

## DESAIN ULANG BENDUNG UNTUK PENINGKATAN DEBIT AIR IRIGASI DESA NANGKA KECAMATAN SATARMESE KABUPATEN MANGGARAI

Beatus Mariano Jinotra<sup>1</sup>, I Wayan Mundra<sup>2</sup>, dan Subandiyah Aziz<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Sipil, ITN Malang, Jalan Bendungan Sigura-gura No.2 Malang  
Email: [mjnotra@gmail.com](mailto:mjnotra@gmail.com)

### ABSTRACT

Wae Cepang dam is one of the dams in Manggarai Regency, located in Nangka Village, Satarmese District and this weir serves the agricultural land of Nangka village. It is necessary to know that almost most of the population work as rice farmers, and depend on the results of the rice fields, it is hoped that the optimization of the function of the weir building, so that it can support and maximize agricultural output. Wae Cepang weir should be able to irrigate the entire land if its function is optimized again. To note, the Wae Cepang weir has a serious problem, namely the problem of water seeping through under the body of the weir. So that the actual water that has to be channeled into the rice fields must be wasted and not used properly, for that it is necessary to redesign the weir to increase irrigation water discharge in Nangka Village, Satarmese District, Manggarai Regency. Based on the results of the hydrological analysis, the dimensions of the weir are obtained: the height of the weir is 2.1 meters, the flood water level is 4,599 meters, the width of the weir crest is 5.9 meters, the type of swimming pool is a concave type with a radius of 7.06 meters. Based on the results of the weir stability analysis, this construction is safe against overturning shear forces and the soil bearing capacity is safe for up lift, both in terms of normal water conditions and without or with an earthquake with the provisions of  $SF > 1.5$  for conditions without earthquakes and  $SF > 1.25$  for conditions with earthquake

Key word: Dimension and stability of weir

### ABSTRAK

Bendung Wae Cepang adalah salah satu bendung yang ada di Kabupaten Manggarai, terletak di Desa Nangka Kecamatan Satarmese dan bendung inilah yang melayani lahan pertanian desa Nangka. Perlu di ketahui bahwa hampir sebagian besar penduduknya berprofesi sebagai petani sawah, dan menggantungkan hidup dari hasil sawah, sangat di harapkan optimalisasi fungsi bangunan bendung, sehingga dapat menunjang dan memaksimalkan hasil pertanian. Bendung Wae Cepang seharusnya mampu mengairi seluruh lahan tersebut apabila fungsinya lebih di optimalkan kembali. Untuk di ketahui Bendung Wae cepang mempunyai masalah yang serius yaitu masalah merembesnya air melewati bawah tubuh bendung. Sehingga menyebabkan air yang sebenarnya harus di alirkan ke area persawahan harus terbuang percuma dan tidak di manfaatkan dengan baik, untuk itu perlu dilakukan desain ulang bendung untuk peningkatan debit air irigasi desa Nangka Kecamatan Satarmese Kabupaten Manggarai. Berdasarkan hasil analisa hidrologi didapat dimensi bendung : tinggi bendung adalah 2.1 meter, tinggi muka air banjir adalah 4.599 meter, lebar mercu bendung adalah 5,9 meter, tipe kolam olakan adalah tipe cekung dengan jari jari 7,06 meter. Berdasarkan hasil analisa stabilitas bendung, maka konstruksi ini aman terhadap gaya guling geser dan daya dukung tanah aman terhadap up lift, baik di tinjau pada kondisi air normal danpa ataupun dengan terjadi gempa dengan ketentuan  $SF > 1.5$  untuk kondisi tanpa gempa dan  $SF > 1.25$  untuk kondisi dengan gempa.

Kata kunci : Dimensi dan stabilitas bendung

### 1. PENDAHULUAN

Bendung merupakan bangunan air yang berfungsi, menampung air, menstabilkan aliran air/irigasi, mencegah banjir dan untuk bangunan pengalih. dimana perencanaan dan pelaksanaannya berbagai disiplin ilmu yang mendukung, seperti ilmu hidrologi,

hidrolika, irigasi, teknik sungai, pondasi, dan ilmu lingkungan untuk menganalisis dampak lingkungan dalam pembangunan bendung tersebut. Salah satu masalah yang sering muncul dari konstruksi bendung adalah masalah rembesan air. Rembesan air pada bangunan bendung merupakan salah satu masalah yang fatal karena dapat menyebabkan berkurangnya

