam 3 kondisi yaitu :

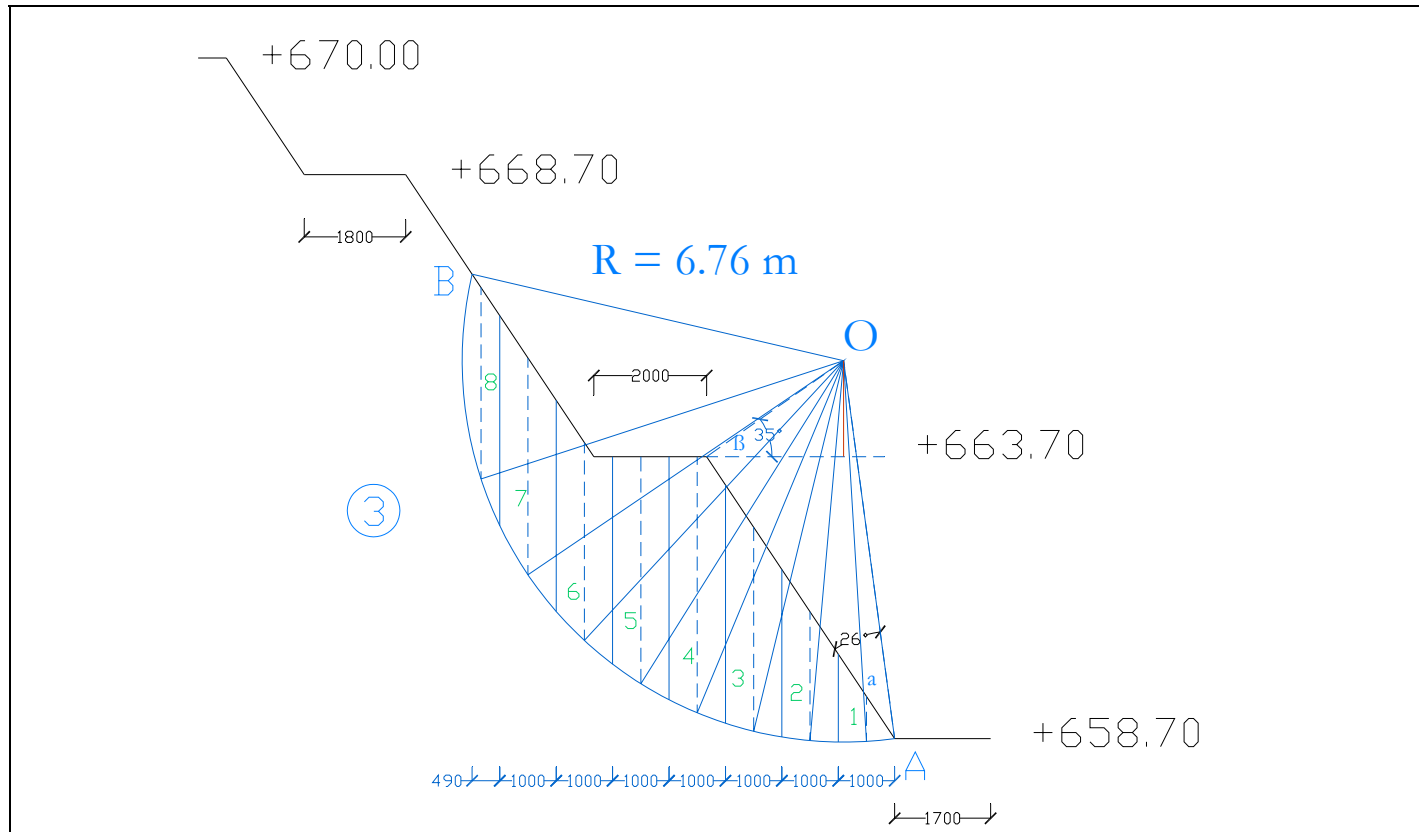
- Normal :  $SF \geq 2,0$
- Saturated :  $SF \geq 1,5$
- Seismic in Saturated :  $SF \geq 1,2$

### 7.3.1 Perhitungan Stabilitas Tebing Daerah Hulu (Pot.1-1)



Gambar 7.3 Stabilitas Lereng daerah Hulu

Pada perhitungan stabilitas lereng pada daerah hulu, perhitungan dibagi menjadi 2 macam, yaitu perhitungan untuk bagian bawah dan bagian atas. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada perhitungan berikut



Gambar 7.4 Metode Fellenius pada Stabilitas Lereng daerah Hulu bag. Bawah

➤ Kondisi Normal

Irisan	Lebar (b) m	Tinggi lap. tanah (h) m	Berat (Wi) t/m	θi	Wi sinθi t/m	Wi cosθi t/m	(Wi cosθi) tanφi t/m
1	1.00	0.80	1.61	-3	-0.08	1.61	1.13
2	1.00	2.28	4.61	5	0.40	4.60	3.22
3	1.00	3.62	7.31	11	1.39	7.18	5.02
4	1.00	4.54	9.18	23	3.59	8.45	5.91
5	1.00	4.03	8.13	32	4.31	6.90	4.83
6	1.00	3.51	7.09	48	5.27	4.74	3.32
7	1.00	3.85	7.77	56	6.44	4.34	3.04
8	0.49	3.40	3.36	72	3.20	1.04	0.73
					24.51		27.20

Panjang AB = 13.076 m  
 Σ ci \* ai = 65.38 t/m

Lapisan 3 : γ = 2.02 t/m3  
 φ = 35°  
 c = 5 t/m2

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (ca_1 + N_i tg \varphi)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta} \geq 2, \text{ aman !!}$$

➤ Kondisi Saturated

Irisan	Lebar (b) m	Tinggi lap. tanah (h) m	Berat (Wi) t/m	θi	Wi sinθi t/m	Wi cosθi t/m	ui t/m <sup>2</sup>	ai m	Ui = ui*ai t/m	Wi cosθi - Ui t/m	
1	1.00	0.80	1.61	-3	-0.08	1.61	0.80	1.00	0.80	0.81	
2	1.00	2.28	4.61	5	0.40	4.60	2.28	1.00	2.28	2.31	
3	1.00	3.62	7.31	11	1.39	7.18	3.62	1.03	3.73	3.45	
4	1.00	4.54	9.18	23	3.59	8.45	4.54	1.09	4.93	3.52	
5	1.00	4.03	8.13	32	4.31	6.90	4.03	1.18	4.77	2.13	
6	1.00	3.51	7.09	48	5.27	4.74	3.51	1.37	4.81	-0.07	
7	1.00	3.85	7.77	56	6.44	4.34	3.85	1.82	7.01	-2.67	
8	0.49	3.40	3.36	72	3.20	1.04	6.76	4.57	30.89	-29.85	
					24.51						-20.38

Panjang AB

= 13.076 m

Σ ci \* ai

= 65.38 t/m

Lapisan 3 :

γ = 2.02 t/m<sup>3</sup>

φ = 35 °

c = 5 t/m<sup>2</sup>

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (ca_1 + N_i tg \varphi)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta}$$

γair = 1 t/m<sup>3</sup>

FS = 2.0853066 ≥ 1.5 , aman !!



