

---

---

## BAB VI

### EVALUASI BENDUNG JUWERO

#### 6.1 EVALUASI BENDUNG JUWERO

- Badan Bendung Juwero kondisinya masih baik.
- Pada bagian hilir bendung terjadi *scouring*.
- Pada umumnya bendung masih dapat difungsikan secara optimal.

#### 6.2 EVALUASI KETERSEDIAAN AIR

- Pada saat ini Daerah Irigasi yang ada seluas  $\pm 7.705$  ha, hal ini dikarenakan adanya lahan yang berubah fungsi menjadi pemukiman dan fasilitas umum lainnya.
- Debit yang ada pada bulan Oktober, Juni, Agustus, dan September tidak dapat mencukupi debit yang dibutuhkan untuk mengoncori areal sawah yang ada.

#### 6.3 EVALUASI BANJIR

- Debit banjir rencana yang terjadi pada perhitungan QPMF sebesar  $1.922,906 \text{ m}^3/\text{dt}$ , mengalami penurunan debit sebesar  $177,094 \text{ m}^3/\text{dt}$  dari debit rencana semula sebesar  $2.100 \text{ m}^3/\text{dt}$ .
- Dengan perubahan debit tersebut, maka perlu dilakukan cek stabilitas terhadap bangunan bendung.

#### 6.4 EVALUASI PINTU *INTAKE*

- Pintu *intake* Bodri Kanan dan Bodri Kiri masih dapat difungsikan secara optimal.
- Tidak terjadi kebocoran pada lantai *intake*, sehingga debit yang mengalir pada *intake* dapat terukur.

---

➤ Di dalam perhitungan debit yang melalui pintu pengambilan bendung ditetapkan hal-hal sebagai berikut :

❖ Pintu *Intake* kiri

- Elevasi mercu bendung : + 19,36
- *Intake* Bodri kiri mengalirkan debit sebesar  $(Q_n) = 8,372 \text{ m}^3/\text{dt} \approx 8,38 \text{ m}^3/\text{dt}$  dengan 2 pintu. Setiap pintu mengalirkan  $4,19 \text{ m}^3/\text{dt}$  dengan lebar pintu 2 m.
- Debit untuk pengurasan kantong lumpur ( $Q_p$ ) :

$$\begin{aligned} Q_p &= 1,20 * 4,19 = 5,03 \text{ m}^3/\text{dt} \\ Q_p &= \mu \times a \times b \times \sqrt{2 \times g \times z} \\ &= 0,8 \times 1,76 \times 2 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,15} \\ &= 4,831 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Jadi pintu *intake* kiri tidak dapat melayani debit yang dibutuhkan untuk irigasi.

❖ Pintu *Intake* kanan

- Elevasi mercu bendung : + 19,36
- *Intake* Bodri kanan mengalirkan debit sebesar  $(Q_n) = 6,587 \text{ m}^3/\text{dt} \approx 6,59 \text{ m}^3/\text{dt}$  dengan 3 pintu. Setiap pintu mengalirkan  $2,20 \text{ m}^3/\text{dt}$  dengan lebar pintu 1,40 m.
- Debit untuk pengurasan kantong lumpur ( $Q_p$ ) :

$$Q_p = 1,20 * 2,20 = 2,64 \text{ m}^3/\text{dt}$$

- Koefisien kontraksi di pintu pengambilan ( $\mu$ ) = 0,80
  - Kehilangan tinggi energi pada bukaan antara 0,15 – 0,30 m diambil nilai  $z = 0,15 \text{ m}$
  - Gravitasi /g ( $9,81 \text{ m}/\text{dt}^2$ )
-

- 
- 
- Kapasitas pintu *Intake* Bodri kanan :

$$\begin{aligned} Q_p &= \mu \times a \times b \times \sqrt{2 \times g \times z} \\ &= 0,8 \times 1,76 \times 1,4 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,15} \\ &= 3,382 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

Jadi pintu *intake* kanan masih dapat melayani debit yang dibutuhkan untuk irigasi.

## 6.5 EVALUASI SEDIMEN

- Sedimen di Bendung Juwero berupa kerikil, pasir dan lumpur.
- Terjadi endapan sedimen di hulu bendung hingga mencapai elevasi +19,36 ( puncak mercu ).
- Dengan adanya sedimen yang mengendap di hulu bendung tersebut, maka perlu dilakukan cek stabilitas bangunan bangunan.

## 6.6 EVALUASI STABILITAS BANGUNAN BENDUNG

### 6.6.1 Data Teknis Perencanaan Bendung

Data teknis yang diperlukan untuk mendesain bendung dan bangunan pelengkap adalah sebagai berikut :

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| 1. Panjang sungai                                | = 45 km                        |
| 2. Lebar sungai                                  | = 73,00 m                      |
| 3. Elevasi dasar sungai di hulu                  | = 1.908,00 m                   |
| 4. Elevasi dasar sungai di hilir (dasar bendung) | = 16,00 m                      |
| 5. Kemiringan sungai                             | = 0,0424                       |
| 6. Jumlah bentang                                | = 1 buah                       |
| 7. Lebar bentang                                 | = 65,00 m                      |
| 8. Debit banjir rencana 100 th ( $Q_{100}$ )     | = 1.922,906 m <sup>3</sup> /dt |
| 9. Ruang kontrol                                 | = 1 buah                       |
| 10. Tipe mercu                                   | = Bulat                        |
| 11. Tipe kolam olak                              | = USBR II                      |
- 
-

---

---

### 6.6.2 Perhitungan Lebar Efektif Bendung

Lebar efektif bendung merupakan panjang bendung yang diperhitungkan dalam menentukan debit banjir yang melalui mercu bendung dimana besarnya merupakan pengurangan lebar sungai sesungguhnya dengan jumlah kontraksi yang timbul akibat aliran yang melintasi mercu bendung.

Rumus:

$$Be = B - 2 ( n Kp + Ka ) H_1$$

Di mana:

Be = Lebar efektif bendung (m)

B = Lebar rata-rata sungai = 65 m

n = Jumlah pilar

Kp = Koefisien kontraksi pilar (Untuk pilar dengan ujung bulat)  
= 0,01

Ka = Koefisien kontraksi pangkal bendung (Untuk pangkal tembok segi empat dengan hulu pada 90° ke arah aliran)  
= 0,20

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } Be &= B - 2 ( n \cdot Kp + Ka ) H_1 \\ &= 65 - 2 ( 0 \times 0,01 + 0,20 ) H_1 \\ &= 65 - 0,4 H_1 \end{aligned}$$

### 6.6.3 Elevasi Muka Air Banjir di Atas Mercu

$$\text{Rumus: } Q = cd \cdot \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3} g \cdot Be \cdot H_1^{3/2}}$$

Dimana:

Q = Debit rencana = 1.922,906 m<sup>3</sup>/det

Cd = Koefisien debit (Cd = C<sub>0</sub> . C<sub>1</sub> . C<sub>2</sub>)

Be = Lebar efektif bendung (m)

H<sub>1</sub> = Tinggi energi di hulu (m)

g = Gravitasi ( 9,80 m/dt<sup>2</sup> )

---

---

Perhitungan:

