

---

---

## **BAB VII**

### **PERENCANAAN BENDUNG**

#### **7.1 PERENCANAAN POLA TANAM**

##### **7.1.1 Perhitungan Pola Tanam**

Untuk mengatasi masalah kekurangan air, maka perlu dilakukan modifikasi pola tanam dengan mengatur bulan-bulan masa tanam, sehingga kebutuhan air dapat terpenuhi.

###### Golongan I

- Masa Tanam I

Padi : 1.042 ha

Pengolahan tanah dan pembibitan padi mulai November dua minggu I s/d November dua minggu II

Pertumbuhan padi sampai panen mulai Desember dua minggu I s/d Februari dua minggu II

Palawija : 327 ha

Pengolahan tanah palawija mulai November dua minggu I

Pertumbuhan palawija mulai November dua minggu II s/d Februari dua minggu I

- Masa Tanam II

Padi : 28 ha

Pengolahan tanah dan pembibitan padi mulai Maret dua minggu I s/d Maret dua minggu II

Pertumbuhan padi sampai panen mulai April dua minggu I s/d Juni dua minggu II

Palawija : 1.397 ha

Pengolahan tanah palawija mulai Maret dua minggu I

Pertumbuhan palawija mulai Maret dua minggu II s/d Juni dua minggu I

- 
- Masa Tanam III
    - Palawija : 669 ha
    - Pengolahan tanah palawija mulai Juli dua minggu I
    - Pertumbuhan palawija mulai Juli dua minggu II s/d Oktober dua minggu I
  
  - Golongan II
    - Masa Tanam I
      - Padi : 1.502 ha
      - Pengolahan tanah dan pembibitan padi mulai November dua minggu II s/d Desember dua minggu I
      - Pertumbuhan padi sampai panen mulai Desember dua minggu II s/d Maret dua minggu I
      - Palawija : 31 ha
      - Pengolahan tanah palawija mulai November dua minggu II
      - Pertumbuhan palawija mulai Desember dua minggu I s/d Februari dua minggu II
    - Masa Tanam II
      - Padi : 127 ha
      - Pengolahan tanah dan pembibitan padi mulai Maret dua minggu II s/d April dua minggu I
      - Pertumbuhan padi sampai panen mulai April dua minggu II s/d Juli dua minggu I
      - Palawija : 1406 ha
      - Pengolahan tanah palawija mulai Maret dua minggu II
      - Pertumbuhan palawija mulai April dua minggu I s/d Juni dua minggu II
    - Masa Tanam III
      - Palawija : 1.269 ha
      - Pengolahan tanah palawija mulai juli dua minggu II
      - Pertumbuhan palawija mulai Agustus dua minggu I s/d Oktober dua minggu II
-

---

---

### Golongan III

- Masa Tanam I

Padi : 1.233 ha

Pengolahan tanah dan pembibitan padi mulai Desember dua minggu I s/d Desember dua minggu II

Pertumbuhan padi sampai panen mulai Januari dua minggu I s/d Maret dua minggu II

Palawija : 172 ha

Pengolahan tanah palawija mulai Desember dua minggu I

Pertumbuhan palawija mulai Desember dua minggu II s/d Maret dua minggu I

- Masa Tanam II

Padi : 302 ha

Pengolahan tanah dan pembibitan padi mulai April dua minggu I s/d April dua minggu II

Pertumbuhan padi sampai panen mulai Mei dua minggu I s/d Juli dua minggu II

Palawija : 1103 ha

Pengolahan tanah palawija mulai April dua minggu I

Pertumbuhan palawija mulai April dua minggu II s/d Juli dua minggu I

- Masa Tanam III

Palawija : 1.103 ha

Pengolahan tanah palawija mulai Agustus dua minggu I

Pertumbuhan palawija mulai Agustus dua minggu II s/d November dua minggu I

### Golongan IV

- Masa Tanam I

Padi : 1.400 ha

Pengolahan tanah dan pembibitan padi mulai Desember dua minggu II s/d Januari dua minggu I

---

---

Pertumbuhan padi sampai panen mulai Januari dua minggu II s/d April dua minggu I

- Masa Tanam II

Padi : 116 ha

Pengolahan tanah dan pembibitan padi mulai April dua minggu II s/d Mei dua minggu I

Pertumbuhan padi sampai panen mulai Mei dua minggu II s/d Agustus dua minggu I

Palawija : 1.284 ha

Pengolahan tanah palawija mulai April dua minggu II

Pertumbuhan palawija mulai Mei dua minggu I s/d Juli dua minggu II

- Masa Tanam III

Palawija : 1.284 ha

Pengolahan tanah palawija mulai Agustus dua minggu II

Pertumbuhan palawija mulai September dua minggu I s/d November dua minggu II

## Golongan V

- Masa Tanam I

Padi : 1.985 ha

Pengolahan tanah dan pembibitan padi mulai Januari dua minggu I s/d Januari dua minggu II

Pertumbuhan padi sampai panen mulai Februari dua minggu I s/d April dua minggu II

Palawija : 43,5 ha

Pengolahan tanah palawija mulai Agustus dua minggu I

Pertumbuhan palawija mulai Agustus dua minggu II s/d November dua minggu I

- Masa Tanam II

Padi : 210 ha

Pengolahan tanah dan pembibitan padi mulai Mei dua minggu I s/d Mei dua minggu II

---

---

---

---

Pertumbuhan padi sampai panen mulai Juni dua minggu I s/d Agustus dua minggu II

Palawija : 1.729 ha

Pengolahan tanah palawija mulai Mei dua minggu I

Pertumbuhan palawija mulai Mei dua minggu II s/d Agustus dua minggu I

- Masa Tanam III

Palawija : 811 ha

Pengolahan tanah palawija mulai September dua minggu I

Pertumbuhan palawija mulai September dua minggu II s/d Desember dua minggu I

Hasil perhitungan pola tanam dapat dilihat pada Tabel 7.1

**Tabel 7.1 Perhitungan pola tanam**

URAIAN	BULAN																								Satuan	Ket		
	OKT		NOP		DES		JAN		FEB		MRT		APR		MEI		JUNI		JULI		AGS		SEP					
	I	II																										
Bodri Kiri																												
A = 1428 ha																												
Padi 1042 ha																												
Padi 28 ha																												
Palawija 669 ha																												
A = 1428 ha	669		1402	1402	1402	1402	1402	1402	1402	1402	28	28	28	28	28	28	28	28	669	669	669	669	669	669	m3/det			
Keb Air	0.306	0.000	1.415	1.310	0.897	0.845	0.671	0.255	0.403	0.000	1.372	1.217	1.092	1.077	1.204	0.797	0.809	0.209	0.908	0.239	0.358	0.583	0.687	0.668	lt/dt/ha			
Saluran terseir	0.383	0.000	1.769	1.637	1.121	1.056	0.838	0.319	0.504	0.000	1.715	1.522	1.365	1.346	1.505	0.996	1.012	0.262	1.135	0.299	0.448	0.728	0.859	0.835	lt/dt/ha			
Saluran sekunder	0.440	0.000	2.034	1.883	1.289	1.214	0.964	0.366	0.580	0.000	1.972	1.750	1.570	1.548	1.730	1.146	1.163	0.301	1.305	0.343	0.515	0.838	0.988	0.960	lt/dt/ha			
Saluran primer	0.484	0.000	2.237	2.071	1.418	1.336	1.061	0.403	0.638	0.000	2.169	1.925	1.727	1.702	1.903	1.260	1.280	0.331	1.436	0.378	0.566	0.921	1.087	1.056	lt/dt/ha			
Palawija 327 ha																												
Palawija 1397 ha																												
327	327	327	327	327	327	327	327				1397	1397	1397	1397	1397	1397	1397	1397										
0.198	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				0.000	0.000	0.000	0.000	0.213	0.196	0.427										lt/dt/ha	
0.248	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				0.000	0.000	0.000	0.000	0.266	0.245	0.533										lt/dt/ha	
0.285	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				0.000	0.000	0.000	0.000	0.306	0.282	0.613										lt/dt/ha	
0.314	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				0.000	0.000	0.000	0.000	0.337	0.310	0.675										lt/dt/ha	
Keb Air Sal Primer	0.324	0.000	3.239	2.904	1.988	1.873	1.487	0.565	0.895	0.000	0.061	0.054	0.048	0.048	0.524	0.468	0.978	0.009	0.960	0.253	0.379	0.616	0.727	0.706	m3/det			

URAIAN	BULAN																								Satuan	Ket		
	OKT		NOP		DES		JAN		FEB		MRT		APR		MEI		JUNI		JULI		AGS		SEP					
	I	II																										
A = 1534 ha	1269	1269		1502	1502	1502	1502	1502	1502	1502	127	127	127	127	127	127	127	127	1269	1269	1269	1269	1269					
Keb Air	0.353	0.306	0.000	1.415	1.178	0.897	0.752	0.671	0.417	0.403	0.000	1.372	1.305	1.092	1.199	1.204	0.884	0.809	0.221	0.908	0.303	0.358	0.629	0.687	lt/dt/ha			
Saluran terseir	0.442	0.383	0.000	1.769	1.472	1.121	0.941	0.838	0.521	0.504	0.000	1.715	1.631	1.365	1.499	1.505	1.105	1.012	0.277	1.135	0.379	0.448	0.786	0.859	lt/dt/ha			
Saluran sekunder	0.508	0.440	0.000	2.034	1.693	1.289	1.082	0.964	0.600	0.580	0.000	1.972	1.876	1.570	1.724	1.730	1.271	1.163	0.318	1.305	0.436	0.515	0.904	0.988	lt/dt/ha			
Saluran primer	0.559	0.484	0.000	2.237	1.862	1.418	1.190	1.061	0.659	0.638	0.000	2.169	2.063	1.727	1.896	1.903	1.398	1.280	0.350	1.436	0.480	0.566	0.994	1.087	lt/dt/ha			