➤ Kondisi Seismic in Saturated

Irisan	Lebar (b) m	Tinggi lap. tanah (h) m	Berat (Wi) t/m	θi	T = Wi sinθi t/m	N = Wi cosθi t/m	e	Te = e. N	Ne = e. T	ui t/m2	ai m	Ui = ui*ai t/m	N - Ui t/m
1	1,00	0,80	1,61	-3	-0,08	1,61	0,07	0,11	-0,01	0,80	1,00	0,80	0,81
2	1,00	2,28	4,61	5	0,40	4,60	0,07	0,32	0,03	4,54	1,00	4,54	0,05
3	1,00	3,62	7,31	11	1,39	7,18	0,07	0,50	0,10	4,03	1,03	4,15	3,03
4	1,00	4,54	9,18	23	3,59	8,45	0,07	0,59	0,25	3,51	1,09	3,81	4,64
5	1,00	4,03	8,13	32	4,31	6,90	0,07	0,48	0,30	3,85	1,18	4,55	2,34
6	1,00	3,51	7,09	48	5,27	4,74	0,07	0,33	0,37	3,81	1,37	5,23	-0,48
7	1,00	3,85	7,77	56	6,44	4,34	0,07	0,30	0,45	4,15	1,82	7,56	-3,22
8	0,49	3,40	3,36	72	3,20	1,04	0,07	0,07	0,22	5,77	3,40	19,58	-18,54
					24,51			2,72	1,72				-11,37

Panjang  
AB =  
Σ ci \* ai  
=

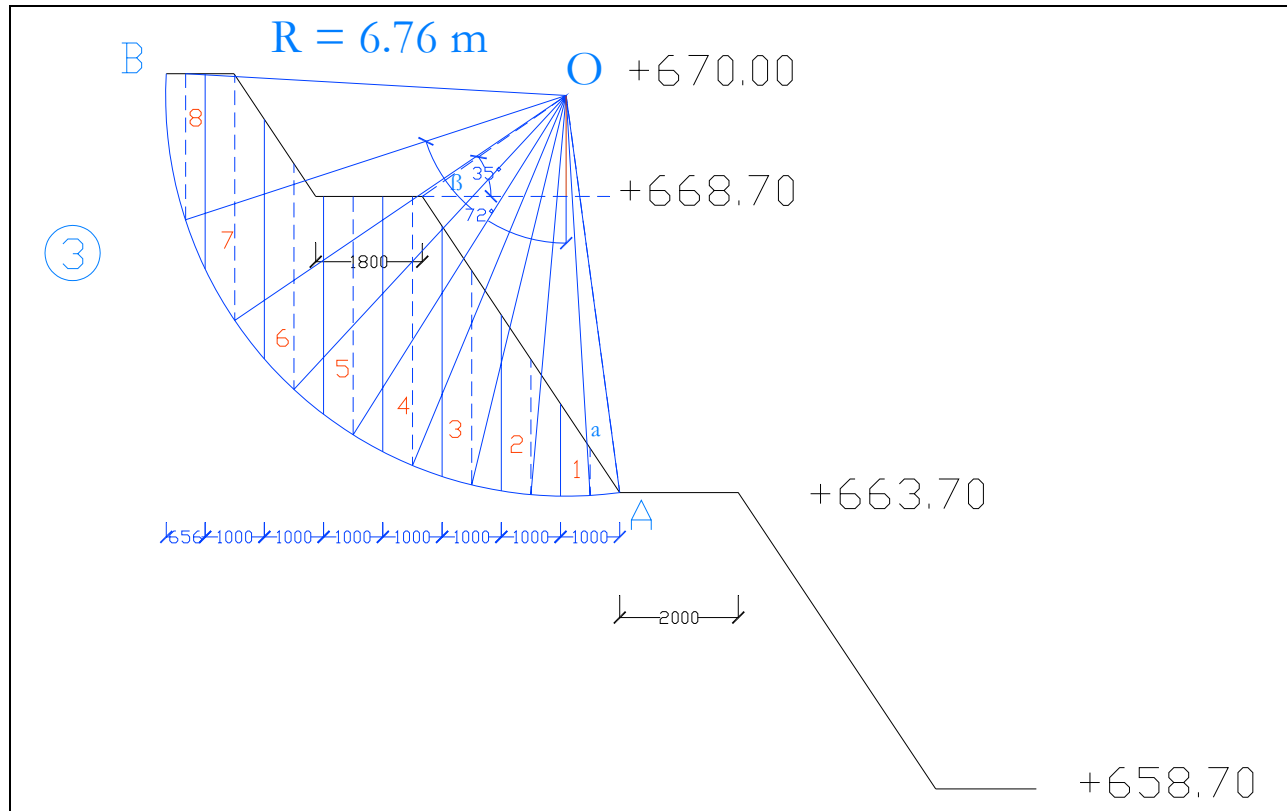
13,076 m  
65,38 t/m

Lapisan 3 : γ = 2,02 t/m3  
φ = 35 °  
c = 5 t/m2

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (ca_i + (N - U_i - Ne)tg\phi)}{\sum_{i=1}^{i=n} (W_i \sin\theta + Te)}$$

γair = 1 t/m3

FS = 2,064588 ≥ 1.2 , aman !!



Gambar 7.5 Metode Fellenius pada Stabilitas Lereng daerah Hulu bag. Atas

➤ Kondisi Normal

Irisan	Lebar (b) m	Tinggi lap. tanah (h) m	Berat (Wi) t/m	θi	Wi sinθi t/m	Wi cosθi t/m	(Wi cosθi) tanφi t/m
1	1.00	0.80	1.61	-3.00	-0.08	1.61	1.13
2	1.00	2.28	4.61	5.00	0.40	4.60	3.22
3	1.00	3.62	7.31	14.00	1.77	7.09	4.97
4	1.00	4.54	9.18	23.00	3.59	8.45	5.91
5	1.00	4.03	8.13	32.00	4.31	6.90	4.83
6	1.00	3.81	7.69	43.00	5.25	5.63	3.94
7	1.00	4.15	8.37	56.00	6.94	4.68	3.28
8	0.66	2.48	3.29	72.00	3.13	1.02	0.71
					9.98		20.06

Panjang AB = 11.898 m  
 Σ ci \* ai = 59.49 t/m

Lapisan 3 : γ = 2.02 t/m3  
 φ = 35 °  
 c = 5 t/m2

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (ca_1 + N_i tg \varphi)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta}$$

FS = 7.969 ≥ 2, aman !!