Asumsi:

$$H_1/r \geq 2,5 \rightarrow C_0 = 1,38$$

$$P/H_1 \geq 1,5 \rightarrow C_1 = 0,99$$

$$P/Hd \geq 1,5 \rightarrow C_2 = 0,99$$

$$Cd = C_0.C_1.C_2 = 1,38 \times 0,99 \times 0,99 = 1,3$$

Rumus:

$$Q = C_d \cdot \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3} g} \cdot B_e \cdot H_1^{3/2}$$

$$1.922,906 = 1,3 \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2}{3} \cdot 9,8} \cdot (65 - 0,4 H_1) \cdot H_1^{3/2}$$

$$867,595 = (65 - 0,4 H_1) H_1^{3/2}$$

$$867,595 = 65 H_1^{3/2} - 0,4 H_1^{5/2}$$

**Tabel 6.1 Perhitungan H hulu dengan cara coba-coba**

H	Q Coba-coba
5	704.361
5.5	810.035
5.77	868.912
5.765	867.811

Dengan cara coba-coba didapat  $H_1 = 5,765$  m

Lebar efektif bendung (Be)

$$\begin{aligned} Be &= 65 - 0,4 H_1 \\ &= 65 - 0,4 \cdot 5,765 \\ &= 62,694 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= Be (p + H_1) \\ &= 62,694 (3,36 + 5,765) \\ &= 572,083 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{1.922,906}{572,083} = 3,361 \text{ m/dt}$$

$$\frac{V^2}{2.g} = \frac{3,361^2}{2 \cdot 9,81} = 0,576 \text{ m}$$

$$Hd = H_1 - \frac{V^2}{2g} = 5,765 - 0,576 = 5,189 \text{ m}$$

Jadi elevasi muka air di atas mercu = + 19,36 + 5,189 = +24,549

---

---

---

---

#### 6.6.4 Elevasi Muka Air Banjir di Hilir Bendung

Diketahui:

$$\text{Debit banjir rencana (Q)} = 1.922,906 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\text{Lebar rata-rata sungai} = 70 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan sungai (I)} = 0,0424$$

Rumus Chezy :

$$A = (B + m \times h)h$$

$$V = C \cdot R^{3/2} \cdot I^{1/2}$$

$$C = \frac{87}{\left(I + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}\right)}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$P = B + 2h\sqrt{(1+m^2)}$$

$$m = 1,5$$

$$Q = A \cdot V$$

**Tabel 6.2 Perhitungan H hilir dengan cara coba-coba**

H	A	P	R	C	V	Q
1,500	112,875	78,408	1,440	47,228	16,797	1.895,970
1,510	113,650	78,444	1,449	47,081	16,906	1.921,357
1,515	114,038	78,462	1,453	47,008	16,960	1.934,114
1,511	113,728	78,448	1,450	47,066	16,917	1.923,905

Dengan cara coba-coba didapat

$$h = 1,511 \text{ m}$$

$$A = (73 + 1,5 \cdot 1,511) \cdot 1,511$$

$$= 113,728$$

$$V = Q / A$$

$$= 1.922,906 / 113,728$$

$$= 16,908$$

$$\text{Elev. m. a. di hilir bendung} = +16,00 + 1,511$$

$$= +17,511$$

### 6.6.5 Perhitungan Rembesan

Berdasarkan data penyelidikan tanah maka diketahui

- Berat jenis ( $G_s$ ) = 2,486
- Angka pori ( $e$ ) = 0,64
- Tegangan ijin tanah = 6 kg/cm<sup>2</sup>

Maka untuk menghitung  $C_w$  dengan langkah – langkah sebagai berikut :

$$ie = \frac{G_s - 1}{1 + e} = \frac{2,486 - 1}{1 + 0,64} = 0,906$$

$ie$  = kemiringan hidroulis kritis

Untuk merencanakan kemiringan hidraulic harus memiliki angka keamanan minimum 2 ( sumber Kp-02 ) sebagai berikut :

$$i \leq \frac{ie}{S_f} = \frac{0,906}{4} = 0,227$$

Maka menghitung *Weighted Creep Ratio* ( $C_w$ )

$$\text{Menjadi : } C_w = \frac{1}{i} = \frac{1}{0,227} = 4,415$$

**Tabel 6.3 Hasil Perhitungan Panjang Jalur Rembesan**

Titik	Batas	$L_v$	$L_h/3$	$L_x$	H	$H_x$	$P_x$
A				0.00	0.00	3.36	3.36
	A-B	6					
B				6.00	1.14	9.36	8.22
	B-C		0,25				
C				6.25	1.19	9.36	8.17
	C-D	1					
D				7.25	1.38	8.36	6.98
	D-E		2,93				
E				10.18	1.93	8.36	6.43
	E-F	0,96					
F				11.14	2.12	7.40	5.28
	F-G		9,47				
G				20.61	3.91	7.40	3.49
	G-H	2,5					
H				23.11	4.39	9.90	5.51
	H-I		0,2				
I				23.31	4.43	9.90	5.47
	I-J	4,6					
J				27.91	5.30	5.30	0.00
		15,06	12,85				

---

---

Dari hasil Tabel 6.3 :

$$C_w = \frac{L_v + 1/3H_u}{H_w} = \frac{L_w}{H_w} = \frac{27,91}{5,3} = 5,266$$

Cw desain > Cw ada → 4,415 < 5 ( Tidak Aman)

Serta asumsi panjang lantai hulu sesuai dengan perencanaan dan untuk menghitung ΔH dan P dipakai Cw = 5,266 (Cw desain) serta hasilnya dapat dilihat di atas pada Tabel 6.3.