URAIAN	BULAN																								Satuan	Ket		
	OKT		NOP		DES		JAN		FEB		MRT		APR		MEI		JUNI		JULI		AGS		SEP					
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II				
	Padi 1233 ha																											
Golonga																												
A = 1405 ha	1103	1103	1103		1233	1233	1233	1233	1233	1233	1233	1233	302	302	302	302	302	302	302	1103	1103	1103	1103	1103				
Keb Air	0.373	0.353	0.000	0.000	1.328	1.178	0.829	0.752	0.831	0.417	0.435	0.000	1.400	1.305	1.189	1.199	1.287	0.884	0.847	0.221	0.997	0.303	0.386	0.629	lt/dt/ha			
Saluran terseir	0.467	0.442	0.000	0.000	1.661	1.472	1.036	0.941	1.038	0.521	0.544	0.000	1.750	1.631	1.486	1.499	1.608	1.105	1.059	0.277	1.246	0.379	0.483	0.786	lt/dt/ha			
Saluran sekunder	0.537	0.508	0.000	0.000	1.910	1.693	1.192	1.082	1.194	0.600	0.626	0.000	2.013	1.876	1.709	1.724	1.850	1.271	1.218	0.318	1.433	0.436	0.555	0.904	lt/dt/ha			
Saluran primer	0.591	0.559	0.000	0.000	2.101	1.862	1.311	1.190	1.314	0.659	0.689	0.000	2.214	2.063	1.880	1.896	2.035	1.398	1.340	0.350	1.576	0.480	0.611	0.994	lt/dt/ha			
	Palawija 172 ha																											
	172	172	172		172	172	172	172	172		1103	1103	1103	1103	1103	1103	1103	1103										
	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.246	0.000	0.000	0.162	0.479	0.464	0.485										lt/dt/ha	
	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.308	0.000	0.000	0.203	0.599	0.579	0.606										lt/dt/ha	
	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.354	0.000	0.000	0.233	0.689	0.666	0.697										lt/dt/ha	
	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.390	0.000	0.000	0.257	0.758	0.733	0.766										lt/dt/ha	
Keb Air Sal Primer I	0.651	0.616	0.000	0.000	2.590	2.296	1.617	1.467	1.620	0.813	0.849	0.000	1.098	0.623	0.568	0.856	1.451	1.231	1.250	0.106	1.739	0.529	0.674	1.096	m3/det			



URAIAN	BULAN																								Satuan	Ket			
	OKT		NOP		DES		JAN		FEB		MRT		APR		MEI		JUNI		JULI		AGS		SEP						
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II					
	Palawija 811 ha																												
Golong	Padi 1985 ha																												
A = 1939 ha	811	811	811	811	811		1895	1895	1895	1895	1895	1895	1895	1895	1895	210	210	210	210	210	210	210	210	811	811				
Keb Air	0.064	0.313	0.000	0.000	0.000	0.000	1.321	1.124	0.940	0.888	0.867	0.453	0.603	0.014	1.425	1.374	1.230	1.261	1.330	0.927	0.930	0.232	1.041	0.327	lt/dt/ha				
Saluran terseir	0.080	0.391	0.000	0.000	0.000	0.000	1.651	1.405	1.175	1.110	1.084	0.567	0.754	0.018	1.781	1.718	1.537	1.576	1.663	1.159	1.163	0.290	1.301	0.409	lt/dt/ha				
Saluran sekunder	0.092	0.450	0.000	0.000	0.000	0.000	1.899	1.615	1.352	1.277	1.247	0.652	0.867	0.021	2.048	1.975	1.768	1.812	1.912	1.333	1.337	0.334	1.496	0.471	lt/dt/ha				
Saluran primer	0.102	0.495	0.000	0.000	0.000	0.000	2.089	1.777	1.487	1.405	1.372	0.717	0.953	0.023	2.253	2.173	1.944	1.994	2.103	1.466	1.471	0.367	1.646	0.518	lt/dt/ha				
Palawija 43.5 ha																													
	43.5	43.5	43.5	43.5	43.5		43.5	43.5	43.5	43.5	43.5	43.5	43.5	43.5		1729	1729	1729	1729	1729	1729	1729	1729						
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.579	0.000	0.237	0.432	0.539	0.523	0.577			lt/dt/ha				
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.724	0.000	0.296	0.540	0.674	0.654	0.721			lt/dt/ha				
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.832	0.000	0.341	0.621	0.775	0.752	0.829			lt/dt/ha				
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.915	0.000	0.375	0.683	0.853	0.827	0.912			lt/dt/ha				
Keb Air Sal Primer	0.082	0.401	0.000	0.000	0.000	0.000	3.959	3.367	2.818	2.662	2.599	1.358	1.806	0.043	2.056	0.456	1.057	1.600	1.916	1.738	1.885	0.077	1.335	0.420	m3/det				
Q Keb Total	2.124	2.059	3.239	6.274	7.374	9.239	11.337	8.828	8.289	6.272	4.512	2.652	3.247	1.691	4.001	2.714	5.802	5.160	5.403	5.057	4.655	3.080	4.371	4.043	m3/det				
	Palawija 1729 ha																												

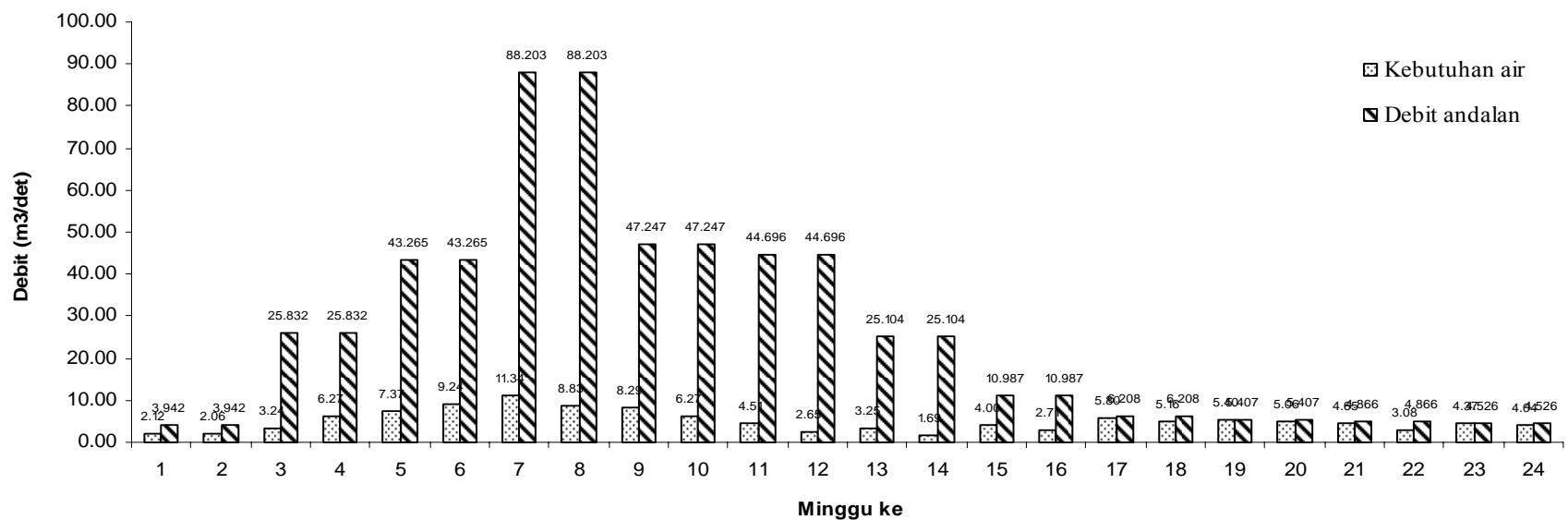
---

### **7.1.2 Neraca Air**

Dari hasil perhitungan pola tanam dibuat monogram neraca air. Perhitungan neraca air dapat dilihat pada Tabel 7.2.

**Tabel 7.2 Perhitungan Neraca Air Daerah Bendung Juwero**

Uraian	BULAN																							
	OKT		NOV		DES		JAN		FEB		MARET		APRIL		MEI		JUNI		JULI		AGUST		SEPT	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Kebutuhan Air (m <sup>3</sup> /det)	2,124	2,059	3,239	6,274	7,374	9,239	11,337	8,828	8,289	6,272	4,512	2,652	3,247	1,691	4,001	2,714	5,802	5,160	5,403	5,057	4,655	3,080	4,371	4,043
Debit andalan (m <sup>3</sup> /det)	3,942	3,942	25,832	25,832	43,265	43,265	88,203	88,203	47,247	47,247	44,696	44,696	25,104	25,104	10,987	10,987	6,208	6,208	5,407	5,407	4,866	4,866	4,526	4,526
Surplus (+)	1,818	1,883	22,593	19,558	35,890	34,026	76,866	79,375	38,958	40,975	40,183	42,044	21,856	23,413	6,986	8,273	0,406	1,048	0,004	0,350	0,212	1,787	0,155	0,482
Defisit (-)																								



**Gambar 7.1 Grafik Neraca Air**

---

## **7.2 PERENCANAAN BENDUNG**

### **7.2.1 Pemilihan Bendung**

Tipe bendung : Bendung tetap  
Bentuk mercu : Mercu bulat dengan hulu tegak  
Pengambilan air : 2 buah  
Jenis pintu pembilas : Bagian depan tertutup

### **7.2.2 Perhitungan Tinggi Mercu Bendung**

Elevasi mercu bendung pada dasarnya ditentukan oleh letak sawah tertinggi yang akan dialiri ditambah dengan kebutuhan air di sawah dan kehilangan tekanan akibat bangunan-bangunan dan kemiringan saluran yang dilalui.