➤ Kondisi Saturated

Irisan	Lebar (b) m	Tinggi lap. tanah (h) m	Berat (Wi) t/m	$\theta_i$	Wi sin $\theta_i$ t/m	Wi cos $\theta_i$ t/m	ui t/m <sup>2</sup>	ai m	Ui = ui*ai t/m	Wi cos $\theta_i$ - Ui t/m
1	1.000	0.80	1.61	-3.00	-0.08	1.61	0.80	1.00	0.80	0.81
2	1.000	4.54	9.18	5.00	0.80	9.14	4.54	1.00	4.54	4.60
3	1.000	4.03	8.13	14.00	1.97	7.89	4.03	1.03	4.15	3.74
4	1.000	3.51	7.09	23.00	2.77	6.52	3.51	1.09	3.81	2.72
5	1.000	3.85	7.77	32.00	4.12	6.59	3.85	1.18	4.55	2.03
6	1.000	3.81	7.69	43.00	5.25	5.63	3.81	1.37	5.23	0.40
7	1.000	4.15	8.37	56.00	6.94	4.68	4.15	1.82	7.56	-2.88
8	0.656	2.48	3.29	72.00	3.13	1.02	5.77	3.40	19.58	-18.57
					9.57					-7.14

Panjang AB = 11.898 m  
 $\Sigma c_i * a_i = 59.49$  t/m

Lapisan 3 :  $\gamma = 2.02$  t/m<sup>3</sup>  
 $\phi = 35^\circ$   
 $c = 5$  t/m<sup>2</sup>

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (ca_1 + N_i \text{tg } \phi)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta}$$

$\gamma_{air} = 1$  t/m<sup>3</sup>

FS = 5.695  $\geq 1.5$ , aman !!

➤ Kondisi Seismic in Saturated

Irisan	Lebar (b) m	Tinggi lap. tanah (h) m	Berat (Wi) t/m	θi	Wi sinθi t/m	Wi cosθi t/m	e	Te = e. N	Ne = e. T	ui t/m2	ai m	Ui = ui*ai t/m	N - Ui t/m
1	1,00	0,80	1,61	-3,00	-0,08	1,61	0,07	0,11	-0,01	0,80	1,00	0,80	0,81
2	1,00	4,54	9,18	5,00	0,80	9,14	0,07	0,64	0,06	4,54	1,00	4,54	4,60
3	1,00	4,03	8,13	14,00	1,97	7,89	0,07	0,55	0,14	4,03	1,03	4,15	3,74
4	1,00	3,51	7,09	23,00	2,77	6,52	0,07	0,46	0,19	3,51	1,09	3,81	2,72
5	1,00	3,85	7,77	32,00	4,12	6,59	0,07	0,46	0,29	3,85	1,18	4,55	2,03
6	1,00	3,81	7,69	43,00	5,25	5,63	0,07	0,39	0,37	3,81	1,37	5,23	0,40
7	1,00	4,15	8,37	56,00	6,94	4,68	0,07	0,33	0,49	4,15	1,82	7,56	-2,88
8	0,66	2,48	3,29	72,00	3,13	1,02	0,07	0,07	0,22	5,77	3,40	19,58	-18,57
					9,57			3,02	1,74				-7,14

Panjang

AB = 11,898 m

Σ ci\*ai = 59,49 t/m

Lapisan 3 : γ = 2,02 t/m3

φ = 35°

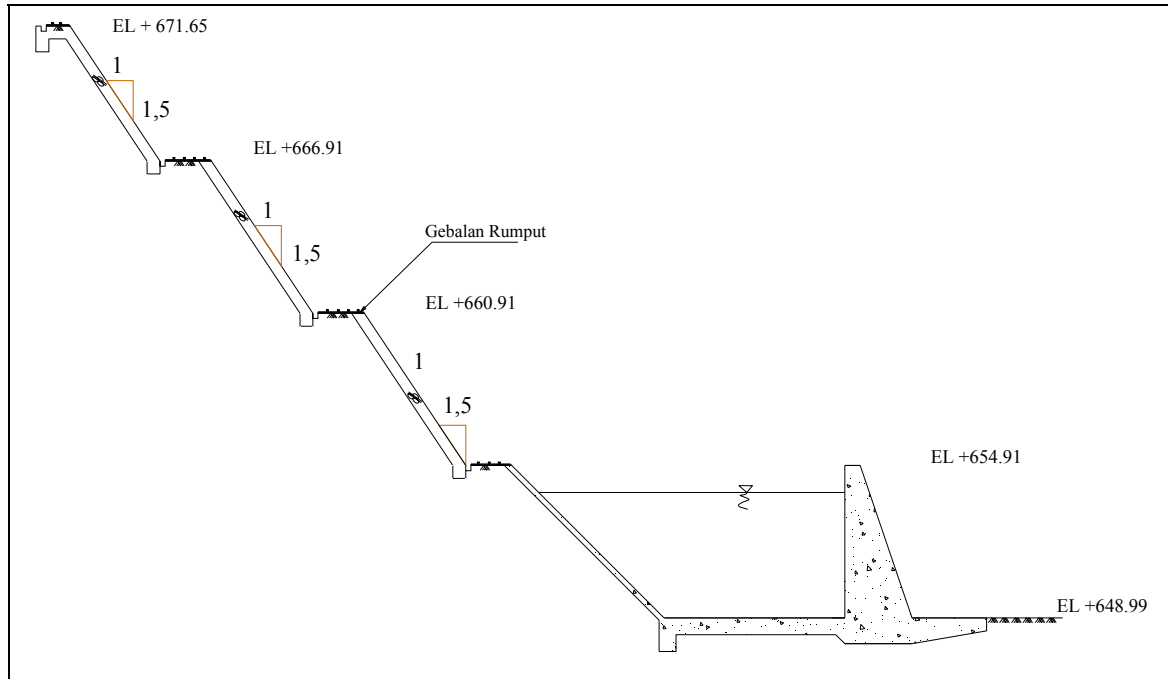
c = 5 t/m2

γair = 1 t/m3

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (ca_1 + N_i tg \varphi)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta}$$