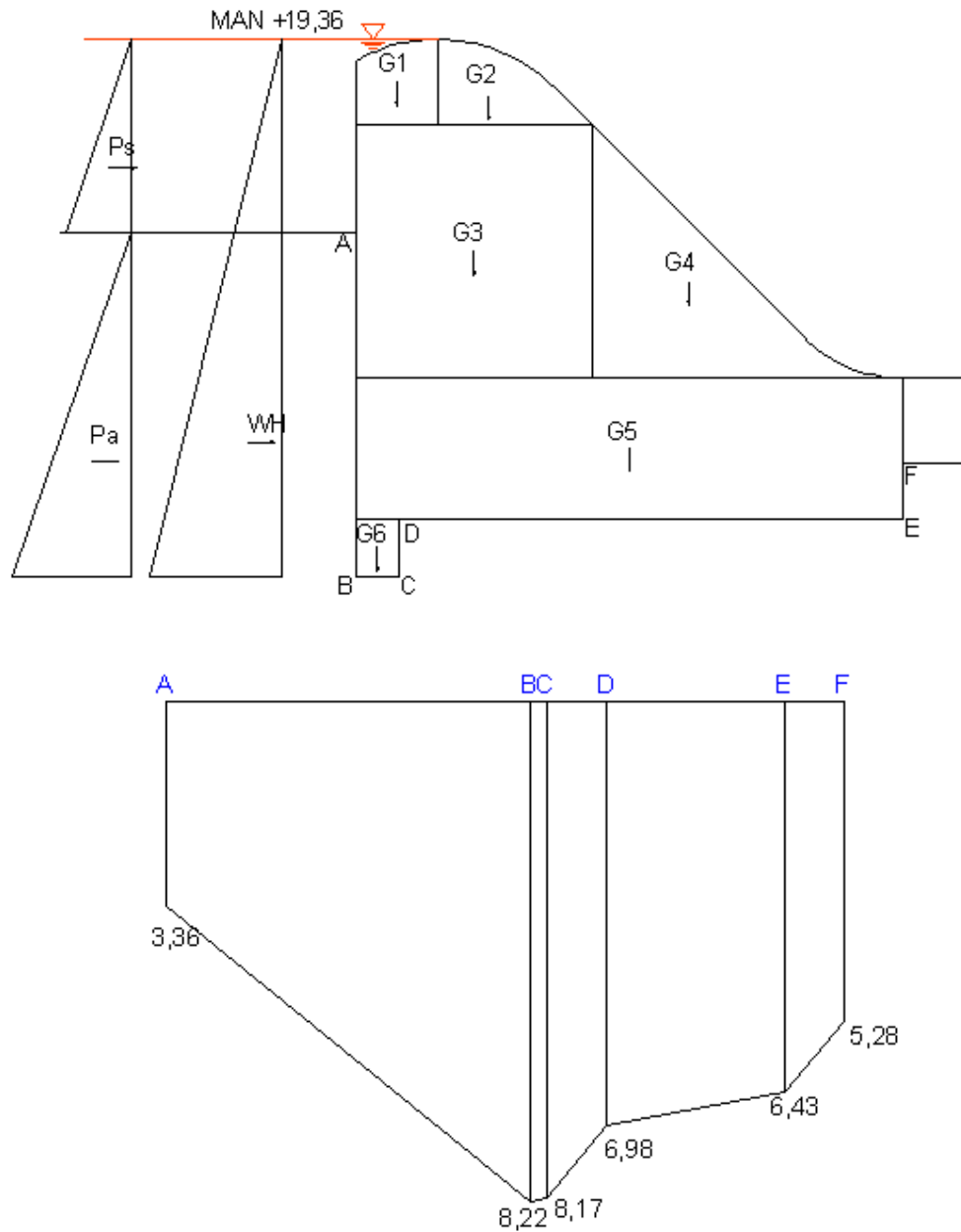


---

---

## 6.6.6 Analisa Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Bendung

### 6.6.6.1 Analisa Stabilitas Pada Kondisi Air Normal



**Gambar 6.1** Gaya-gaya yang bekerja pada kondisi air normal

---



---

**a. Akibat Gaya Angkat**

Tekanan air tanah ( $P_x$ ) dihitung dengan rumus:

$$P_x = (H_x - H) \times \gamma_w$$

$$= \left( H_x - \frac{L_x}{\Sigma L} \times \Delta H \right) \times \gamma_w$$

Di mana:

$\Sigma L$  = Panjang total jalur rembesan (m)  
= 27,91 m

$\Delta H$  = Beda tinggi energi  
= (+19,36) – (+14,06)  
= 5,30 m

$H_x$  = Tinggi energi di hulu bendung pada titik x (m)

Perhitungan panjang jalur rembesan disajikan pada Tabel 6.4 berikut.

**Tabel 6.4 Perhitungan Panjang Jalur Rembesan**

Garis Lane	Panjang Rembesan				$\Delta H$	$H=(L_x/\Sigma L)\Delta H$	$H_x$	$P_x=H_x-H$
	V	H	1/3 H	$L_x$				
2	3	4	5=4/3	6	7	8.00	9	10=9-8
				0	5.3	0.00	3.36	3.36
A-B	6							
				6	5.3	1.14	9.36	8.22
B-C		0.75	0.25					
				6.25	5.3	1.19	9.36	8.17
C-D	1							
				7.25	5.3	1.38	8.36	6.98
D-E		8.79	2.93					
				10.18	5.3	1.93	8.36	6.43
E-F	0.96							
				11.14	5.3	2.12	7.4	5.28
F-G		28.41	9.47					
				20.61	5.3	3.91	7.4	3.49
G-H	2.5							
				23.11	5.3	4.39	9.9	5.51
H-I		0.6	0.2					
				23.31	5.3	4.43	9.9	5.47
I-J	4.6							
				27.91	5.3	5.30	5.3	0.00
	15.06	38.55	12.85					

**Tabel 6.5 Perhitungan Gaya Angkat pada Kondisi Air Normal**

No	Luas x Tekanan (KN)	Gaya Angkat	Jarak	Momen Titik Acuan DO
		(ton)	(m)	(ton.m)
	.(1)	.(2)	.(3)	.(4)
U A-B	PA*6	20.16	2	40.320
	0,5*(PB-PA)*6	14.582	1	14.582
U B-C	0,5*(PB+PC)*0,25	2.049	9.16	18.772
U C-D	PD*1	6.983	0.5	3.492
	0,5*(PC-PD)*1	0.595	0.67	0.399
U D-E	PE*2,93	18.809	4.39	82.573
	0,5*(PD-PE)* 2,93	0.814	2.93	2.386
	Jumlah	63.993		162.523

**b. Akibat Gaya Hidrostatik****Tabel 6.6 Perhitungan Gaya Hidrostatik**

Gaya	Luas x Tekanan	Gaya Vertikal (Ton)	Gaya Horizontal (Ton)	Jarak m	Momen Horizontal (Ton m)	Momen Vertikal (Ton.m)
WHI	0,5*3,36 <sup>2</sup> *1	-	5,645	6,12	34,546	-
	Jumlah		5,645	-	34,546	

**c. Akibat Berat Sendiri Bendung**

Rumus :

$$G = V * \gamma_{pas}$$

Di mana :

$$V = \text{Volume (m}^3\text{)}$$

$$\gamma_{pas} = 2,2 \text{ t/m}^3$$

Dalam perhitungan ini sudah termasuk selimut beton, dengan mengambil berat volume beton sama dengan berat volume pasangan, perhitungan disajikan dalam Tabel 6.7 berikut ini.

**Tabel 6.7 Perhitungan Gaya Akibat Berat Sendiri Bendung**

No	Luas x Tekanan(Ton)	Gaya Vertikal (ton)	Jarak (m)	Momen Vertikal Titik Acuan DO (ton.m)
	.(1)	.(2)	.(3)	.(4)
G1	1,5*1,5*2,2	4,950	8.18	40.491
G2	0,5*1,5*4,17*2,2	6,881	6.79	46.719
G3	5,67*4,4*2,2	54,886	6.10	334.802
G4	0,5*4,4*3,86*2,2	18,682	4.81	89.862
G5	9,53*2,46*2,2	51,576	4.17	215.073
G6	0,75*1*2,2	1,650	8.56	14.124
Jumlah		138,625		741.072

**d. Akibat Gaya Gempa**

$$\text{Rumus : } a_d = n(a_c \times z)^m$$

$$E = a_d/g$$

Di mana :

$a_d$  = percepatan gempa rencana (cm/dt<sup>2</sup>)

$n, m$  = koefisien jenis tanah (1,56 dan 0,89)