debit air yang di salurkan oleh bangunan intake. Sehingga ada bagian bagian yang tidak mendapat pasokan air. Daerah irigasi di Kecamatan Satarmese memiliki luas lahan 75 Ha namun hanya 75 Ha saja lahan yang fungsional dan masih ada 35 Ha lahan potensial yang belum di maksimalkan. Bendung Wae Cepang seharusnya mampu mengairi seluruh lahan tersebut apabila fungsinya lebih di optimalkan kembali. Untuk di ketahui Bendung Wae cepang mempunyai masalah yang serius yaitu masalah merembesnya air melewati bawah tubuh bendung. Sehingga menyebabkan air yang sebenarnya harus di alirkan ke area persawahan harus terbuang percuma dan tidak di manfaatkan dengan baik.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### Hujan rancangan

Data hujan yang diperoleh dari alat penangkar hujan merupakan hujan yang terjadi hanya pada satu tempat atau titik saja (*point rainfall*). Mengingat hujan sangat bervariasi terhadap tempat, maka untuk kawasan yang luas, satu alat penakar hujan belum dapat menggambarkan hujan wilayah tersebut. Dalam hal ini diperlukan hujan kawasan yang diperoleh dari harga rata rata curah hujan beberapa stasiun penangkar hujan yang ada di dalam dan /disekitar kawasan tersebut. Dalam studi ini analisa curah hujan rancangan akan dilakukan dengan menggunakan metode *Distribusi Gumbel, Log Pearson Type III*.

### Kebutuhan air irigasi untuk tanaman

Kebutuhan air untuk irigasi adalah jumlah air yang dibutuhkan untuk keperluan bercocok tanam pada petak sawah ditambah dengan kehilangan air pada pola jaringan irigasi. Untuk menghitung kebutuhan air irigasi menurut rencana pola tata tanam, ada faktor yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

- Pola tanam yang diusulkan
- Kebutuhan air pada petak sawah
- Luas areal yang akan ditanami
- Efisiensi irigasi

### Uji kesesuaian distribusi

Pemeriksaan uji kesesuaian distribusi ini dimaksudkan untuk mengetahui suatu kebenaran hipotesa distribusi frekuensi. Dengan pemeriksaan uji ini akan diketahui:

- Kebenaran antara hasil pengamatan dengan model distribusi yang diharapkan atau akan diperoleh secara teoritis.
- Kebenaran hipotesa (diterima/ditolak)

Metode yang digunakan adalah:

Uji Secara vertical dengan Chi Square

Uji chi square digunakan untuk menguji simpangan secara vertical apakah distribusi pengamatan dapat diterima oleh distribusi teoritis.

Perhitungannya dengan menggunakan persamaan (Shahin, 1976: 186

### Banjir rancangan metode nakayasu

Nakayasu berasal dari Jepang yang telah menyelidiki hidrograf satuan pada beberapa sungai di Jepang . Mereka membuat rumus hidrograf satuan sintetik dari hasil penyelidikannya.

### Perencanaan bendung

#### a) Bangunan Pengambilan (*intake*)

Bangunan pengambil ini antara lain terdiri dari lantai./ambang dasar, pintu, dinding banjir, pilar penempatan pintu, dan perlengkapan lainnya. Bangunan ini merupakan satu kesatuan dengan bangunan pembilas dan tembok pangkal diudiknya, biasanya di letakan dengan sudut pengambilan arah tegak lurus

#### b) Bangunan Pelimpah

Secara umum tipe pelimpah yang dapat diterapkan pada bendung adalah

- Pelimpah tipe saluran terbuka
- Pelimpah tipe Ogge (overflow) Tinggi muka air diatas pelimpah dihitung dengan rumus:
- Peredam Energi

Adapun jenis peredam energi yang kita kenal antara lain:

- Tipe loncatan
- Tipe kolam olakan
- Tipe bakpusran
- Stabilitas Bendung

Pada saat air dibendung maka akan terjadi perbedaan tinggi tekan air didepan dan dibelakang bendung yang akan menimbulkan aliran air dibawah bendung (rayapan).