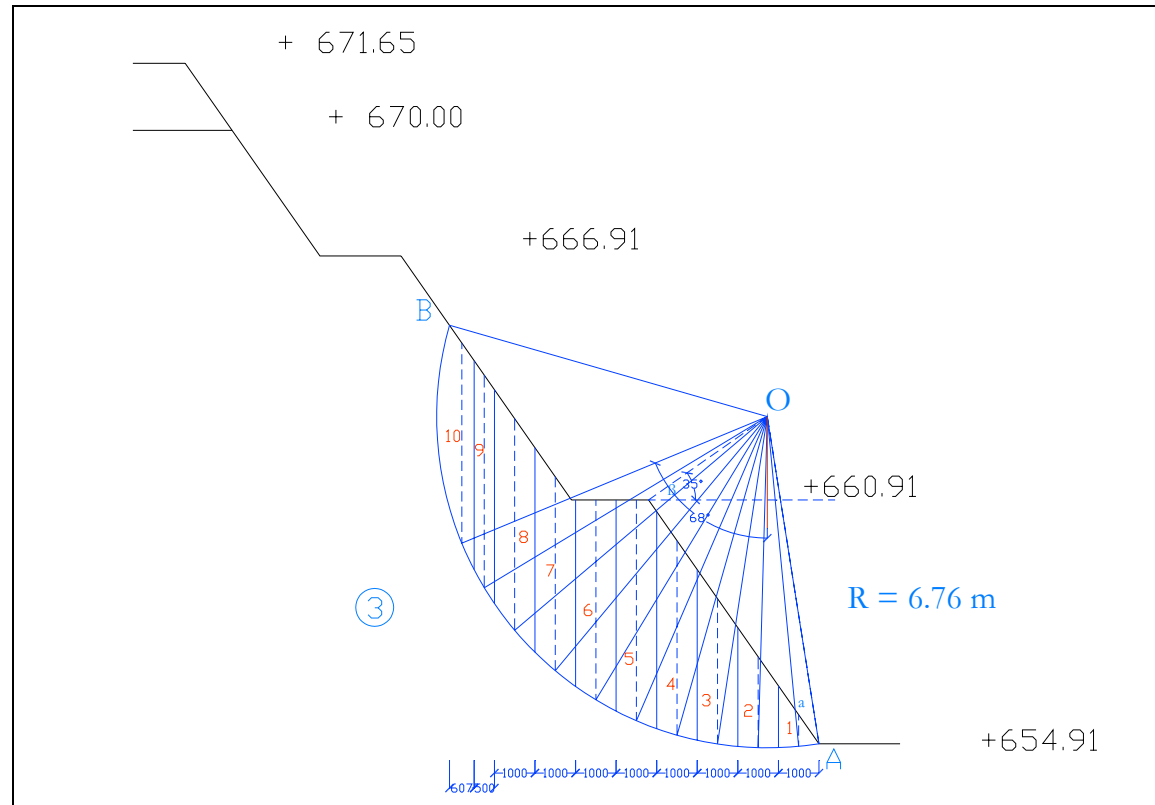
FS = 4,2332968 ≥ 1.2 , aman !!

### 7.3.2 Perhitungan Stabilitas Tebing Daerah Hilir (Pot.2-2)



Gambar 7.6 Stabilitas Lereng daerah Hilir

Pada perhitungan stabilitas lereng pada daerah hulu, perhitungan dibagi menjadi 2 macam, yaitu perhitungan untuk bagian bawah dan bagian atas. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada perhitungan berikut.



Gambar 7.7 Metode Fellenius pada Stabilitas Lereng daerah Hilir bag. Bawah

➤ Kondisi Normal

Irisan	Lebar (b) m	Tinggi lap. tanah (h) m	Berat (Wi) t/m	θi	Wi sinθi t/m	Wi cosθi t/m	(Wi cosθi) tanφi t/m
1	1.00	0.78	1.57	-5	-0.14	1.56	1.09
2	1.00	2.24	4.52	2	0.16	4.52	3.16
3	1.00	3.57	7.21	9	1.13	7.12	4.99
4	1.00	4.79	9.68	16	2.67	9.30	6.51
5	1.00	5.43	10.98	23	4.29	10.10	7.07
6	1.00	4.92	9.93	31	5.12	8.52	5.96
7	1.00	4.77	9.64	40	6.20	7.39	5.17
8	1.00	5.21	10.52	50	8.06	6.76	4.73
9	0.50	5.23	5.29	59	4.53	2.72	1.91
10	0.61	4.93	6.04	68	5.60	2.26	1.59
					37.61		42.20

Panjang AB

= 16.355 m

Σ ci \* ai = 81.775 t/m

Lapisan 3 :

γ = 2.02 t/m<sup>3</sup>

φ = 35 °

c = 5 t/m<sup>2</sup>

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (ca_i + N_i \tan \varphi)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta}$$

FS = 3.29588507 ≥ 2 , aman !!



➤ Kondisi Saturated

Irisan	Lebar (b) m	Tinggi lap. tanah (h) m	Berat (Wi) t/m	θi	Wi sinθi t/m	Wi cosθi t/m	ui t/m2	ai m	Ui = ui*ai t/m	Wi cosθi - Ui t/m	
1	1.00	0.78	1.57	-5	-0.14	1.56	0.78	1.00	0.78	0.79	
2	1.00	2.24	4.52	2	0.16	4.52	2.24	1.00	2.24	2.28	
3	1.00	3.57	7.21	9	1.13	7.12	3.57	1.01	3.61	3.52	
4	1.00	4.79	9.68	16	2.67	9.30	4.79	1.04	4.98	4.32	
5	1.00	5.43	10.98	23	4.29	10.10	5.43	1.09	5.92	4.18	
6	1.00	4.92	9.93	31	5.12	8.52	4.92	1.17	5.75	2.76	
7	1.00	4.77	9.64	40	6.20	7.39	4.77	1.31	6.24	1.15	
8	1.00	5.21	10.52	50	8.06	6.76	5.21	1.56	8.12	-1.36	
9	0.50	5.23	5.29	59	4.53	2.72	5.23	0.97	5.08	-2.35	
10	0.61	4.93	6.04	68	5.60	2.26	4.93	6.19	30.51	-28.25	
					37.61						-12.97