$a_c$  = percepatan gempa dasar (periode ulang 100 th = 160 cm/dt<sup>2</sup>)

$g$  = percepatan gravitasi (9,80 m/dt<sup>2</sup>)

$z$  = faktor yang tergantung pada letak geografis (Jawa Tengah  $z = 0,56$ )

$$\text{maka : } a_d = 1,56 \times (160 \times 0,56)^{0,89} = 85,24 \text{ cm/dt}^2$$

$$E = \frac{a_d}{g} \Rightarrow E = \frac{85,24}{980} = 0,086 \approx 0,1$$

Jadi besarnya gaya gempa dihitung menggunakan rumus :

$$K = E \times G$$

Di mana :  $E$  = koefisien gempa = 0,1

$G$  = berat bendung (ton)

$K$  = gaya gempa (ton)

**Tabel 6.8 Perhitungan Gaya Gempa**

Gaya	V (ton)	E(m)	K(ton)	Jarak (m)	Momen(t.m)
K1	4.95	0.1	0.495	7.61	3.767
K2	6.88	0.1	0.688	7.36	5.064
K3	54.89	0.1	5.489	4.22	23.164
K4	18.86	0.1	1.886	3.49	6.582
K5	51.576	0.1	5.158	0.79	4.075
K6	1.65	0.1	0.165	-0.5	-0.083
			13.881		42.568

**e. Gaya akibat Tekanan Tanah**

Berdasarkan data dari penyelidikan tanah dihasilkan parameter tanah berupa :

angka pori (e) = 0,64 , rerata berat jenis (Gs) = 2,48 tegangan ijin = 6 kg/cm<sup>2</sup>, Ø = 15°. Gaya akibat tekanan tanah ada dua macam :

1. Tekanan Tanah Aktif

$$Pa = \frac{1}{2} \gamma_{sub} \cdot Ka H^2$$

$$Ka = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$\gamma_{sub} = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

$$\gamma_{sub} = \left[ \gamma_w \frac{Gs + e}{1 + e} \right] - \gamma_w = \left[ 1 \frac{2,48 + 0,64}{1 + 0,64} \right] - 1 = 0,902 \text{ T/m}^2$$

$$Ka = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{15}{2} \right) = 0,589$$

$$Pa = \frac{1}{2} \gamma_{sub} \cdot Ka H^2 = \frac{1}{2} \times 0,902 \times 0,589 \times 6,54^2 = 11,367 \text{ T/m}^2$$

Besarnya momen akibat tekanan tanah aktif adalah MPa = Pa\*Jarak dari titik DO

$$MPa = 11,367 \times 0,936 = 10,637 \text{ Tm}$$

2. Tekanan Tanah Pasif

$$Pp = \frac{1}{2} \gamma_{sub} \cdot Kp H^2$$

$$Kp = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$\gamma_{\text{sub}} = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

$$\gamma_{\text{sub}} = \left[ \gamma_w \frac{Gs + e}{1 + e} \right] - \gamma_w = \left[ 1 \frac{2,48 + 0,64}{1 + 0,64} \right] - 1 = 0,902 \text{ T/m}^2$$

$$K_p = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{15}{2} \right) = 1,698$$

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma_{\text{sub}} \cdot K_p H^2 = \frac{1}{2} \times 0,902 \times 1,698 \times 1^2 = 0,762 \text{ T/m}^2$$

Besarnya momen akibat tekanan tanah aktif adalah  $M_{Pp} = P_p \cdot \text{Jarak dari titik DO}$

$$M_{Pp} = 0,762 \times 0,667 = 0,508 \text{ Tm.}$$

**Tabel 6.9 Perhitungan Gaya Akibat Tekanan Tanah**

Gaya	Gaya Horizontal	Jarak	Momen Horizontal
Pa	11,367	1	11,367
Pp	-0,762	-0,67	0,511
	10,605		11,878

#### f. Akibat Tekanan Lumpur

$$\text{Rumus: } P_s = \frac{\gamma_s \cdot x h^2}{2} \left[ \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right]$$

Di mana:

$P_s$  = gaya yang terletak pada 2/3 kedalaman dari atas lumpur yang bekerja secara horisontal

$\phi$  = sudut geser dalam =  $15^\circ$

$\gamma_s$  = berat jenis lumpur ( $\text{ton/m}^3$ ) = 1,6  $\text{ton/m}^3$

$h$  = kedalaman lumpur (sedalam tinggi bendung) = 3,36 m

$$\text{Jadi tekanan lumpur besarnya adalah } P_s = \frac{1,6 \times 3,36^2}{2} \left[ \frac{1 - \sin 15}{1 + \sin 15} \right]$$

$$P_s = 5,318 \text{ T/m}^2$$

Besarnya momen akibat lumpur adalah  $M_{P_s} = P_s \cdot \text{Jarak dari titik DO}$

$$M_{P_s} = 5,318 \cdot 6,12 = 32,545 \text{ Tm.}$$

**6.6.6.2 Kontrol Stabilitas Pada Kondisi Air Normal ( dengan memperhitungkan tekanan lumpur )**

**Tabel 6.10 Rekapitulasi Gaya-gaya yang Bekerja Pada Bandung ( dengan memperhitungkan tekanan lumpur )**

No	Gaya yang terjadi	H	V	M. Guling	M. Tahan
		(ton)	(ton)	(t.m)	(t.m)
1	Berat sendiri	-	-138.625	-	-741.072
2	Uplift pressure	-	63.993	162.523	-
3	Gempa	13.881	-	42.568	-
4	Hidrostatik	5.645	-	43.239	-
5	Lumpur	5.318	-	32.545	-
6	Tekanan tanah	10.605	-	11.878	-
Jumlah		35.449	-74.632	130.230	-741.072

**a. Terhadap Guling**

$$\begin{aligned}
 Sf &= \frac{\sum MT}{\sum MG} > 1,5 \\
 &= \frac{741,072}{130,230} > 1,5 \\
 &= 5,69 > 1,5 \dots\dots\dots \text{Aman}
 \end{aligned}$$

Di mana:

Sf = Faktor keamanan

$\sum MT$  = Jumlah momen tahan (Tm)

$\sum MG$  = Jumlah momen guling (Tm)

**b. Terhadap Geser**

$$\begin{aligned}
 Sf &= f \times \frac{\sum RV}{\sum RH} > 1,2 \\
 Sf &= 0,75 \times \frac{74.632}{35,449} > 1,2 \\
 Sf &= 1,579 > 1,2 \dots\dots\dots \text{Aman}
 \end{aligned}$$

---

---

Di mana :

Sf = faktor keamanan

$\Sigma RV$  = total gaya vertikal (ton)

$\Sigma RH$  = total gaya horisontal (ton)

f = koefisien gesekan = 0,75

### c. Terhadap Daya Dukung Tanah

Dari data tanah pada lokasi Bendung Juwero diperoleh :

$\gamma$  = 1,7 ton/m<sup>3</sup>

c = 1,0

$\Phi$  = 15°

Dari grafik Terzaghi diperoleh :