Mengenai standar perhitungannya adalah sebagai berikut:

Elevasi sawah tertinggi	: +18,46 m
Tinggi air sawah	: 0,10 m
Kehilangan tekanan dari saluran primer ke sekunder	: 0,10 m
Kehilangan tekanan dari saluran sekunder ke tersier	: 0,10 m
Kehilangan tekanan dari saluran tersier ke sawah	: 0,10 m
Kehilangan tekanan intake	: 0,15 m
Kehilangan tekanan pada bangunan	: 0,10 m
Kehilangan tekanan pada kantong lumpur	: 0,10 m
Kehilangan tekanan pada pintu pembilas	: 0,15 m
Elevasi mercu bendung	: +19,36 m
Sehingga di dapat tinggi bendung:	
Elevasi mercu bendung	: +19,36 m
Elevasi dasar sungai	: +16,00 m
Tinggi mercu	: 3,36 m

---

### 7.2.3 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:

$$Be = B - 2 ( n K_p + K_a ) H_1$$

Di mana:

Be = Lebar efektif bendung (m)

B = Lebar rata-rata sungai = 65 m

n = Jumlah pilar

K<sub>p</sub> = Koefisien kontraksi pilar (Untuk pilar dengan ujung bulat)  
= 0,01

K<sub>a</sub> = Koefisien kontraksi pangkal bendung (Untuk pangkal tembok segi empat  
dengan hulu pada 90° ke arah aliran)  
= 0,20

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

### 7.2.4 Perhitungan Tinggi Air di Atas Mercu

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

Di mana:

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

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:

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

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

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

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

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 7.3 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

Tinggi energi hulu ( $H_e$ ) = elevasi mercu +  $H_1 = 19,36 + 5,765 = +25,125$  m.

Lebar efektif bendung ( $B_e$ )

$$B_e = 65 - 0,4 H_1$$
$$= 65 - 0,4 \cdot 5,765$$
$$= 62,694 \text{ m}$$

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

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

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

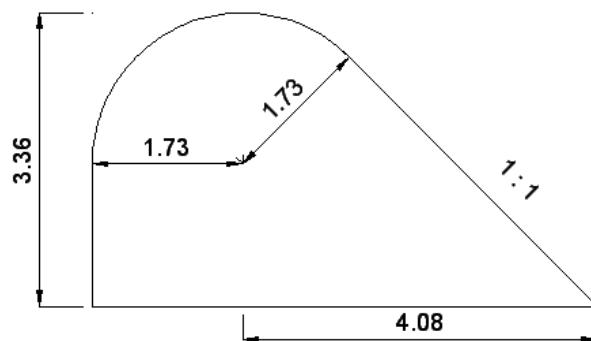
$$H_d = H_1 - \frac{V^2}{2g} = 5,765 - 0,576 = 5,189 \text{ m}$$

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

Jari-jari mercu bulat ( $R$ ) diambil ( $0,3 - 0,7$ )  $H_1$

$$R = 0,3 \times 5,765$$

$$= 1,73 \text{ m}$$



**Gambar 7.2 Jari-jari mercu bendung**

Check:

$$H_1/r \geq 2,5$$

$$5,765/1,73 \geq 2,5$$

$$3,33 \geq 2,5 \dots\dots\dots\dots\dots\text{(OK)}$$

$$P/H_1 \geq 0,5$$

$$3,36/5,765 \geq 0,5$$

$$0,583 \geq 0,5 \dots\dots\dots\dots\dots\text{(OK)}$$

$$P/H_d \geq 0,5$$

$$3,36/5,189 \geq 0,5$$

$$0,648 \geq 0,5 \dots\dots\dots\dots\dots\text{(OK)}$$

### 7.2.5 Perhitungan Tinggi Air 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 :

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

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

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

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

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

$$m = 1,5$$

$$Q = A \cdot V$$

**Tabel 7.4 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

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

$$\begin{aligned} A &= (73 + 1,5 \cdot 1,511) \cdot 1,511 \\ &= 113,728 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= Q / A \\ &= 1.922,906 / 113,728 \\ &= 16,908 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elv. m. a. di hilir bendung} &= +16,00 + 1,511 \\ &= +17,511 \end{aligned}$$

## 7.2.6 Perhitungan Kolam Olak

### 7.2.6.1 Penentuan Tipe Kolam Olak

Perhitungan kolam olak direncanakan pada saat sungai banjir. Rumus debit pelimpah yang digunakan adalah debit pelimpah pada bendung tetap dengan mercu bulat, yaitu:

---

---

$$Q = Cd \cdot 2/3 \cdot \sqrt{2/3 \cdot g} \cdot Be \cdot H_1^{3/2}$$

$$V = \sqrt{2g(0,5H_1 + z)}$$

$$q = \frac{Q}{Be}$$

$$Y = \frac{q}{V}$$

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot Y}}$$

$$\frac{Y_2}{Y_1} = 0,5\sqrt{1 + 8Fr^2} - 1$$

Di mana:

Q	= Debit pelimpah pada bendung	= 1922,906 m <sup>3</sup> /dt
Cd	= Koefisien debit	= 1,3
H <sub>1</sub>	= Tinggi energi di atas mercu	= 5,765 m
H <sub>c</sub>	= Tinggi energi kritis	= 2/3 H <sub>1</sub> = 3,843 m
z	= Tinggi jatuh	= +25,125 - 17,511 = 7,614 m
V <sub>1</sub>	= Kecepatan awal loncatan (m/dt)	
g	= Percepatan gravitasi	= 9,8 m/dt <sup>2</sup>
Be	= Lebar bendung	= 62,694 m
Fr	= Bilangan Froude	
Y <sub>1,2</sub>	= Tinggi konjugasi	

Perhitungan:

$$\begin{aligned} Q &= Cd \cdot 2/3 \cdot \sqrt{2/3 \cdot g} \cdot Be \cdot H_1^{3/2} \\ &= 1,3 \cdot 2/3 \cdot \sqrt{2/3 \cdot 9,8} \cdot 62,694 \cdot 5,765/2 \\ &= 1922,403 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_1 &= \sqrt{2g(0,5H_1 + z)} \\ &= \sqrt{2 \cdot 9,8(0,5 \cdot 5,765 + 7,614)} \\ &= 14,343 \text{ m/dt} \end{aligned}$$

$$Y_1 = \frac{Q}{Be \times V_1}$$

$$= \frac{1.922,403}{62,694 \times 14,343}$$

$$= 2,138 \text{ m}$$

$$Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g \cdot Y_1}}$$

$$= \frac{14,343}{\sqrt{9,8 \cdot 2,138}}$$

$$= 2,134$$

$$Y_2 = \frac{Y_1}{2} \sqrt{1 + 8 Fr_1^2} - 1$$

$$= \frac{2,138}{2} \sqrt{1 + 8 \cdot 2,134^2} - 1$$

$$= 5,54 \text{ m}$$

$$V_2 = \frac{Q}{Be \times Y_2}$$

$$= \frac{1.922,403}{62,694 \times 5,54}$$

$$= 5,535 \text{ m/dt}$$

$$Fr_2 = \frac{V_2}{\sqrt{g \cdot Y_2}}$$

$$= \frac{5,535}{\sqrt{9,8 \cdot 5,54}}$$

$$= 0,751$$

Dari perhitungan di atas:

$Fr_1 = 2,134 > Fr_2 = 0,751$ , maka dibutuhkan kolam olak.

$Fr_1 < 4,5$  maka digunakan kolam olak tipe *Vlughter*.

#### 7.2.6.2 Dimensi Kolam Olak

Pendimensian kolam olak dengan menggunakan tipe *Vlughter*.

Pendimensian kolam olak tipe *Vlughter* menggunakan rumus-rumus sebagai berikut:

$$z = +25,125 - 17,511 = 7,614 \text{ m}$$

$$H_c = \frac{2}{3} H_d = \frac{2}{3} \cdot 5,189 = 3,459 \text{ m}$$

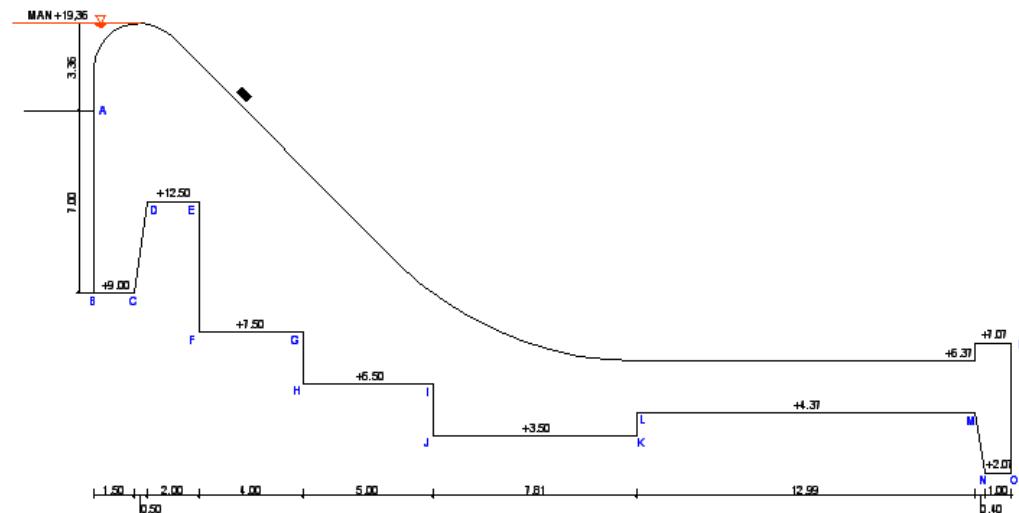
$$\text{Untuk } 2 < \frac{z}{H_c} < 15$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } t &= 0,1 \times z + 3 \times H_c \\ &= 0,1 \times 7,614 + 3 \times 3,459 \\ &= 11,138 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= R = L = z + t - H_1 \\ &= 7,614 + 11,138 - 5,765 \\ &= 12,987 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= 0,28 \times H_c \sqrt{\frac{H_c}{z}} \\ &= 0,28 \times 3,459 \sqrt{\frac{3,459}{7,614}} \\ &= 0,653 \approx 0,7 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Elevasi dasar kolam olak} = +19,36 - 12,987 \text{ m} = +6,373$$