Panjang AB = 16.355 m  
 Σ ci \* ai = 81.775 t/m

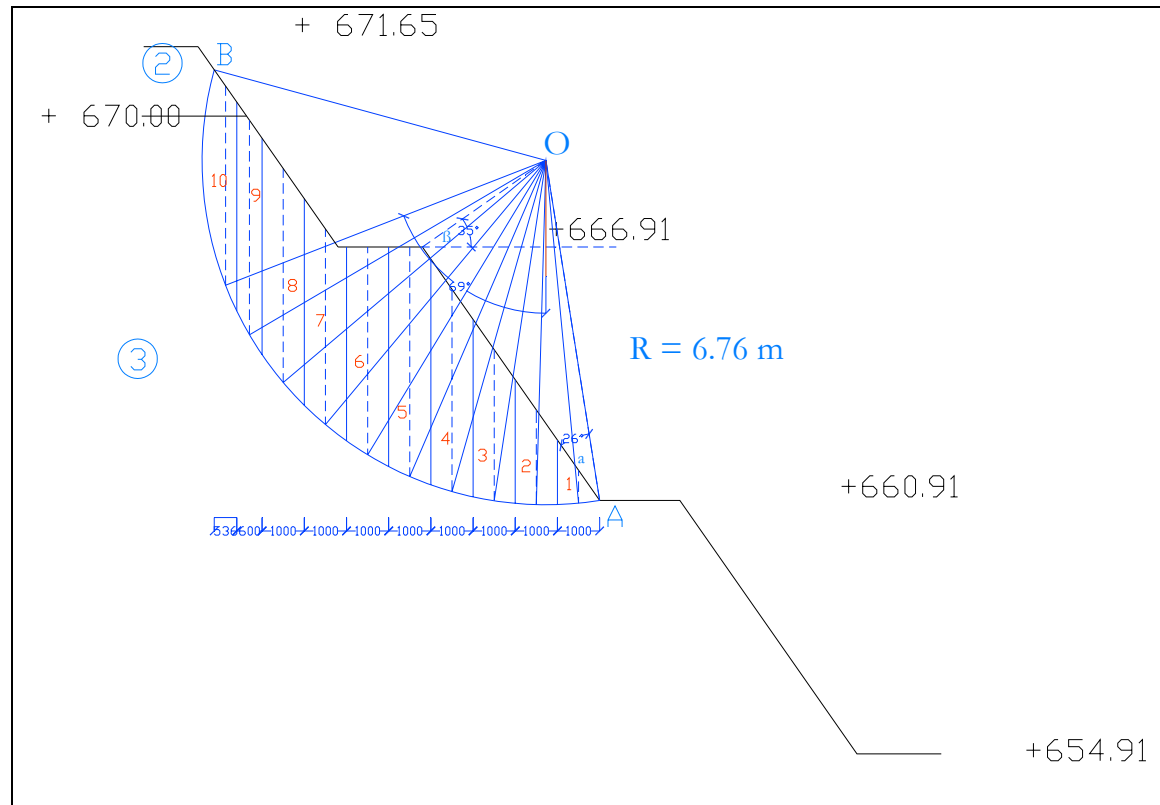
Lapisan 3  
 :  
 γ = 2.02 t/m3  
 φ = 35 °  
 c = 5 t/m2

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (ca_1 + N_i tg \varphi)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta}$$

γ air = 1 t/m3

FS = 1.93262442 ≥ 1.5 , aman !!





Gambar 7.8 Metode Fellenius pada Stabilitas Lereng daerah Hilir bag. Tengah

➤ Kondisi Normal

Irisan	Lebar (b) m	h3 m	h2 m	Berat (Wi) t/m	θi	Wi sinθi t/m	Wi cosθi t/m	(Wi cosθi) tanφi t/m
1	1.00	0.78	0	1.57	-5	-0.14	1.56	1.09
2	1.00	2.24	0	4.52	2	0.16	4.52	3.16
3	1.00	3.57	0	7.21	9	1.13	7.12	4.99
4	1.00	4.79	0	9.68	16	2.67	9.30	6.51
5	1.00	5.43	0	10.98	23	4.29	10.10	7.07
6	1.00	4.92	0	9.93	31	5.12	8.52	5.96
7	1.00	4.77	0	9.64	40	6.20	7.39	5.17
8	1.00	5.21	0	10.52	50	8.06	6.76	4.73
9	0.60	5.23	0	6.34	60	5.49	3.17	2.22
10	0.54	4.01	0.713	5.01	69	4.68	1.80	1.26
						37.65		42.19

Panjang AB = 16.250 m  
 Σ ci \* ai = 81.25 t/m

Lapisan 3 :  
 γ = 2.02 t/m3  
 φ = 35 °  
 c = 5 t/m2

Lapisan 2 :  
 γ = 1.77 t/m3  
 φ = 17.5 °  
 c = 4.5 t/m2

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (ca_1 + N_i \tan \phi)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta}$$

FS = 3.27821436 ≥ 2, aman !!

➤ Kondisi Saturated

Irisan	Lebar (b) m	h3 m	h2 m	Berat (Wi) t/m	θi	Wi sinθi t/m	Wi cosθi t/m	ui t/m <sup>2</sup>	ai m	Ui = ui*ai t/m	Wi cosθi - Ui t/m
1	1.00	0.78	0	1.57	-5	-0.14	1.56	0.78	1.00	0.78	0.79
2	1.00	2.24	0	4.52	2	0.16	4.52	2.24	1.00	2.24	2.28
3	1.00	3.57	0	7.21	9	1.13	7.12	3.57	1.01	3.61	3.52
4	1.00	4.79	0	9.68	16	2.67	9.30	4.79	1.04	4.98	4.32
5	1.00	5.43	0	10.98	23	4.29	10.10	5.43	1.09	5.92	4.18
6	1.00	4.92	0	9.93	31	5.12	8.52	4.92	1.17	5.75	2.76
7	1.00	4.77	0	9.64	40	6.20	7.39	4.77	1.31	6.25	1.13
8	1.00	5.21	0	10.52	50	8.06	6.76	5.21	1.56	8.12	-1.36
9	0.60	5.23	0	6.34	60	5.49	3.17	5.23	1.19	6.23	-3.06
10	0.54	4.01	0.713	5.01	69	4.68	1.80	4.72	5.86	27.65	-25.85
						37.65					-11.29

Panjang AB = 16.250 m  
 Σ ci \* ai = 81.25 t/m

Lapisan 3 :  
 γ = 2.02 t/m<sup>3</sup>  
 φ = 35°  
 c = 5 t/m<sup>2</sup>

Lapisan 2 :  
 γ = 1.77 t/m<sup>3</sup>  
 φ = 17.5°  
 c = 4.5 t/m<sup>2</sup>

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (ca_1 + N_i tg \varphi)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta}$$

FS = 1.94791575 ≥ 1.5 , aman !!

➤ Kondisi Seismic in Saturated

Irisan	Lebar (b) m	h3 m	h2 m	Berat (Wi) t/m	θi	T = Wi sinθi t/m	N = Wi cosθi t/m	e	Te = e. N	Ne = e. T	ui t/m2	ai m	Ui = ui*ai t/m	N - Ui t/m
1	1,00	0,78	0	1,57	-5	-0,14	1,56	0,070	0,109	-0,010	0,78	1,00	0,78	0,79
2	1,00	2,24	0	4,52	2	0,16	4,52	0,070	0,316	0,011	2,24	1,00	2,24	2,28
3	1,00	3,57	0	7,21	9	1,13	7,12	0,070	0,499	0,079	3,57	1,01	3,61	3,52
4	1,00	4,79	0	9,68	16	2,67	9,30	0,070	0,651	0,187	4,79	1,04	4,98	4,32
5	1,00	5,43	0	10,98	23	4,29	10,10	0,070	0,707	0,300	5,43	1,09	5,92	4,18
6	1,00	4,92	0	9,93	31	5,12	8,52	0,070	0,596	0,358	4,92	1,17	5,75	2,76
7	1,00	4,77	0	9,64	40	6,20	7,39	0,070	0,517	0,434	4,77	1,31	6,25	1,13
8	1,00	5,21	0	10,52	50	8,06	6,76	0,070	0,473	0,564	5,21	1,56	8,12	-1,36
9	0,60	5,23	0	6,34	60	5,49	3,17	0,070	0,222	0,385	5,23	1,19	6,23	-3,06
10	0,54	4,01	0,713	5,01	69	4,68	1,80	0,070	0,126	0,328	4,72	5,86	27,65	-25,85
						37,65			4,217	2,636				

Panjang AB

= 13,076 m

Σ ci \* ai = 65,38 t/m

Lapisan 3

: γ = 2,02 t/m3

φ = 35 °

c = 5 t/m2

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (ca_i + (N - U_i - Ne)tg\phi)}{\sum_{i=1}^{i=n} (W_i \sin\theta + Te)}$$

γ w = 1 t/m3

FS = 1,32861393 ≥ 1.2 , aman !!