Nc = 15,78

Nq = 6,2

N $\gamma$  = 4

B = 7 m

Rumus daya dukung tanah Terzaghi :

$$\begin{aligned}q_{ult} &= c \cdot N_c + \gamma \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \\ &= 1 \times 15,78 + 1,7 \times 6,2 + 0,5 \times 1,7 \times 7 \times 4 \\ &= 50,12 \text{ ton/m}^2\end{aligned}$$

$$\sigma = \frac{q_{ult}}{Sf} = \frac{50,12}{4} = 12,53 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned}e &= \frac{B}{2} - \frac{\sum MT - \sum MG}{\sum RV} < \frac{B}{6} \\ &= \frac{65}{2} - \frac{741,072 - 130,230}{74,632} < \frac{65}{6}\end{aligned}$$

= 24,32 > 10,83.....Tidak aman

$$\sigma = \frac{RV}{L} \times \left(1 \pm \frac{6 \times e}{L}\right) < \sigma = 12,53 \text{ t/m}^2$$

$$= \frac{74,632}{38,53} \times \left(1 \pm \frac{6 \times 24,32}{38,53}\right) < \sigma = 12,53 \text{ t/m}^2$$

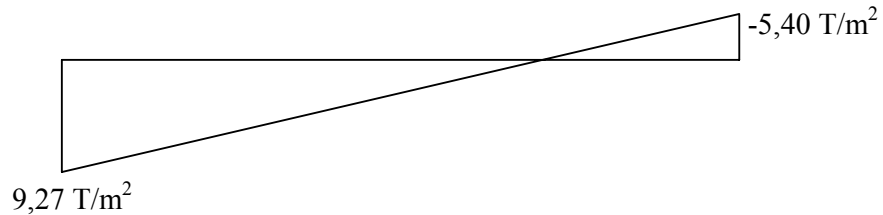
---

---



$$\sigma_{\min} = -5,40 \text{ ton/m}^2 < 12,53 \text{ ton/m}^2 \dots\dots\dots \text{Aman}$$

$$\sigma_{\max} = 9,27 \text{ ton/m}^2 < 12,53 \text{ ton/m}^2 \dots\dots\dots \text{Aman}$$



**6.6.6.3 Kontrol Stabilitas Pada Kondisi Air Normal ( tanpa memperhitungkan tekanan lumpur )**

**Tabel 6.11 Rekapitulasi Gaya-gaya yang Bekerja Pada Bendung ( tanpa memperhitungkan tekanan lumpur )**

No	Gaya yang terjadi	H	V	M. Guling	M. Tahan
		(ton)	(ton)	(t.m)	(t.m)
1	Berat sendiri	-	-138.63	-	-741.072
2	Uplift pressure	-	63.993	162.523	-
3	Gempa	13.881	-	42.568	-
4	Hidrostatik	5.645	-	43.239	-
5	Tekanan tanah	10.605	-	11.878	-
Jumlah		30.131	-74.632	97.685	-741.072

**d. Terhadap Guling**

$$Sf = \frac{\sum MT}{\sum MG} > 1,5$$

$$= \frac{741,072}{97,685} > 1,5$$

$$= 7,586 > 1,5 \dots\dots\dots \text{Aman}$$

Di mana:

Sf = Faktor keamanan

$\sum MT$  = Jumlah momen tahan (Tm)

$\sum MG$  = Jumlah momen guling (Tm)

---

---

**e. Terhadap Geser**

$$Sf = f \times \frac{\sum RV}{\sum RH} > 1,2$$

$$Sf = 0,75 \times \frac{74.632}{30.131} > 1,2$$

$$Sf = 1,858 > 1,2 \dots \dots \dots \text{Aman}$$

Di mana :

Sf = faktor keamanan

$\Sigma RV$  = total gaya vertikal (ton)

$\Sigma RH$  = total gaya horisontal (ton)

f = koefisien gesekan = 0,75

**f. Terhadap Daya Dukung Tanah**

Dari data tanah pada lokasi Bendung Juwero diperoleh :

$$\gamma = 1,7 \text{ ton/m}^3$$

$$c = 1,0$$

$$\Phi = 15^\circ$$

Dari grafik Terzaghi diperoleh :

$$Nc = 15,78$$

$$Nq = 6,2$$

$$N\gamma = 4$$

$$B = 7 \text{ m}$$

Rumus daya dukung tanah Terzaghi :

$$\begin{aligned} q_{ult} &= c \cdot Nc + \gamma \cdot Nq + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N\gamma \\ &= 1 \times 15,78 + 1,7 \times 6,2 + 0,5 \times 1,7 \times 7 \times 4 \\ &= 50,12 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma = \frac{q_{ult}}{Sf} = \frac{50,12}{4} = 12,53 \text{ t/m}^2$$

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum MT - \sum MG}{\sum RV} < \frac{B}{6}$$

---


$$= \frac{65}{2} - \frac{741,072 - 97.685}{74,632} < \frac{65}{6}$$

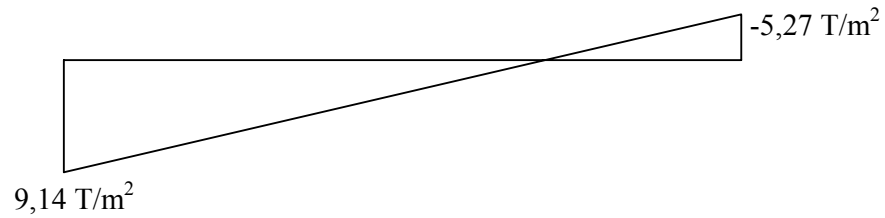
$$= 23,88 > 10,53 \dots\dots\dots \text{Tidak aman}$$

$$\sigma = \frac{RV}{L} \times \left( 1 \pm \frac{6 \times e}{L} \right) < \sigma = 12,53 \text{ t/m}^2$$