- Dasar pembebanan Bendung

Adapun gaya gaya yang bekerja pada bendung meliputi :

- Tekanan air dan sedimen
- Tekananan air statis ( *KP 02;1986;111 C.V. Galang Persada*)

$$P_w = 0,5 \cdot \gamma_w \cdot H_2 \cdot 1/3$$

## 3. METODE PENELITIAN

Data curah hujan yang diambil adalah data curah hujan 2005 sampai 2014

Table 1. Data curah hujan tertinggi selama 10 tahun.

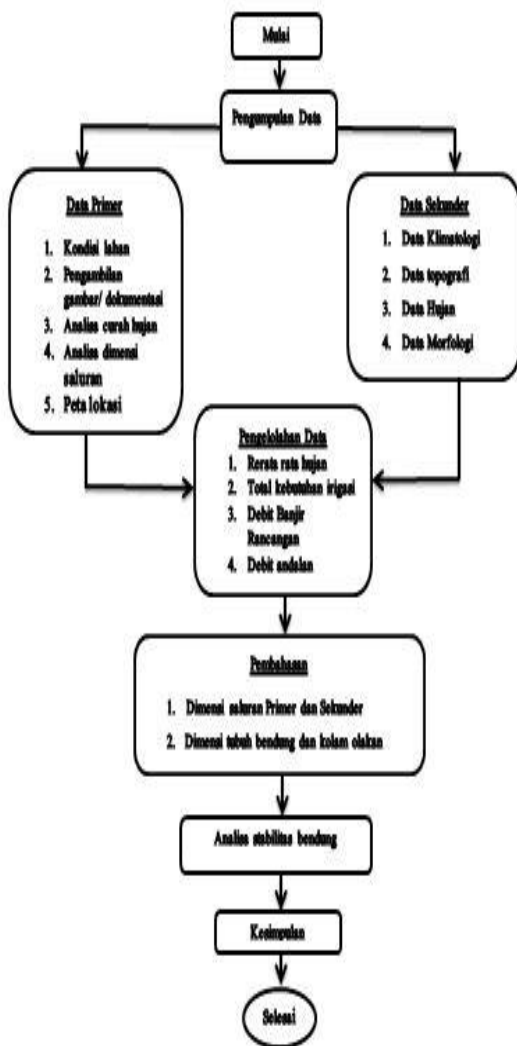
Tahun	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2013
<i>x<sub>i</sub></i>	98.08	97.56	89.23	90	102	99	75.98	105.8	105.3	117.4

Sumber: Balai Penyuluhan Kecamatan (bpk) Kecamatan Satarmese Kabupaten Manggarai

**Kondisi eksisting bendung wae cepang**

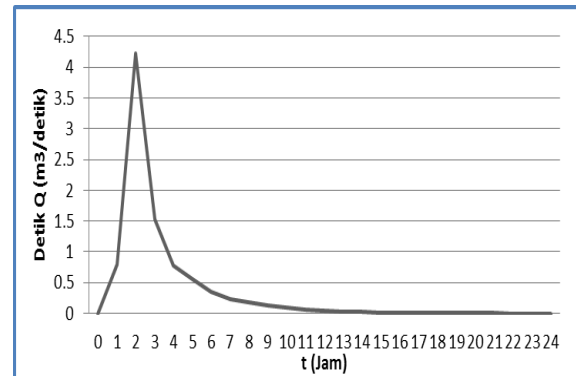
Bendung Wae Cepang merupakan salah satu bendung yang ada di kecamatan satarmese. Bendung Wae Cepang terletak didesa angka dimana bendung ini merupakan sarana untuk memenuhi kebutuhan air di desa angka untuk sektor pertanian, bendung Wae Cepang mampu menampung debit air sebesar 159,926 m<sup>3</sup>/ detik.