### 7.3.3 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas Tebing

Tabel 7.1. Rekapitulasi perhitungan stabilitas bendung

#### Potongan 1-1

Kondisi	Bag. Bawah	Bag. Atas	Syarat	Keterangan
Normal	3.777	7.969	$SF \geq 2$	Aman
Saturated	2.085	5.695	$SF \geq 1,5$	Aman
Seismic in Saturated	2.294	5.567	$SF \geq 1,2$	Aman

#### Potongan 2-2

Kondisi	Bag. Bawah	Bag. Atas	Syarat	Keterangan
Normal	3.296	3.278	$SF \geq 2$	Aman
Saturated	1.933	1.948	$SF \geq 1,5$	Aman
Seismic in Saturated	1.448	1.477	$SF \geq 1,2$	Aman

Dari hasil perhitungan diatas maka kondisi tebing dengan kemiringan 1 : 1,5 dapat dikatakan aman untuk berbagai macam kondisi. Namun untukantisipasi, diberikan perkuatan pasangan batu untuk menjamin kelancaran pelaksanaan pekerjaan.

## 7.4 PERENCANAAN KONSTRUKSI PERKUATAN LERENG

Dimensi ketebalan dinding pasangan :

$$b = \frac{W \times h \times c}{2 \times \gamma \times f}$$

Dimana :

b = ketebalan dinding pasangan

W = BJ Tanah

h = tinggi perkuatan lereng

$\gamma$  = BJ pasangan batu = 2,2 t/m<sup>2</sup>

f = koefisien gesek = 0,8

c = koefisien tekanan tanah

$$= \frac{\sin^2(\beta + \phi)}{\sin \beta (\sqrt{\sin \beta} + \sqrt{\sin(\phi + \beta - 90) \sin \phi})^2}$$

Diketahui lapisan tanah sebagai berikut :

▪ Lapis 1 :  $\gamma_1 = 1,67 \text{ t/m}^3$

$$\phi_1 = 26^\circ$$

▪ Lapis 2 :  $\gamma_2 = 1,77 \text{ t/m}^3$

$$\phi_2 = 17,50^\circ$$

▪ Lapis 3 :  $\gamma_3 = 2,02 \text{ t/m}^3$

$$\phi_3 = 35^\circ$$

maka koefisien tekanan tanah masing-masing lapisan adalah sebagai berikut :

➤ Lapisan I :

$$C = \frac{\sin^2(124 + 26)}{\sin 124 (\sqrt{\sin 124} + \sqrt{\sin(26 + 124 - 90) \sin 26})^2} = 0,2743$$

➤ Lapisan II :

$$C = \frac{\sin^2(124 + 17,5)}{\sin 124 (\sqrt{\sin 124} + \sqrt{\sin(17,5 + 124 - 90) \sin 17,5})^2} = 0,4531$$

➤ Lapisan III :

$$C = \frac{\sin^2(124 + 35)}{\sin 124 (\sqrt{\sin 124} + \sqrt{\sin(35 + 124 - 90) \sin 35})^2} = 0,1326$$

Dimensi ketebalan dinding pasangan pada tiap lapisan adalah sebagai berikut:

$$b = \frac{W \times h \times c}{2 \times \gamma \times f}$$

$$b_1 = \frac{1,67 \times 5 \times 0,2743}{2 \times 2,2 \times 0,8} = 0,6507 \text{ m ambil } 70 \text{ cm}$$



$$b_2 = \frac{1,77 \times 5 \times 0,4531}{2 \times 2,2 \times 0,8} = 1,1392 \text{ m ambil 115 cm}$$

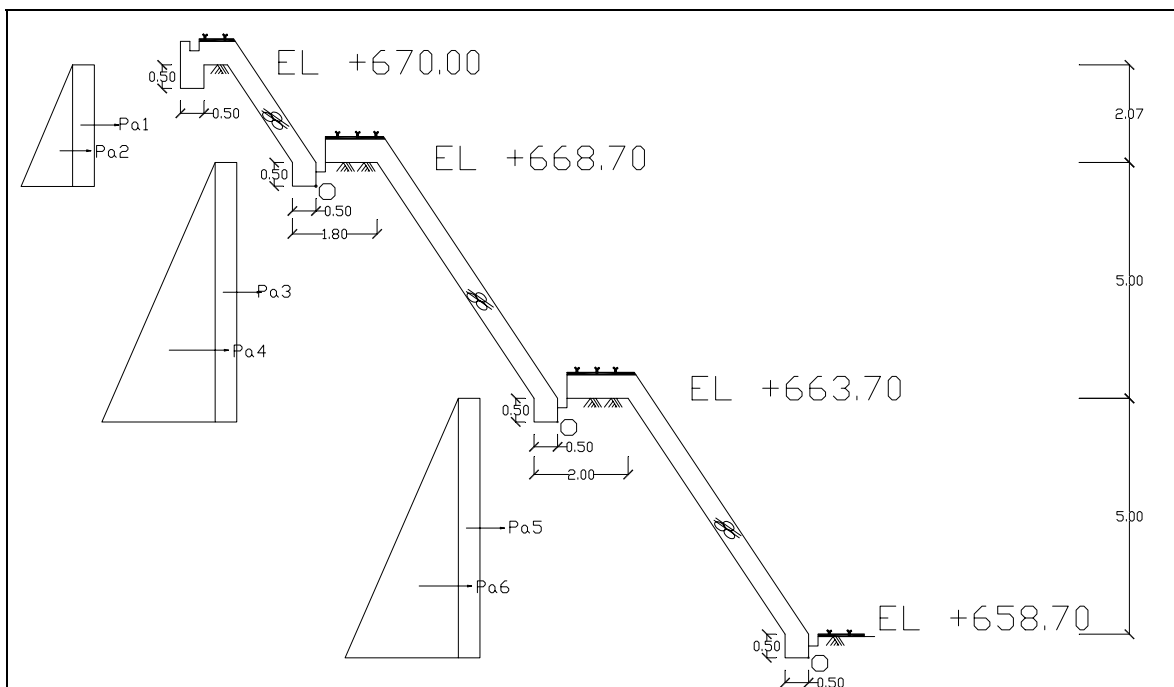
$$b_3 = \frac{2,02 \times 5 \times 0,1326}{2 \times 2,2 \times 0,8} = 0,3805 \text{ m ambil 50 cm}$$