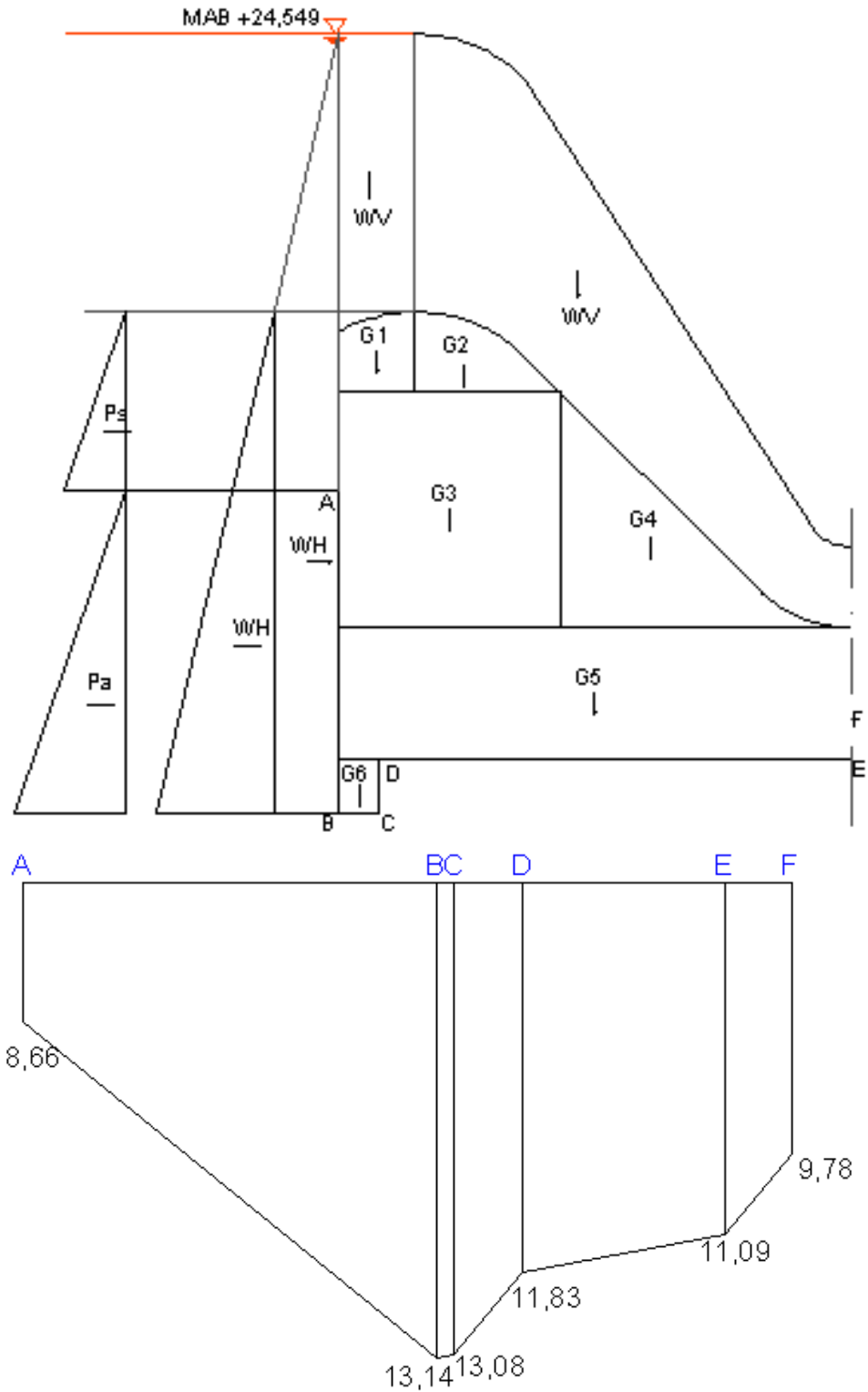
$$= \frac{74,632}{38,53} \times \left( 1 \pm \frac{6 \times 23,88}{38,53} \right) < \sigma = 12,53 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{\min} = -5,27 \text{ ton/m}^2 < 12,53 \text{ ton/m}^2 \dots\dots\dots \text{Aman}$$

$$\sigma_{\text{maks}} = 9,14 \text{ ton/m}^2 < 12,53 \text{ ton/m}^2 \dots\dots\dots \text{Aman}$$



### 6.6.6.4 Analisa Stabilitas Pada Kondisi Air Banjir



Gambar 6.2 Gaya-gaya yang bekerja pada kondisi air banjir

---

---

**a. Akibat Gaya Angkat**

Tekanan air tanah ( $P_x$ ) dihitung dengan rumus:

$$P_x = (H_x - H) \times \gamma_w$$
$$= \left( H_x - \frac{L_x}{\Sigma L} \times \Delta H \right) \times \gamma_w$$

Di mana:

$\Sigma L$  = Panjang total jalur rembesan (m)  
= 27,91 m

$\Delta H$  = Beda tinggi energi  
= (+24,549) – (+17,511) = 7,038 m

$H_x$  = Tinggi energi di hulu bendung pada titik x (m)

Perhitungan panjang jalur rembesan disajikan pada Tabel 6.11 berikut.

**Tabel 6.12 Perhitungan Panjang Jalur Rembesan**

Titik	Batas	$L_v$	$L_h/3$	$L_x$	H	$H_x$	$P_x$
A				0	0	8.657	8.657
	A-B	6					
B				6	1.513	14.657	13.144
	B-C		0,25				
C				6,25	1.576	14.657	13.081
	C-D	1					
D				7,25	1.828	13.657	11.829
	D-E		2,93				
E				10,18	2.567	13.657	11.090
	E-F	0,96					
F				11,14	2.809	12.589	9.780
	F-G		9,47				
G				20,61	5.197	12.589	7.392
	G-H	2,5					
H				23,11	5.828	15.089	9.261
	H-I		0,2				
I				23,31	5.878	15.089	9.211
	I-J	4,6					
J				27,91	7.038	7.038	0.000
		15,06	12,85				

**Tabel 6.13 Perhitungan Gaya Angkat pada Kondisi Air Banjir**

No	Luas x Tekanan (KN)	Gaya Angkat (ton)	Jarak (m)	Momen Titik Acuan DO (ton.m)
	.(1)	.(2)	.(3)	.(4)
U A-B	PA*6	51.942	2.00	103.884
	0,5*(PB-PA)*6	13.461	1.00	13.461
U B-C	0,5*(PB+PC)*0,25	3.278	9.16	30.026
U C-D	PD*1	11.829	0.50	5.915
	0,5*(PC-PD)*1	0.626	0.67	0.419
U D-E	PE*2,93	32.457	4.39	142.485
	0,5*(PD-PE)* 2,93	1.081	2.93	3.168
	Jumlah	114.674		299.358

**b. Akibat Gaya Hidrostatik**

**Tabel 6.14 Perhitungan Gaya Hidrostatik**

Gaya	Luas x Tekanan	Gaya Vertikal (Ton)	Gaya Horizontal (Ton)	Jarak m	Momen Horizontal (Ton m)	Momen Vertikal (Ton.m)
WHI	0,5*3,36 <sup>2</sup> *1	-	5.645	6.12	34.547	-
WH2	5,189*3,36*1		17.435	6.68	116.466	
WV1	1,5*5,189*1	7.784		9.03		70.290
WV2	0.5*(5,189+1,641)*9,96*1	34.117		2.99		102.010
	Jumlah	41.901	23.08		151.013	172.299

**c. Akibat Berat Sendiri Bendung**

Rumus :

$$G = V * \gamma_{pas}$$

Di mana :

$$V = \text{Volume (m}^3\text{)}$$

$$\gamma_{pas} = 2,2 \text{ t/m}^3$$

Dalam perhitungan ini sudah termasuk selimut beton, dengan mengambil berat volume beton sama dengan berat volume pasangan, perhitungan disajikan dalam Tabel 6.15 berikut ini

**Tabel 6.15 Perhitungan Gaya Akibat Berat Sendiri Bendung**

No	Luas x Tekanan(Ton)	Gaya Vertikal (ton)	Jarak (m)	Momen Vertikal Titik Acuan DO (ton.m)
	.(1)	.(2)	.(3)	.(4)
G1	1,5*1,5*2,2	4,950	8,18	40,491
G2	0,5*1,5*4,17*2,2	6,881	6,79	46,719
G3	5,67*4,4*2,2	54,886	6,10	334,802
G4	0,5*4,4*3,86*2,2	18,682	4,81	89,862
G5	9,53*2,46*2,2	51,576	4,17	215,073
G6	0,75*1*2,2	1,650	8,56	14,124
Jumlah		138,625		741,072