BAGAN ALIR  
DESAIN ULANG BENDUNG UNTUK PENINGKATAN DEBIT AIR IRRIGASI  
DI DESA ANGKA KEC. SATARMESE KAB. MANGGARAI NTT



Gambar 1. Bagan Alur Desain Ulang Bedung

**4. ANALISA DAN PEMBAHASAN  
Hidrograf banjir metode nakayasu**



Gambar 2. Hidrograf Sintetik Satuan Metode Nakayasu

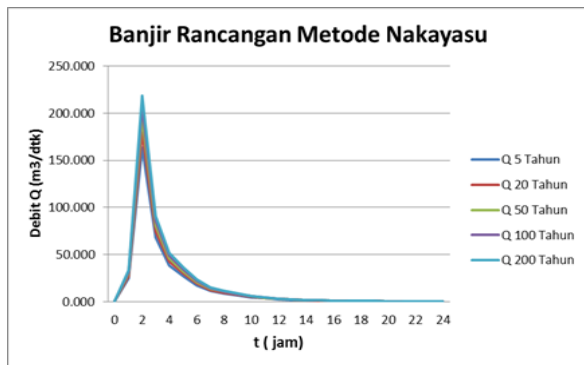
**Ordinat Banjir Rancangan Nakayasu**

Tabel 2. Ordinat Banjir Maksimum

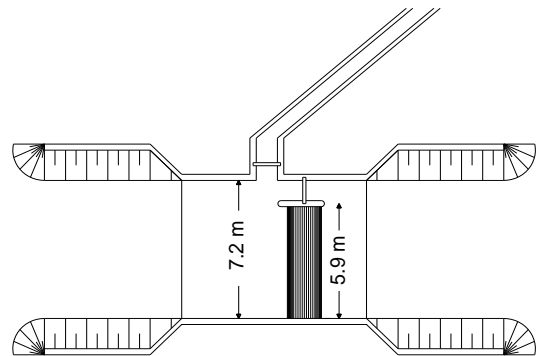
ORDINAT BANJIR RANCANGAN MAKSIMUM NAKAYASU					
t (jam)	Q Banjir Rancangan				
	Q 5	Q 20	Q 50	Q 100	Q 200
	Tahun	Tahun	Tahun	Tahun	Tahun
0	0.367	0.367	0.367	0.367	0.367
1	24.922901	27.370	29.725	31.457	33.201
2	163.65309	179.928	195.582	207.102	218.697
3	67.960047	74.697	81.177	85.946	90.746
4	38.702143	42.523	46.198	48.903	51.625
5	27.096504	29.761	32.323	34.209	36.107
6	17.547428	19.260	20.907	22.119	23.339
7	11.409699	12.510	13.569	14.348	15.132
8	8.8788876	9.727	10.543	11.144	11.748
9	6.4771706	7.086	7.672	8.103	8.537
10	4.7530937	5.190	5.611	5.920	6.232
11	3.515462	3.829	4.131	4.353	4.577
12	2.6270259	2.852	3.069	3.228	3.389
13	1.9892604	2.151	2.307	2.421	2.536
14	1.5314393	1.648	1.759	1.841	1.924
15	1.2027916	1.286	1.366	1.425	1.485
16	0.9668712	1.027	1.084	1.127	1.169
17	0.7975154	0.840	0.882	0.912	0.943
18	0.675943	0.707	0.736	0.758	0.780
19	0.588672	0.611	0.632	0.648	0.664
20	0.5260244	0.542	0.557	0.568	0.580
21	0.4810527	0.492	0.503	0.511	0.520
22	0.4487697	0.457	0.465	0.471	0.476
23	0.4255952	0.431	0.437	0.441	0.445
24	0.4089594	0.413	0.417	0.420	0.423

Debit Puncak 200 Tahun = 218.697 m3/detik

sumber : Perhitungan



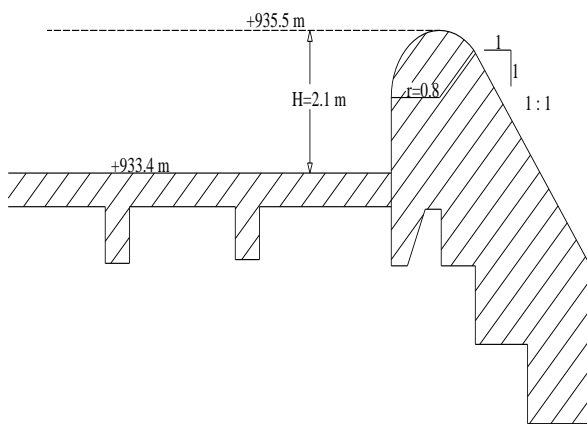
Gambar 3. Grafik banjir rancangan nakayasu



Gambar 5. Lebar Bendung

**Tinggi bendung**

Tinggi Bendung = Elevasi Mercu Bendung – Elevasi Dasar Sungai  
= 935.5 – 933.4 = 2.1 m