**Gambar 7.3 Kolam Olak Tipe *Vlugter***

---

### 7.2.6.3 Perhitungan Panjang Jalur 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 hidrolysis kritis

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

$$i \leq \frac{ie}{Sf} = \frac{0,906}{2,5} = 0,362$$

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

$$\text{Menjadi : } C_w = \frac{1}{i} = \frac{1}{0,362} = 2,76$$

**Tabel 7.5 Perhitungan Panjang Rembesan**

Titik	Batas	Lv	Lh	Lh/3
A				
	A-B	7		
B				
	B-C		1.5	0.5
C				
	C-D	3.5		
D				
	D-E		2.5	0.83
E				
	E-F	5		
F				
	F-G		3.5	1.17
G				
	G-H	2		
H				
	H-I		5	1.67
I				
	I-J	2		

Titik	Batas	Lv	Lh	Lh/3
J				
	J-K		7.81	2.60
K				
	K-L	0.87		
L				
	L-M		12.99	4.33
M				
	M-N	2.3		
N				
	N-O		1	0.33
O				
	O-P	5		
P				
		27.67	34.30	11.43

Dari hasil Tabel 7.5 :

$$C_w = \frac{L_v + 1/3 H_u}{H_w} = \frac{L_w}{H_w} = \frac{39,10}{12,29} = 3,18$$

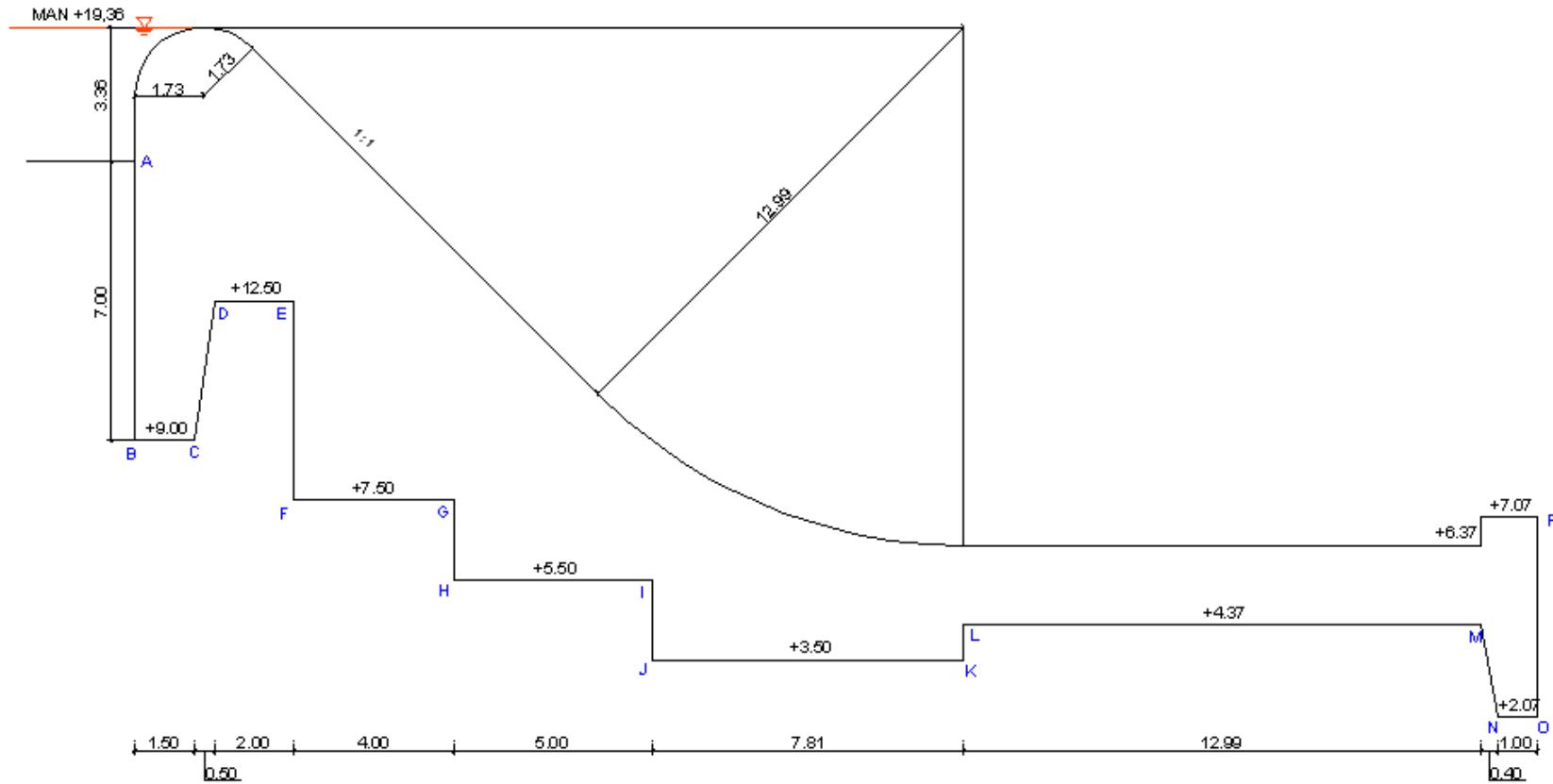
Cw desain > Cw ada  $\rightarrow$  3,18 > 2,76 (aman)

$$\Delta H = 19,36 - 12,29 = 7,07 \text{ m}$$

Panjang yang dibutuhkan menurut Lane =  $C_w \times H = 3,18 \times 12,29 = 39,08 \text{ m}$

Panjang yang tersedia =  $L_v + 1/3 L_h = 27,67 + 11,43 = 39,10 \text{ m}$

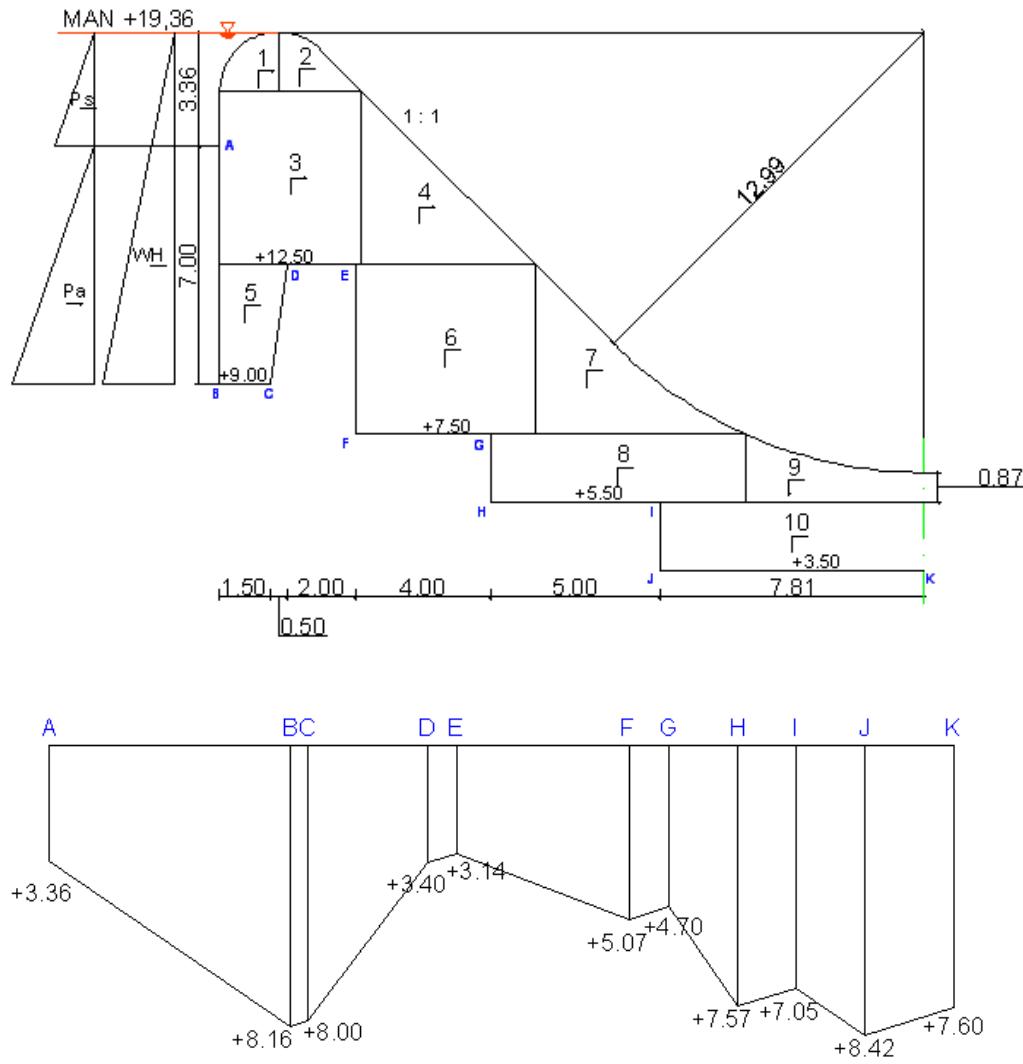
Jadi tidak diperlukan lantai muka.



Gambar 7.4 Sketsa Bendung

## 7.2.7 Analisa Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Bendung

### 7.2.7.1 Analisa Stabilitas Pada Kondisi Air Normal



**Gambar 7.5 Gaya-gaya yang bekerja pada kondisi air normal**

#### a. Akibat Berat sendiri

$$W = \gamma_s * V$$

Jarak ditinjau ke titik Q.