**d. Akibat Gaya Gempa**

$$\text{Rumus : } a_d = n(a_c \times z)^m$$

$$E = a_d/g$$

Di mana :

$a_d$  = percepatan gempa rencana ( $\text{cm}/\text{dt}^2$ )

$n, m$  = koefisien jenis tanah (1,56 dan 0,89)

$a_c$  = percepatan gempa dasar (periode ulang 100 th =  $160 \text{ cm}/\text{dt}^2$ )

$g$  = percepatan gravitasi ( $9,80 \text{ m}/\text{dt}^2$ )

$z$  = faktor yang tergantung pada letak geografis (Jawa Tengah  $z = 0,56$ )

$$\text{maka : } a_d = 1,56 \times (160 \times 0,56)^{0,89} = 85,24 \text{ cm}/\text{dt}^2$$

$$E = \frac{a_d}{g} \Rightarrow E = \frac{85,24}{980} = 0,086 \approx 0,1$$

Jadi besarnya gaya gempa dihitung menggunakan rumus :

$$K = E \times G$$

Di mana :  $E$  = koefisien gempa = 0,1

$G$  = berat bendung (ton)

$K$  = gaya gempa (ton)

**Tabel 6.16 Perhitungan Gaya Gempa**

Gaya	V (ton)	E(m)	K(ton)	Jarak (m)	Momen(t.m)
K1	4.95	0.1	0.495	7.61	3.767
K2	6.88	0.1	0.688	7.36	5.064
K3	54.89	0.1	5.489	4.22	23.164
K4	18.86	0.1	1.886	3.49	6.582
K5	51.576	0.1	5.158	0.79	4.075
K6	1.65	0.1	0.165	-0.5	-0.083
			13.881		42.568

**e. Gaya akibat Tekanan Tanah**

Berdasarkan data dari penyelidikan tanah dihasilkan parameter tanah berupa :

angka pori (e) = 0,64 , rerata berat jenis (Gs) = 2,48 tegangan ijin = 6 kg/cm<sup>2</sup>, Ø = 15°. Gaya akibat tekanan tanah ada dua macam :

1. Tekanan Tanah Aktif

$$Pa = \frac{1}{2} \gamma_{sub} \cdot Ka H^2$$

$$Ka = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$\gamma_{sub} = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

$$\gamma_{sub} = \left[ \gamma_w \frac{Gs + e}{1 + e} \right] - \gamma_w = \left[ 1 \frac{2,48 + 0,64}{1 + 0,64} \right] - 1 = 0,902 \text{ T/m}^2$$

$$Ka = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{15}{2} \right) = 0,589$$

$$Pa = \frac{1}{2} \gamma_{sub} \cdot Ka H^2 = \frac{1}{2} \times 0,902 \times 0,589 \times 6,54^2 = 11,367 \text{ T/m}^2$$

Besarnya momen akibat tekanan tanah aktif adalah MPa = Pa\*Jarak dari titik DO

$$MPa = 11,367 \times 0,936 = 10,637 \text{ Tm}$$

2. Tekanan Tanah Pasif

$$Pp = \frac{1}{2} \gamma_{sub} \cdot Kp H^2$$

$$Kp = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$\gamma_{sub} = \gamma_{sat} - \gamma_w$$



$$\gamma_{\text{sub}} = \left[ \gamma_w \frac{Gs + e}{1 + e} \right] - \gamma_w = \left[ 1 \frac{2,48 + 0,64}{1 + 0,64} \right] - 1 = 0,902 \text{ T/m}^2$$

$$K_p = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{15}{2} \right) = 1,698$$

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma_{\text{sub}} \cdot K_p H^2 = \frac{1}{2} \times 0,902 \times 1,698 \times 1^2 = 0,762 \text{ T/m}^2$$

Besarnya momen akibat tekanan tanah aktif adalah  $M_{Pp} = P_p \cdot \text{Jarak}$  dari titik DO

$$M_{Pp} = 0,762 \times 0,667 = 0,508 \text{ Tm.}$$

**Tabel 6.17 Perhitungan Gaya Akibat Tekanan Tanah**

Gaya	Gaya Horizontal	Jarak	Momen Horizontal
Pa	11,367	1	11,367
Pp	-0,762	-0,67	0,511
	10,605		11,878

**f. Akibat Tekanan Lumpur**

$$\text{Rumus: } P_s = \frac{\gamma_s x h^2}{2} \left[ \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right]$$

Di mana:

$P_s$  = gaya yang terletak pada 2/3 kedalaman dari atas lumpur yang bekerja secara horizontal

$\phi$  = sudut geser dalam =  $15^\circ$

$\gamma_s$  = berat jenis lumpur (ton/m<sup>3</sup>) = 1,6 ton/m<sup>3</sup>

$h$  = kedalaman lumpur (sedalam tinggi bendung) = 3,36 m

$$\text{Jadi tekanan lumpur besarnya adalah } P_s = \frac{1,6 \times 3,36^2}{2} \left[ \frac{1 - \sin 15}{1 + \sin 15} \right]$$

$$P_s = 5,318 \text{ T/m}^2$$

Besarnya momen akibat lumpur adalah  $M_{P_s} = P_s \cdot \text{Jarak}$  dari titik DO

$$M_{P_s} = 5,318 \times 6,12 = 32,545 \text{ Tm.}$$

**6.6.6.5 Kontrol Stabilitas Pada Kondisi Air Banjir ( dengan memperhitungkan tekanan lumpur )**

**Tabel 6.18 Rekapitulasi Gaya-gaya yang Bekerja Pada Bendung**

No	Gaya yang terjadi	H	V	M.G	M.T
		(ton)	(ton)	(t.m)	(t.m)
1	Berat sendiri	-	-138.625	-	-741.072
2	Uplift pressure	-	114.674	299.358	-
3	Gempa	13.881	-	42.568	-
4	Hidrostatik (WH)	23.08	-	151.013	-
5	Hidrostatik (WV)	-	-41.901	-	-172.299
6	Lumpur	5.318	-	32.545	-
7	Tekanan tanah	10.605	-	11.878	-
jumlah		52.884	-65.852	537.362	-913.371

**a. Terhadap Guling**

$$Sf = \frac{\sum MT}{\sum MG} > 1,5$$

$$= \frac{913,371}{537,362} > 1,5$$

$$= 1,7 > 1,5 \dots\dots\dots \text{Aman}$$

Di mana:

- Sf = Faktor keamanan
- $\sum MT$  = Jumlah momen tahan (Tm)
- $\sum MG$  = Jumlah momen guling (Tm)

**b. Terhadap Geser**

$$Sf = f \times \frac{\sum RV}{\sum RH} > 1,2$$

$$Sf = 0,75 \times \frac{65,852}{52,884} > 1,2$$

$$Sf = 0,934 > 1,2 \dots\dots\dots \text{Tidak aman}$$

Di mana :

- Sf = faktor keamanan
- $\sum RV$  = total gaya vertikal (ton)

---

---

$\Sigma RH$  = total gaya horisontal (ton)