**7.4.1. Analisa Dinding Perkuatan Tebing**

Bahan = Pasangan batu kali

Berat jenis ( $\gamma$ ) = 2,2 t/m<sup>2</sup>

- Perkuatan pada daerah hulu (POTONGAN 1-1)



Gambar 7.9. Penentuan Gaya – gaya Aktif dan Pasif Potongan 1-1

**Perhitungan koefisien tekanan tanah**

$$K_a = \text{tg}^2 \left( 45 - \frac{\theta}{2} \right) = \text{tg}^2 \left( 45 - \frac{35}{2} \right) = 0,271$$

$$K_p = \operatorname{tg}^2 \left( 45 + \frac{\theta}{2} \right) = \operatorname{tg}^2 \left( 45 + \frac{35}{2} \right) = 3,69$$

**Perhitungan tekanan tanah aktif (Pa)**

$$\begin{aligned} \sigma_{a1} &= (q \times K_a) - (2 \times c \times \sqrt{K_a}) \\ &= (2,2 \times 0,271) - (2 \times 0,133 \times \sqrt{0,271}) = 0,458 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{a2} &= K_a \times \gamma_3 \times h_2 \\ &= 0,271 \times 2,02 \times 2,58 = 1,412 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{a3} &= (q \times K_a) - (2 \times 0,1326 \times \sqrt{0,271}) \\ &= (2,2 \times 0,271) - (2 \times 0,133 \times \sqrt{0,271}) = 0,458 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{a4} &= K_a \times \gamma_3 \times h_4 \\ &= 0,271 \times 2,02 \times 5,80 = 3,011 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{a5} &= (q \times K_a) - (2 \times c \times \sqrt{K_a}) = 0,458 \text{ t/m}^2 \\ &= (2,2 \times 0,271) - (2 \times 0,133 \times \sqrt{0,271}) = 0,458 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{a6} &= K_a \times \gamma_3 \times h_6 \\ &= 0,271 \times 2,02 \times 5,80 = 3,011 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa_1 &= \sigma_{a1} \times h_1 \times b \\ &= 0,458 \times 2,58 \times 1 = 1,182 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa_2 &= \sigma_{a2} \times h_2 \times b/2 \\ &= 1,412 \times 2,58 \times 1 / 2 = 1,822 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa_3 &= \sigma_{a3} \times h_3 \times b \\ &= 0,458 \times 5,5 \times 1 = 2,520 \text{ t} \end{aligned}$$

$$Pa_4 = \sigma_{a4} \times h_4 \times b/2$$

$$= 3,011 \times 5,5 \times 1 / 2 = 8,279 \text{ t}$$

$$Pa_5 = \sigma a_5 \times h_5 \times b$$

$$= 0,458 \times 5,5 \times 1 = 2,520 \text{ t}$$

$$Pa_6 = \sigma a_6 \times h_6 \times b/2$$

$$= 3,011 \times 5,50 \times 1 / 2 = 8,279 \text{ t}$$

### Perhitungan tekanan tanah pasif (Pp)

$$\sigma_p = K_p \times \gamma_3 \times h$$

$$= 3,69 \times 2,02 \times 0,5 = 3,73 \text{ t/m}^2$$

$$P_p = \sigma_p \times h \times b$$

$$= 3,73 \times 0,5 \times 1 = 1,86 \text{ t}$$

### Perhitungan Gaya Vertikal Berat Sendiri

A (m <sup>2</sup> )	b (m)	$\gamma$ bt kali t/m <sup>2</sup> )	V (T)
2.16	1.00	2.2	4.75
3.57	1.00	2.2	7.85
3.57	1.00	2.2	7.85

### Penentuan titik berat bangunan

Statis momen terhadap tepi kanan

$$A \times X = \sum A_i \times X_i$$

$$X = \sum A_i \times X_i / A$$

Bagian Atas	bi(m)	hi(m)	Ai (m <sup>2</sup> )	Xi (m)	Ai . Xi (m <sup>3</sup> )
I	0.5	0.5	0.25	0.25	0.0625
II	0.5	2.07	1.3625	1.19	1.621375
III	0.5	0.5	0.25	2.13	0.5325
IV	0.5	1	0.5	2.63	1.315
			2.3625		3.531375

$$X = 1.49 \text{ m}$$

Bagian Tengah	bi(m)	hi(m)	Ai (m <sup>2</sup> )	Xi (m)	Ai . Xi (m <sup>3</sup> )
I	0.5	0.5	0.25	0.25	0.0625
II	0.5	5	3.025	2.17	6.56425
III	1.1	0.5	0.55	4.38	2.409
			3.825		9.03575

$$X = 2.36 \text{ m}$$

Bagian Bawah	bi(m)	hi(m)	Ai (m <sup>2</sup> )	Xi (m)	Ai . Xi (m <sup>3</sup> )
I	0.5	0.5	0.25	0.25	0.0625
II	0.5	5	3.025	2.17	6.56425
III	1.3	0.5	0.65	4.48	2.912
			3.925		9.53875

$$X = 2.43 \text{ m}$$

### Kontrol terhadap Stabilitas Guling

$$Sf_{guling} = \frac{\sum M_v}{\sum M_h} = \frac{(v \times X) + (Pp \times \frac{h}{3})}{\sum (Pa \times x)}$$

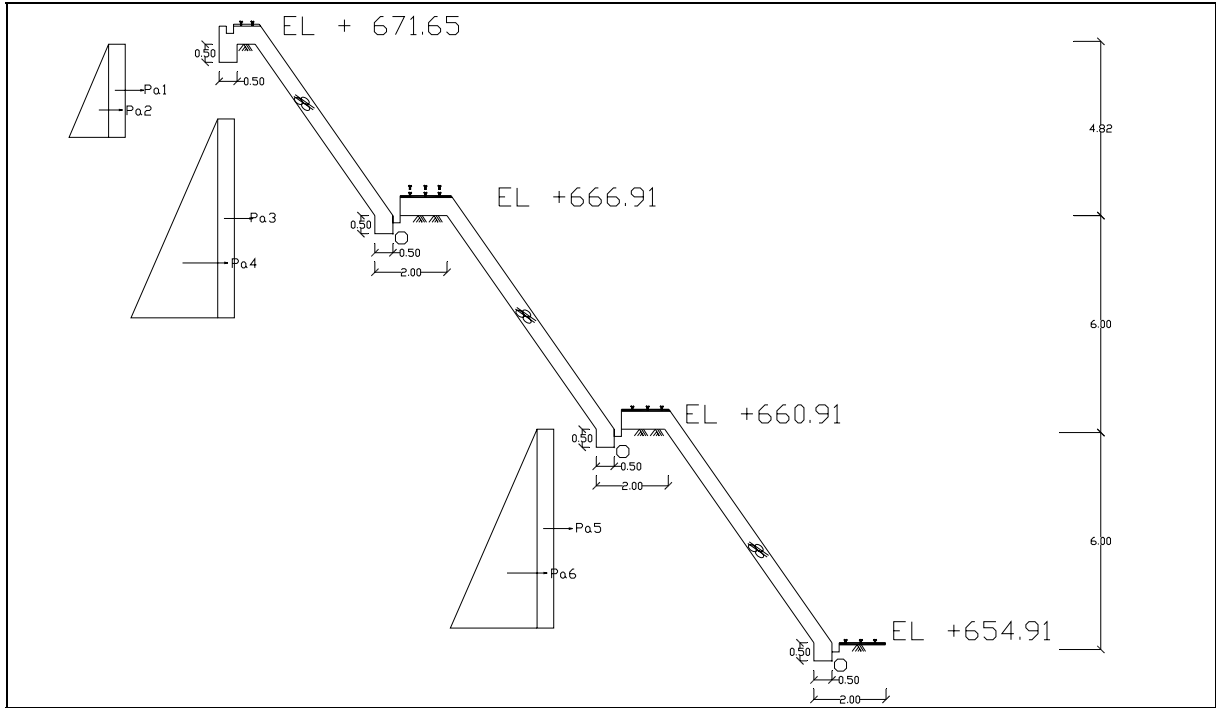
Didapat :