Selanjutnya perhitungan disajikan pada Tabel 7.6 berikut :

**Tabel 7.6 Perhitungan Gaya Akibat Berat Sendiri**

No	Luas x tekanan (m <sup>2</sup> )	G (Ton)	Jarak (m)	Momen Vertikal (Ton m)
G1	3,14*1,73*1,73*2.2	5.17	19.77	102.21
G2	0.5*2.45*1.73*2.2	4.66	18.26	85.11
G3	4,18*5,13*2,2	47.18	18.72	883.21
G4	0,5*5,13*5,13*2,2	28.95	14.93	432.22
G5	0.5*(2+1.5)*3.5*2.2	13.48	19.93	268.56
G6	5.31*5*2,2	58.41	14.16	827.09
G7	0.5*(6.21*5)*2.2	34.16	9.44	322.42
G8	7.52*2*2.2	33.09	9.05	299.45
G9	0.5*(2+0.87)*5.29*2.2	16.70	3.00	50.02
G10	7.81*2*2.2	34.36	3.91	134.36
Jumlah		276.15		3404.64

### b. Gaya Gempa

Rumus:  $ad = n (ac \times z)m$

$$E = ad/g$$

- $ac$  = Percepatan gempa dasar =  $160 \text{ cm/dt}^2$  untuk periode ulang 100 tahun  
 $z$  = Faktor yang tergantung dari letak geografis/ peta zona seismic  
 = 0,56 (untuk perencanaan bangunan air tahan gempa)

Maka:  $ad = 1,5 \times (160 \times 0,56)0,89$

$$= 85,24 \text{ cm/dt}^2$$

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

Perhitungan gaya akibat gempa disajikan pada Tabel 7.7 berikut.

**Tabel 7.7 Perhitungan Gaya Gempa**

Gaya	Berat Bangunan(G) (Ton)	Gaya Horisontal $k=0,1 \times G$	Jarak (m)	Momen Horisontal (T.m)
K1	5.17	0.52	14.82	7.66
K2	4.66	0.47	14.71	6.85
K3	47.18	4.72	11.57	54.59
K4	28.95	2.90	10.71	31.01
K5	13.48	1.35	7.33	9.88
K6	58.41	5.84	7.25	42.35
K7	34.16	3.42	6.67	22.78

Gaya	Berat Bangunan(G) (Ton)	Gaya Horisontal $k=0,1 \times G$	Jarak (m)	Momen Horisontal (T.m)
K8	33.09	3.31	3.75	12.41
K9	16.70	1.67	1.23	2.05
K10	34.36	3.44	1.00	3.44
Jumlah		27.62		193.01

### c. Akibat Gaya Angkat

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

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

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

Dimana:

$$\begin{aligned}\Sigma L &= \text{Panjang total jalur rembesan (m)} \\ &= 32,74 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H &= \text{Beda tinggi energi} \\ &= (+19,36) - (+12,05) = 7,31 \text{ m}\end{aligned}$$

$$H_x = \text{Tinggi energi di hulu bendung pada titik } x \text{ (m)}$$

Perhitungan panjang jalur rembesan disajikan pada Tabel 7.8 berikut.

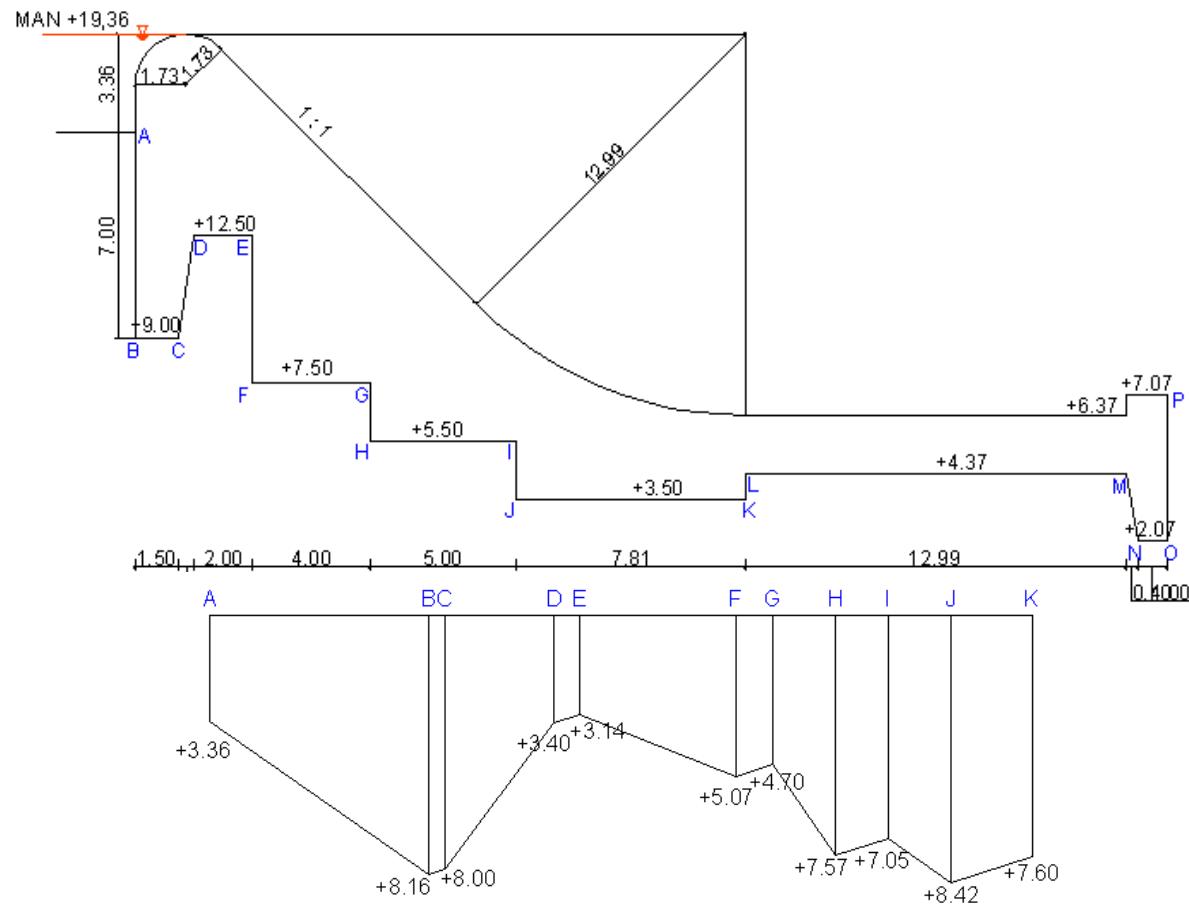
**Tabel 7.8 Perhitungan Jalur Rembesan dan Tekanan Air Normal**

Titik	Batas	Lv	Lh	Lh/3	Lx	H	Hx	Px
A					0	0	3.36	3.36
	A-B	7						
B					7.00	2.20	10.36	8.16
	B-C		1.5	0.5				
C					7.50	2.36	10.36	8.00
	C-D	3.5						
D					11.00	3.46	6.86	3.40
	D-E		2.5	0.83				
E					11.83	3.72	6.86	3.14
	E-F	5						
F					16.83	5.29	10.36	5.07
	F-G		3.5	1.17				
G					18.00	5.66	10.36	4.70
	G-H	2						
H					20.00	6.29	13.86	7.57

---

Titik	Batas	Lv	Lh	Lh/3	Lx	H	Hx	Px
	H-I		5	1.67				
I					21.67	6.81	13.86	7.05
	I-J	2						
J					23.67	7.44	15.86	8.42
	J-K		7.81	2.60				
K					26.27	8.26	15.86	7.60
	K-L	0.87						
L					27.14	8.53	14.99	6.46
	L-M		12.99	4.33				
M					31.47	9.89	14.99	5.10
	M-N	2.3						
N					33.77	10.61	17.29	6.68
	N-O		1	0.33				
O					34.10	10.72	17.29	6.57
	O-P	5						
P					39.10	12.29	12.29	0
		27.67	34.30	11.43				

---



**Gambar 7.6 Up lift pada kondisi air normal**

---

---

**Tabel 7.9 Perhitungan Gaya Angkat**

Gaya	Luas x Tekanan	Gaya	Jarak	Momen
		Vertikal (Ton)		Vertikal (Ton.m)
U1	$0,5*(8.16-3.36)*7$	16.80	7.83	131.54
U2	$3.36*7$	23.52	9.00	211.68
U3	$0.5*(8.16-8.00)*0.5$	0.04	20.31	0.81
U4	$8.00*0.5$	4.00	20.06	80.24
U5	$0.5*(8.00-3.40)*3.5$	8.05	-6.67	-53.69
U6	$3.40*3.5$	11.90	-7.25	-86.28
U7	$05*(3.40-3.14)*0.83$	1.08	18.14	19.57
U8	$3.14*0.83$	2.61	17.81	46.42
U9	$0.5*(5.07-3.14)*5$	4.83	6.67	32.18
U10	$3.14*5$	15.7	7.25	113.83
U11	$0.5*(5.07-4.70)*1.17$	0.21645	15.48	3.35
U12	$4.70*1.17$	5.499	14.81	81.44
U13	$0.5*(7.57-4.70)*2$	2.87	3.17	9.10
U14	$4.70*2$	9.4	3.75	35.25
U15	$0.5*(7.57-7.05)*1.67$	0.43	11.14	4.84
U16	$7.05*1.67$	11.77	10.31	121.38
U17	$0.5*(8.42-7.05)*2$	1.37	0.67	0.92
U18	$7.05*2$	14.10	1.00	14.10
U19	$0.5*(8.42-7.60)*2.60$	1.07	5.21	5.55
U20	$7.60*2.60$	19.76	3.91	77.26
Jumlah		155.01		849.50