$f$  = koefisien gesekan = 0,75

Dari data tanah pada lokasi Bendung Juwero diperoleh :

$\gamma$  = 1,7 ton/m<sup>3</sup>

$c$  = 1,0

$\Phi$  = 15°

Dari grafik Terzaghi diperoleh :

$N_c$  = 15,78

$N_q$  = 6,2

$N_\gamma$  = 4

$B$  = 7 m

Rumus daya dukung tanah Terzaghi :

$$\begin{aligned} q_{ult} &= c \cdot N_c + \gamma \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \\ &= 1 \times 15,78 + 1,7 \times 6,2 + 0,5 \times 1,7 \times 7 \times 4 \\ &= 50,12 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

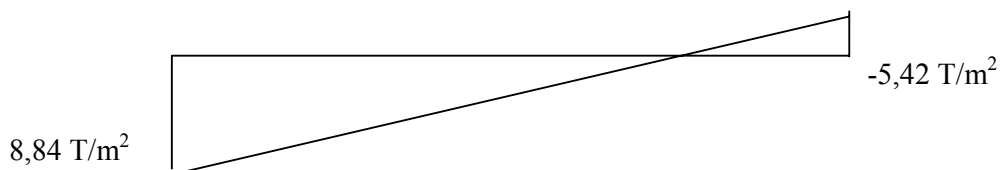
$$\sigma = \frac{q_{ult}}{Sf} = \frac{50,12}{4} = 12,53 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} e &= \frac{B}{2} - \frac{\sum MT - \sum MG}{\sum RV} < \frac{B}{6} \\ &= \frac{65}{2} - \frac{913,371 - 537,362}{65,852} < \frac{65}{6} \\ &= 26,79 > 10,83 \dots \dots \dots \text{Tidak aman} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{RV}{L} \times \left( 1 \pm \frac{6 \times e}{L} \right) < \sigma = 12,53 \text{ t/m}^2 \\ &= \frac{65,852}{38,53} \times \left( 1 \pm \frac{6 \times 26,79}{38,53} \right) < \sigma = 12,53 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma_{\min} = -5,42 \text{ ton/m}^2 < 12,53 \text{ ton/m}^2 \text{ (aman)}$$

$$\sigma_{\max} = 8,84 \text{ ton/m}^2 < 12,53 \text{ ton/m}^2 \text{ (aman)}$$



**6.6.6.6 Kontrol Stabilitas Pada Kondisi Air Banjir ( tanpa memperhitungkan tekanan lumpur )**

**Tabel 6.19 Rekapitulasi Gaya-gaya yang Bekerja Pada Bandung ( tanpa memperhitungkan tekanan lumpur )**

No	Gaya yang terjadi	H	V	M.G	M.T
		(ton)	(ton)	(t.m)	(t.m)
1	Berat sendiri	-	-138.625	-	-741.072
2	Uplift pressure	-	114.674	299.358	-
3	Gempa	13.881	-	42.568	-
4	Hidrostatik (WH)	23.08	-	151.013	-
5	Hidrostatik (WV)	-	-41.901	-	-172.299
6	Tekanan tanah	10.605	-	11.878	-
jumlah		47.566	-65.852	504.817	-913.371

**c. Terhadap Guling**

$$Sf = \frac{\sum MT}{\sum MG} > 1,5$$

$$= \frac{913,371}{504,817} > 1,5$$

$$= 1,809 > 1,5 \dots\dots\dots \text{Aman}$$

Di mana:

Sf = Faktor keamanan

$\sum MT$  = Jumlah momen tahan (Tm)

$\sum MG$  = Jumlah momen guling (Tm)

**d. Terhadap Geser**

$$Sf = f \times \frac{\sum RV}{\sum RH} > 1,2$$

$$Sf = 0,75 \times \frac{65,852}{47,566} > 1,2$$

$$Sf = 1,038 < 1,2 \dots\dots\dots \text{Tidak aman}$$

Di mana :

Sf = faktor keamanan

$\sum RV$  = total gaya vertikal (ton)

---

---

$\Sigma RH$  = total gaya horisontal (ton)

$f$  = koefisien gesekan = 0,75

Dari data tanah pada lokasi Bendung Juwero diperoleh :

$\gamma$  = 1,7 ton/m<sup>3</sup>

$c$  = 1,0

$\Phi$  = 15°

Dari grafik Terzaghi diperoleh :

$N_c$  = 15,78

$N_q$  = 6,2

$N_\gamma$  = 4

$B$  = 7 m

Rumus daya dukung tanah Terzaghi :

$$\begin{aligned} q_{ult} &= c \cdot N_c + \gamma \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \\ &= 1 \times 15,78 + 1,7 \times 6,2 + 0,5 \times 1,7 \times 7 \times 4 \\ &= 50,12 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma = \frac{q_{ult}}{S_f} = \frac{50,12}{1,038} = 48,285 \text{ t/m}^2$$

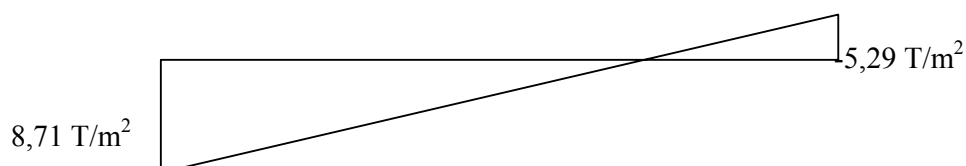
$$\begin{aligned} e &= \frac{B}{2} - \frac{\sum MT - \sum MG}{\sum RV} < \frac{B}{6} \\ &= \frac{65}{2} - \frac{913,371 - 504,817}{65,852} < \frac{65}{6} \end{aligned}$$

= 26,30 > 10,83.....Tidak aman

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{RV}{L} \times \left( 1 \pm \frac{6 \times e}{L} \right) < \sigma = 12,53 \text{ t/m}^2 \\ &= \frac{65,852}{38,53} \times \left( 1 \pm \frac{6 \times 26,30}{38,53} \right) < \sigma = 12,53 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma_{\min} = -5,29 \text{ ton/m}^2 < 12,53 \text{ ton/m}^2 \text{ (aman)}$$

$$\sigma_{\max} = 8,71 \text{ ton/m}^2 < 12,53 \text{ ton/m}^2 \text{ (aman)}$$



---

---

## 6.7 ALTERNATIF PENANGANAN MASALAH

Adapun penanganan dari permasalahan di atas sebagai berikut :

- Untuk mengatasi masalah kekurangan air, maka perlu dilakukan modifikasi pola tanam dengan mengatur bulan-bulan masa tanam dan mengatur jenis tanaman, sehingga kebutuhan air dapat terpenuhi.
- Apabila debit kebutuhan air setelah dilakukan modifikasi pola tanam melebihi kapasitas pintu *intake*, maka perlu dilakukan penambahan kapasitas pintu *intake* dengan menambah sebuah pintu *intake* lagi.
- Untuk mengatasi *scouring* yang terjadi pada bagian hilir bendung, maka diisi batu kosong sebagai selimut lindung bagi tanah asli.
- Karena bangunan bendung tidak aman terhadap eksentrisitas, maka perlu adanya desain ulang bangunan bendung.