$$Sf_{\text{bangunan Atas}} = 2.50 > 1,5 \rightarrow \text{Aman}$$

$$Sf_{\text{bangunan Bawah}} = 1,85 > 1,5 \rightarrow \text{Aman}$$

$$Sf_{\text{bangunan Tengah}} = 1,88 > 1,5 \rightarrow \text{Aman}$$

➤ Perkuatan pada daerah hilir (POTONGAN 2-2)



Gambar 7.10. Penentuan Gaya – gaya Aktif dan Pasif Potongan 2-2

**Perhitungan koefisien tekanan tanah**

$$K_a = \text{tg}^2 \left( 45 - \frac{\theta}{2} \right) = \text{tg}^2 \left( 45 - \frac{35}{2} \right) = 0,271$$

$$K_p = \text{tg}^2 \left( 45 + \frac{\theta}{2} \right) = \text{tg}^2 \left( 45 + \frac{35}{2} \right) = 3,69$$

**Perhitungan tekanan tanah aktif (Pa)**

$$\begin{aligned} \sigma_{a1} &= (q \times K_a) - (2 \times c \times \sqrt{K_a}) \\ &= (2,2 \times 0,271) - (2 \times 0,133 \times \sqrt{0,271}) = 0,458 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{a2} &= K_a \times \gamma_3 \times h_2 \\ &= 0,271 \times 2,02 \times 5,24 = 2,757 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_3 &= (q \times K_a) - (2 \times c \times \sqrt{K_a}) \\ &= (2,2 \times 0,271) - (2 \times 0,133 \times \sqrt{0,271}) = 0,458 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_4 &= K_a \times \gamma_3 \times h_4 \\ &= 0,271 \times 2,02 \times 6,50 = 3,558 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_5 &= (q \times K_a) - (2 \times c \times \sqrt{K_a}) \\ &= (2,2 \times 0,271) - (2 \times 0,133 \times \sqrt{0,271}) = 0,458 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_6 &= K_a \times \gamma_3 \times h_6 \\ &= 0,271 \times 2,02 \times 6,50 = 3,558 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Pa_1 &= \sigma_{a1} \times h_1 \times b \\ &= 0,458 \times 5,24 \times 1 = 2,40 \text{ t}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Pa_2 &= \sigma_{a2} \times h_2 \times b/2 \\ &= 2,757 \times 5,24 \times 1 / 2 = 7,222 \text{ t}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Pa_3 &= \sigma_{a3} \times h_3 \times b \\ &= 0,458 \times 6,5 \times 1 = 2,978 \text{ t}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Pa_4 &= \sigma_{a4} \times h_4 \times b/2 \\ &= 3,558 \times 6,5 \times 1 / 2 = 11,564 \text{ t}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Pa_5 &= \sigma_{a5} \times h_5 \times b \\ &= 0,458 \times 6,5 \times 1 = 2,978 \text{ t}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Pa_6 &= \sigma_{a6} \times h_6 \times b/2 \\ &= 3,558 \times 6,5 \times 1 / 2 = 11,564 \text{ t}\end{aligned}$$

**Perhitungan tekanan tanah pasif (Pp)**

$$\begin{aligned}\sigma_p &= K_p \times \gamma \times h \\ &= 3,69 \times 2,02 \times 0,5 = 3,73 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_p &= \sigma_p \times h \times b \\ &= 3,73 \times 0,5 \times 1 = 1,86 \text{ t}\end{aligned}$$

**Perhitungan Gaya Vertikal Berat Sendiri**

A (m <sup>2</sup> )	b (m)	$\gamma$ bt kali t/m <sup>2</sup> )	V (T)
3.48	1.00	2.2	7.66
3.97	1.00	2.2	8.73
3.97	1.00	2.2	8.73

**Penentuan titik berat bangunan**

Statis momen terhadap tepi kanan

$$A \times X = \sum A_i \times X_i$$

$$X = \sum A_i \times X_i / A$$

Bagian Atas	bi(m)	hi(m)	Ai (m <sup>2</sup> )	Xi (m)	Ai . Xi (m <sup>3</sup> )
I	0.5	0.5	0.25	0.25	0.0625
II	0.5	4.74	3.0625	2.16	6.615
III	0.5	0.5	0.25	4.07	1.0175
IV	0.5	1	0.5	4.6	2.3
			4.0625		9.995

$$X = 2.46 \text{ m}$$

Bagian Tengah	bi(m)	hi(m)	Ai (m <sup>2</sup> )	Xi (m)	Ai . Xi (m <sup>3</sup> )
I	0.5	0.5	0.25	0.25	0.0625
II	0.5	6	3.7725	2.57	9.695325
III	1.3	0.5	0.65	5.29	3.4385
			4.0225		9.757825

$$X = 2.43 \text{ m}$$

Bagian Bawah	bi(m)	hi(m)	Ai (m <sup>2</sup> )	Xi (m)	Ai . Xi (m <sup>3</sup> )
I	0.5	0.5	0.25	0.25	0.0625
II	0.5	6	3.7725	2.57	9.695325
III	1.3	0.5	0.65	5.29	3.4385
			4.0225		9.757825

$$X = 2.43 \text{ m}$$

### Kontrol terhadap Stabilitas Guling

$$Sf_{guling} = \frac{\sum M_v}{\sum M_h} = \frac{(v \times X) + (Pp \times \frac{h}{3})}{\sum (Pa \times x)}$$

Didapat :

$$Sf \text{ bangunan Atas} = 1,83 > 1,5 \rightarrow \text{Aman}$$

$$Sf \text{ bangunan Bawah} = 1,62 > 1,5 \rightarrow \text{Aman}$$

$$Sf \text{ bangunan Tengah} = 1,62 > 1,5 \rightarrow \text{Aman}$$