**d. Akibat Gaya Hidrostatis**

**Tabel 7.10 Perhitungan Gaya Hidrostatis**

Gaya	Luas x Tekanan	Gaya Vertikal (Ton)	Gaya Horisontal (Ton)	Jarak m	Momen Horisontal (Ton m)	Momen Vertikal (Ton.m)
WHI	$0,5*3,36^2*1$		5,645	13,62	76,885	
WVI	$0,5*1,73^2*1$	1,496		19,66		29,411
	Jumlah				76,885	29,411

**e. Tekanan Tanah Aktif dan Pasif**

Berdasarkan data dari penyelidikan tanah dihasilkan parameter tanah berupa :

angka pori ( $e$ ) = 0,64 , rerata berat jenis ( $G_s$ ) = 2,48 tegangan ijin =  $6 \text{ kg/cm}^2$ ,  $\phi = 15^\circ$ . Gaya akibat tekanan tanah ada dua macam :

---



---

1. Tekanan Tanah Aktif

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma_{sub} \cdot K_a H^2$$

$$K_a = \tan^2 (45^\circ - \frac{\phi}{2})$$

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

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

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

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma_{sub} \cdot K_a H^2 = \frac{1}{2} \times 0,902 \times 0,589 \times 7^2 = 13,016 \text{ T/m}^2$$

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

$$MPa = 13,016 \times 7,83 = 101,96 \text{ Tm}$$

2. Tekanan Tanah Pasif

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma_{sub} \cdot K_p H^2$$

$$K_p = \tan^2 (45^\circ + \frac{\phi}{2})$$

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

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

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

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma_{sub} \cdot K_p H^2 = \frac{1}{2} \times 0,902 \times 1,698 \times 3,5^2 = 9,381 \text{ T/m}^2$$

Besarnya momen akibat tekanan tanah aktif adalah MPp = Pp\*Jarak dari titik DO

$$MPp = 9,381 \times 6,67 = 62,571 \text{ Tm.}$$

**Tabel 7.11 Perhitungan Gaya Akibat Tekanan Tanah**

Gaya	Gaya Horisontal	Jarak	Momen Horisontal
P <sub>a</sub>	13,016	7,83	101,915
P <sub>p</sub>	-9,381	6,67	-62,571
	3,635		39,344

---

## 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 horisontal

$\phi$  = sudut geser dalam =  $15^0$

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

$h$  = kedalaman lumpur (sedalam tinggi bendung) =  $3,36 \text{ m}$

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

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

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

$$M_{Ps} = 5,318 * 13,62 = 72,431 \text{ Tm}$$

**Tabel 7.12 Resume Gaya-gaya pada Kondisi Normal**

No	Faktor Gaya	Gaya		Momen	
		H	V	M Guling	M Tahan
		(Ton)	(Ton)	(Ton.m)	(Ton.m)
1	Berat Konstruksi		-276.15		-3404.64
2	Gaya Gempa(k)	27.62		193.01	
3	Tekanan Lumpur(Hh)	5.318		72.431	
4	Tekanan UP Lift(U)		155.01	849.50	
5	Gaya Hidrostatis(WH)	5.645		76.885	
6	Gaya Hidrostatis(WV)		-1.496		-29.411
7	Tekanan Tanah	3.635		39.344	
	Jumlah	42.218	-122.64	1,231.17	-3434.05

### 7.2.7.2 Kontrol Stabilitas Bendung Pada Kondisi Air Normal

#### a. Terhadap Guling

$$S_f = \frac{\Sigma M_T}{\Sigma M_G} > 1,5$$

$$= \frac{3.434,05}{1.231,17} > 1,5$$

$$= 2,79 > 1,5 \dots \dots \dots \text{Aman}$$

---

---

Di mana:

$S_f$  = Faktor keamanan

$\Sigma M_T$  = Jumlah momen tahan (Tm)

$\Sigma M_G$  = Jumlah momen guling (Tm)

### b. Terhadap Geser

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

$$S_f = 0,75 \times \frac{122,64}{41,22} > 1,2$$

$$S_f = 2,231 > 1,2 \dots \dots \dots \text{( Aman )}$$

Dimana :

$S_f$  = 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 :

$N_c$  = 15,78

$N_q$  = 6,2

$N_\gamma$  = 4

$B$  = 7 m

Rumus daya dukung tanah Terzaghi :

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

---

---



---


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

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

$$= \frac{65}{2} - \frac{3.434,05 - 1.231,17}{122,64} < \frac{65}{6}$$

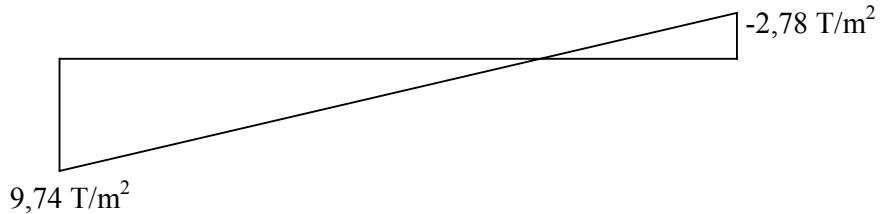
$$= 10,54 < 10,83$$

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

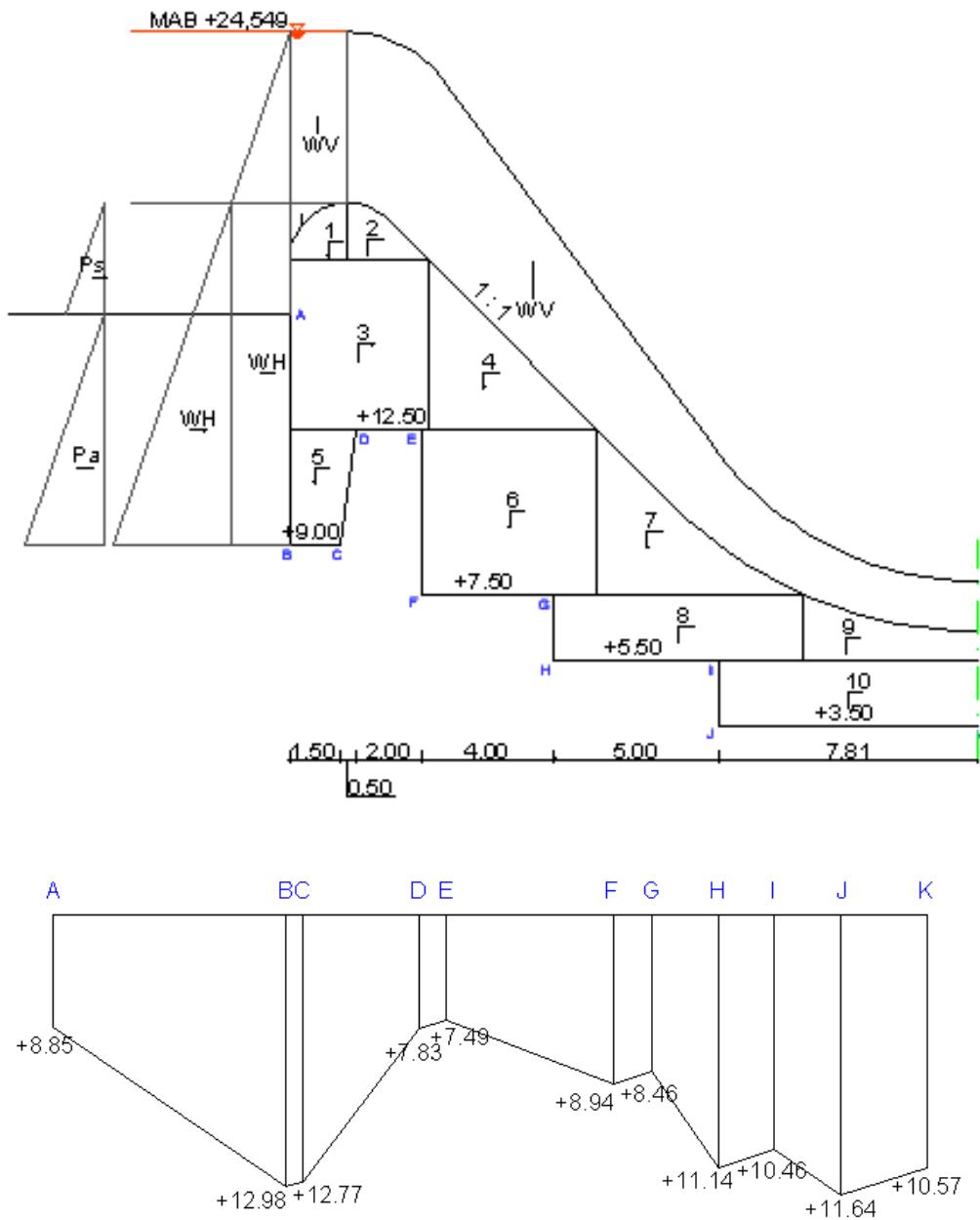
$$= \frac{122,64}{35,20} \times \left( 1 \pm \frac{6 \times 10,54}{35,20} \right) < \sigma = 12,53 \text{ t/m}^2$$

$\sigma_{min} = -2,78 \text{ ton/m}^2 < 12,53 \text{ ton/m}^2$  (aman)

$\sigma_{maks} = 9,74 \text{ ton/m}^2 < 12,53 \text{ ton/m}^2$  (aman)



### 7.2.7.3 Analisa Stabilitas Pada Kondisi Air Banjir



Gambar 7.7 Gaya-gaya yang bekerja pada kondisi air banjir

#### a. Akibat berat bangunan

Berat bangunan pada kondisi air banjir sama dengan berat bangunan pada kondisi air normal, sehingga :

---

---

$$\Sigma V \text{ air normal} = \Sigma V \text{ air banjir}$$

$$= 276,15 \text{ ton}$$

$$\Sigma MV = 3.404,64 \text{ tm}$$

### b. Akibat gaya gempa

Perhitungan akibat gaya gempa pada kondisi air banjir sama dengan pada kondisi air normal, dimana :

$$\Sigma H \text{ air normal} = \Sigma V \text{ air banjir}$$

$$= 27,62 \text{ ton}$$

$$\Sigma MH = 193,01 \text{ tm}$$

### c. Tekanan Up Lift

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

$$P_x = Hx - H$$

$$P_x = Hx - \frac{Lx}{\Sigma L} \times \Delta H$$

Di mana :

$P_x$  = tekanan air pada titik x ( t/m<sup>2</sup> )

$Lx$  = jarak jalur rembesan pada titik x (m)

$\Sigma L$  = panjang total jalur rembesan (m)

$$= 32,74 \text{ m}$$

$\Delta H$  = beda tinggi muka air banjir dengan muka air hilir

$$= (+ 24,55) - (+ 7,88)$$

$$= 16,67 \text{ m}$$

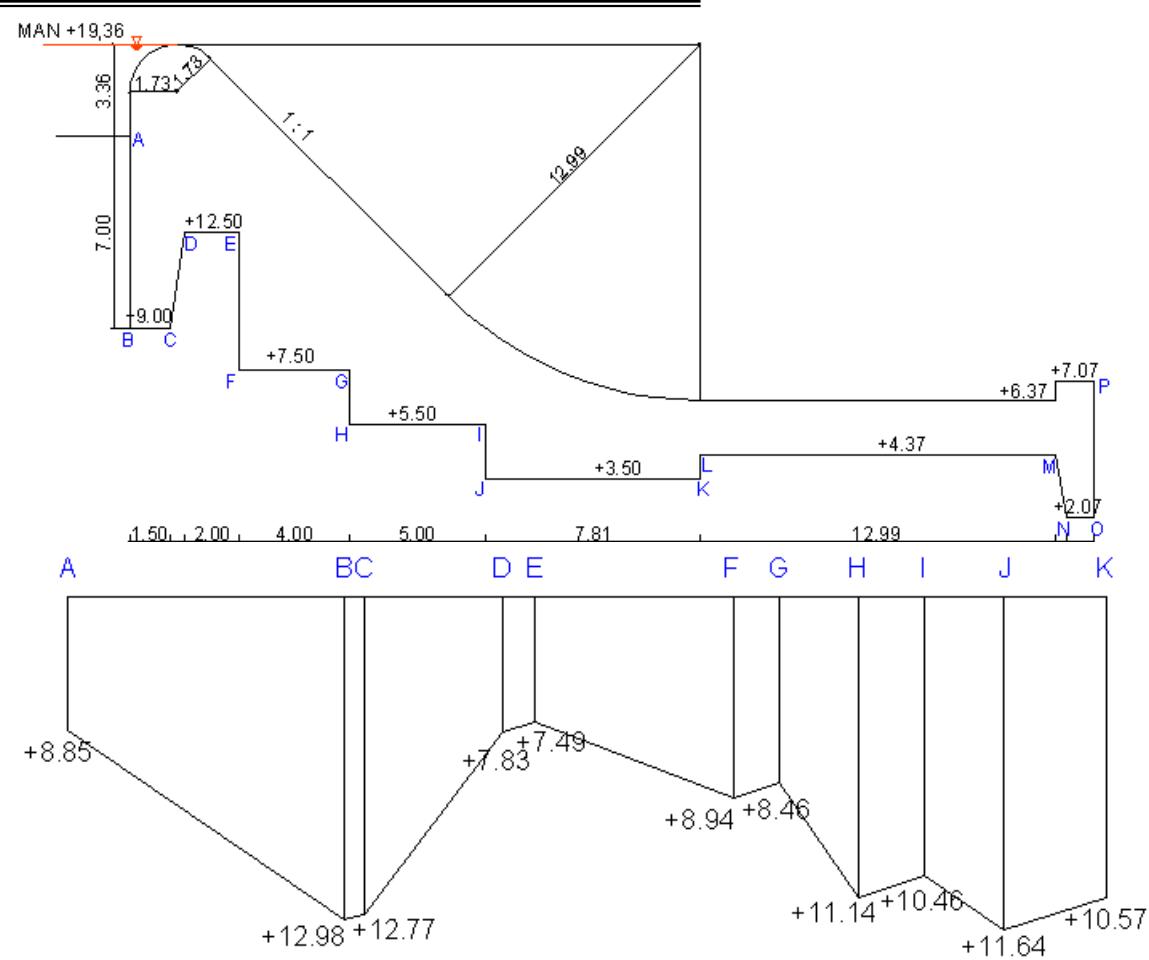
$Hx$  = tinggi energi di hulu bendung pada titik x (m)

Perhitungan disajikan dalam Tabel 7.13 berikut

**Tabel 7.13 Perhitungan Jalur Rembesan dan Tekanan Air Banjir**

Titik	Garis Lane	Panjang Rembesan				$H=(Lx/\Sigma L)\Delta H$	$Hx$	$P_x=Hx-H$
		V	H	1/3 H	Lx			
A					0	0	8.85	8.85
	A-B	7						
B					7.00	2.87	15.85	12.98
	B-C		1.5	0.5				
C					7.50	3.08	15.85	12.77
	C-D	3.5						
D					11.00	4.52	12.35	7.83

Titik	Garis Lane	Panjang Rembesan			$H=(Lx/\Sigma L)\Delta H$	Hx	Px=Hx-H
	D-E		2.5	0.83			
E					11.83	4.86	12.35
	E-F	5					7.49
F					16.83	6.91	15.85
	F-G		3.5	1.17			
G					18.00	7.39	15.85
	G-H	2					8.46
H					20.00	8.21	19.35
	H-I		5	1.67			
I					21.67	8.89	19.35
	I-J	2					10.46
J					23.67	9.71	21.35
	J-K		7.81	2.60			
K					26.27	10.78	21.35
	K-L	0.87					10.57
L					27.14	11.14	20.48
	L-M		12.99	4.33			
M					31.47	12.92	20.48
	M-N	2.3					
N					33.77	13.86	22.78
	N-O		1	0.33			
O					34.10	14.00	22.78
	O-P	5					
P					40.61	16.67	16.67
		27.67	34.30	11.43			0



Gambar 7.8 Up lift pada Kondisi Air Banjir

---

**Tabel 7.14 Perhitungan Gaya Angkat Akibat Air Banjir**

Gaya	Luas x Tekanan	Gaya	Jarak	Momen
		Vertikal (Ton)	(m)	Vertikal (Ton.m)
U1	$0,5*(12.98-8.85)*7$	14.46	7.83	113.18
U2	$8.85*7$	61.95	9.00	557.55
U3	$0.5*(12.98-12.77)*0.5$	0.05	20.31	1.07
U4	$12.77*0.5$	6.39	20.06	128.08
U5	$0.5*(12.77-7.83)*3.5$	8.65	-6.67	-57.66
U6	$7.83*3.5$	27.41	-7.25	-198.69
U7	$05*(7.83-7.49)*0.83$	1.41	18.14	25.60
U8	$7.49*0.83$	6.22	17.81	110.72
U9	$0.5*(8.94-7.49)*5$	3.63	6.67	24.18
U10	$7.49*5$	37.45	7.25	271.51
U11	$0.5*(8.94-8.46)*1.17$	0.28	15.48	4.35
U12	$8.46*1.17$	9.90	14.81	146.59
U13	$0.5*(11.14-8.46)*2$	2.68	3.17	8.50
U14	$8.46*2$	16.92	3.75	63.45
U15	$0.5*(11.14-10.46)*1.67$	0.57	11.14	6.33
U16	$10.46*1.67$	17.47	10.31	180.10
U17	$0.5*(11.64-10.46)*2$	1.18	0.67	0.79
U18	$10.46*2$	20.92	1.00	20.92
U19	$0.5*(11.64-10.57)*2.60$	1.39	5.21	7.25
U20	$10.57*2.60$	27.48	3.91	107.45
Jumlah		266.38		1521.26

#### d. Akibat Gaya Hidrostatis

**Tabel 7.15 Gaya Hidrostatis pada saat air banjir**

Gaya	Luas x Tekanan	Gaya	Gaya	Jarak	Momen	Momen
		Vertikal (Ton)	Horisontal (Ton)		Horisontal (Ton m)	Vertikal (Ton.m)
WH1	$0,5*3,36^2*1$	-	5.64	13.62	76.88	-
WH2	$5,189*3,36*1$	-	17.44	14.18	247.23	-
WV1	$1,73*5,189*1$	8.98	-	19.95	-	179.09
WV2	$0.5*(5,189+1,51)*23.83*1$	79.83	-	11.29	-	901.25
	Jumlah	88.80	23.08		324.11	1080.34

---

### e. Akibat Tekanan Tanah Aktif dan Pasif

**Tabel 7.16 Perhitungan Gaya Akibat Tekanan Tanah**

Gaya	Gaya Horisontal	Jarak	Momen Horisontal
Pa	13,016	7,83	101,915
Pp	-9,381	6,67	-62,571
	3,635		39,344

### f. Akibat Tekanan Lumpur

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 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) =  $3,36 \text{ m}$

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  $MP_s = P_s \times \text{Jarak}$  dari titik DO

$MP_s = 5,318 \times 13,62 = 72,431 \text{ Tm}$

**Tabel 7.17 Resume Gaya-gaya pada Kondisi air banjir**

No	Faktor Gaya	Gaya		Momen	
		H (Ton)	V (Ton)	M Guling (Ton.m)	M Tahan (Ton.m)
1	Berat Konstruksi		-276.15		-3404.64
2	Gaya Gempa(k)	27.62		193.01	
3	Tekanan UP Lift(U)	5.32		72.43	
4	Gaya Hidrostatis(WH)		266.38	1521.26	
5	Gaya Hidrostatis(WV)	23.08		324.11	
6	Tekanan Lumpur(Hh)		-88.80		-1080.34
7	Tekanan Tanah	3.64		39.34	
	Jumlah	59.65	-98.57	2150.16	-4484.98

---

---

#### 7.2.7.4 Kontrol Stabilitas Bendung Pada Kondisi Air Banjir

##### a. Terhadap Guling

$$\begin{aligned} Sf &= \frac{\sum MT}{\sum MG} > 1,5 \\ &= \frac{4.484,98}{2.150,16} > 1,5 \\ &= 2,09 > 1,5 \dots \dots \dots \text{Aman} \end{aligned}$$

##### b. Terhadap Geser

$$\begin{aligned} Sf &= f \times \frac{\sum RV}{\sum RH} > 1,2 \\ Sf &= 0,75 \times \frac{98,57}{59,65} > 1,2 \\ Sf &= 1,24 > 1,2 \dots \dots \dots \text{Aman} \end{aligned}$$

##### c. Terhadap Daya Dukung Tanah

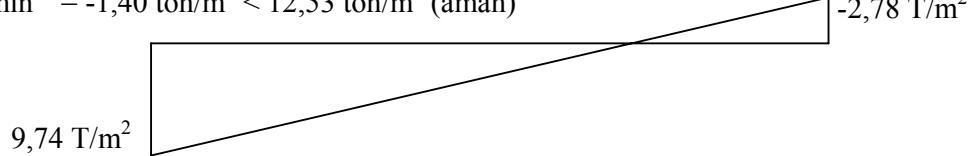
Panjang telapak pondasi bendung ( $L$ ) = 35,20 m

$$\begin{aligned} e &= \frac{B}{2} - \frac{\sum MT - \sum MG}{\sum RV} < \frac{B}{6} \\ &= \frac{65}{2} - \frac{4.484,98 - 2.150,16}{98,57} < \frac{65}{6} \\ &= 8,81 < 10,83 \dots \dots \dots \text{Aman} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{RV}{L} \times \left(1 \pm \frac{6 \times e}{L}\right) < \sigma = 12,53 \text{ t/m}^2 \\ &= \frac{98,57}{35,20} \times \left(1 \pm \frac{6 \times 8,81}{35,20}\right) < \sigma = 12,53 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma_{\max} = 7,01 \text{ ton/m}^2 < 12,53 \text{ ton/m}^2 \text{ (aman)}$$

$$\sigma_{\min} = -1,40 \text{ ton/m}^2 < 12,53 \text{ ton/m}^2 \text{ (aman)}$$



---

#### 7.2.7.5 Menentukan Tebal Kolam Olak

Untuk menentukan tebal lantai kolam olak harus ditinjau pada dua kondisi yaitu pada kondisi air normal dan kondisi air banjir. Karena tiap bangunan diandaikan berdiri sendiri tidak mungkin ada distribusi gaya-gaya melalui momen lentur, maka perhitungan kolam olak menggunakan rumus :

$$t_{\min} = \frac{s.(p_x - w_x)}{\gamma_{pas}}$$

$$P_x = H_x - \Delta H$$

Di mana :

$P_x$  = Uplift Pressure ( $\text{N}/\text{m}^2$ )

$H_x$  = tinggi muka air di hulu bendung diukur dari titik x (m)

$L_x$  = panjang *creep lane* sampai titik x (m)

$L$  = panjang *creep line* total (m)

$\Delta H$  = perbedaan tinggi tekan di hulu dan di hilir bendung (m)

$\gamma_w$  = berat jenis air ( $1 \text{ N}/\text{m}^3$ )

$t_{\min}$  = tebal minimum lantai kolam (m)

$s$  = faktor keamanan untuk

1,5 = untuk kondisi air normal

1,25 = untuk kondisi air banjir.

$w_x$  = kedalaman air pada titik x (m)

$\gamma_{pas}$  = berat jenis pasangan batu kali ( $2,2 \text{ N}/\text{m}^3$ )

1. Untuk Kondisi Muka Air Normal

Diketahui :  $P_L = 64,60 \text{ KN}/\text{m}^2$  ( dari perhitungan Tabel 7.8 )

$P_M = 50,99 \text{ KN}/\text{m}^2$  ( dari perhitungan Tabel 7.8 )

Tinjauan x dari L berjarak 0 m

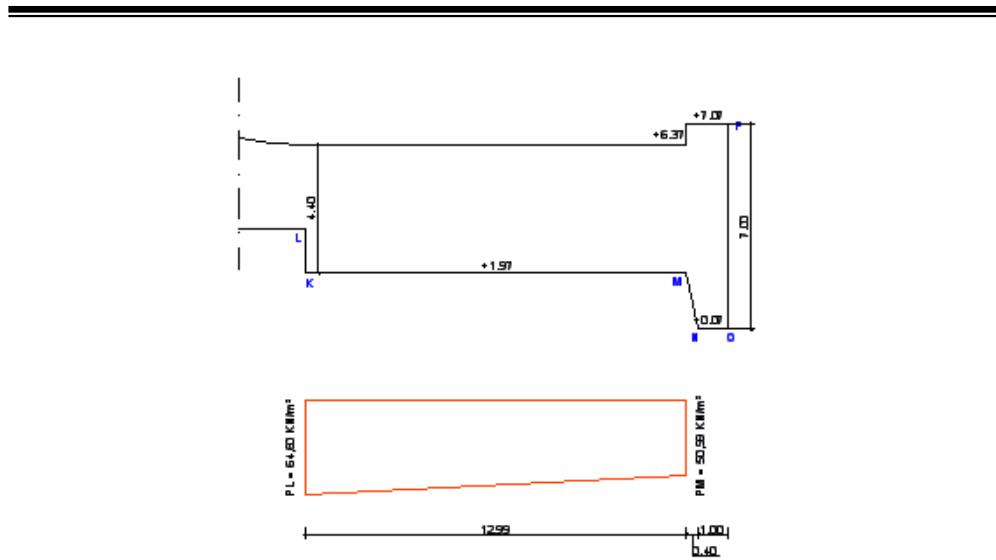
$P_x = 64,60 \text{ KN}/\text{m}^2$

$P_x = 6,46 \text{ T}/\text{m}^2$

Untuk kondisi air normal  $w_x = 0$

$$\text{Jadi tebal kolam minimum (} t_{\min} \text{) } = \frac{s.(p_x - w_x)}{\gamma_{pas}}$$

$$= \frac{1.5 * (6,46 - 0)}{2,2} = 4,40 \text{ m}$$



**Gambar 7.9 Tebal Minimum Lantai Kolam Olak Pada Air Normal**

## 2. Untuk Kondisi Muka Air Banjir

Diketahui :  $P_L = 93,39 \text{ KN/m}^2$  ( dari perhitungan Tabel 7.13 )

$P_M = 75,62 \text{ KN/m}^2$  (dari perhitungan Tabel 7.13 )

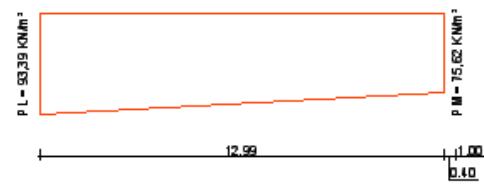
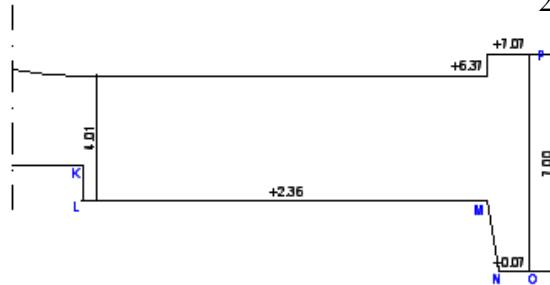
Tinjauan x dari L berjarak 0 m

$P_x = 93,39 \text{ KN/m}^2$

Untuk kondisi air normal  $W_x = 2,138 \text{ m}$

$$\text{Jadi tebal kolam minimum (t min)} = \frac{s.(p_x - w_x)}{\gamma_{pas}}$$

$$= \frac{1,25 * (9,34 - 2,138)}{2,2} = 4,09 \text{ m}$$



**Gambar 7.10 Tebal Minimum Lantai Kolam Olak Pada Air Banjir**

---

### 7.3 TINJAUAN TERHADAP GERUSAN

Tinjauan terhadap gerusan diperkirakan untuk mengantisipasi adanya gerusan lokal di hilir bendung. Untuk mengatasi gerusan tersebut, maka diisi batu kosong sebagai selimut lindung bagi tanah asli.

Rumus :

$$R = 0,47 (Q/f)^{1/3}$$

$$f = 1,76 \cdot D_m^{0,5}$$

Di mana :

$R$  = kedalaman gerusan di bawah permukaan air banjir (m)

$Q$  = debit yang melimpah di atas mercu ( $m^3/dt$ )

$f$  = faktor lumpur Lacey

$D_m$  = diameter rata-rata material dasar sungai (mm)

Data : Debit = 1.922,906  $m^3/dt$

$V$  = Debit/Apenampang

$$\text{Apenampang} = B_{eff} \cdot H_d = 62,694 * 5,189 = 325,319 m^2$$

$$V_{rata-rata} = 1.922,906 / 325,319 = 5,911 m/dt$$

Dengan  $V = 5,911$  m/det, maka dari grafik perencanaan ukuran batu kosong didapat nilai  $d_{40} = 40$  cm.

$$f = 1,76 \cdot (400)^{0,5}$$

$$= 35,2$$

$$R = 0,47 \times (1.922,906 / 35,2)^{1/3}$$

$$= 1,783 \text{ m}$$

Untuk keamanan dari turbulensi dan aliran tidak stabil  $R=1,5 * 1,783 = 2,675 \text{ m}$

Panjang lindungan dari batu kosong diambil =  $4*R = 4*1,783 = 7,132 \text{ m}$