Gambar 4. Tinggi Bendung

**Lebar mercu bendung**

Lebar Mercu Bendung Bruto (Bb) ditentukan 1,2 lebar sungai rata-rata. Lebar sungai rata-rata adalah 6 m. Maka Lebar mercu bendung bruto adalah:

$$Bb = 1,2 \times 6 = 7.2 \text{ m}$$

Jadi lebar mercu bendung adalah 7.2 m

Untuk lebar bangunan pembilas diambil sebesar 1/10 dari lebar mercu bendung, maka dapat di hitung bangunan pembilas, sebagai berikut:

$$b = \left(\frac{1}{10}\right) \times Bb$$

$$b = \left(\frac{1}{10}\right) \times 7.2$$

$$b = 0.72 \text{ m sampai dengan } 1.2 \text{ m (dipakai } b = 1,00 \text{ m)}$$

Pada perencanaan bendung ini direncanakan 1 buah pilar dan 1 pintu pembilas, dimana lebar pilar (t) direncanakan 0.30 dari lebar pintu (b) sebesar 1,00 m Sedangkan untuk lebar mercu bendung efektif dihitung dengan rumus

$$Be = Bb - b - t$$

$$Be = 7.2 - 1 - 0.30$$

$$Be = 5.9 \text{ m}$$

**Tinggi muka air diatas mercu bendung**

Tinggi muka air di atas mercu bendung dihitung dengan menggunakan rumus

$$h = H_e - \frac{v^2}{2 \times g}$$

dari hasil sebelumnya di dapat:

Debit banjir periode ulang 20 tahun

( $Q_{20thn}$ ): 179,928 m<sup>3</sup>/detik

Tinggi total energi ( $H_e$ ): 5.267 m

Tinggi Bendung (H): 2.1 m

Lebar mercu bendung efektif ( $Be$ ) : 5.9 m

Sedangkan nilai  $\frac{v^2}{2 \times g}$  didapat berdasarkan perhitungan sebagai berikut:

$$A = Be \times (H + H_e)$$

$$A = 5.9 \times (2.1 + 5.267)$$

$$A = 43.46$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{179.928}{43.46} = 4.139 \text{ m/dtk}$$

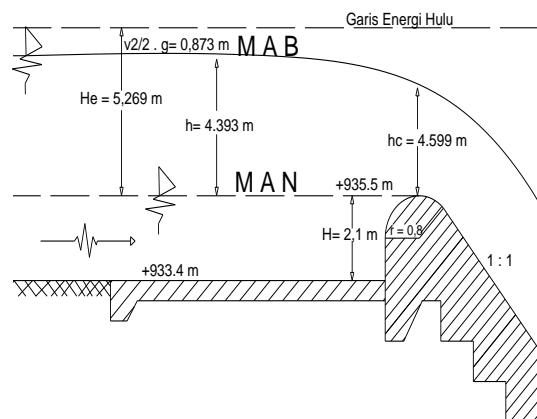
$$\frac{v^2}{2 \times g} = \frac{4.139^2}{2 \times 9.81} = 0.873$$

$$\frac{v^2}{2 \times g} = \frac{17.32}{19.62} = 0.873$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas maka tinggi muka air di atas mercu bendung adalah sebagai berikut:

$$h = H_e - \frac{V^2}{2 \times g}$$

$$h = 5.267 - 0.873 = 4.393$$



Gambar 6. Tinggi Muka Air di Atas Mercu

**Tinggi muka air banjir di hilir**

Untuk mengetahui atau menghitung tinggi muka air banjir dihilir sungai maka terlebih dahulu dibuat grafik hubungan antara bedi sungai dan elevasi penampang sungai dengan tabel perhitungan Debit sungai dengan elevasi sungai

$$d_2 = 0.5 \times d_1 ((1 + 8Hc^2)^{0.5} - 1)$$

$$= 0.5 \times 4.393((1 + 8 \times 4.559^2)^{0.5} - 1)$$

$$= 1.55 \text{ m}$$

**Menentukan Hc dan Vc**

Kedalaman air kritis (Hc)

Berdasarkan perhitungan sebelumnya diperoleh hasil sebagai berikut:

Debit banjir rencana periode ulang 20 thn :  
179,928 m<sup>3</sup>/detik

Lebar efektif mercu bendung Be : 5,9 m

Maka kedalaman air kritis (hc) adalah sebagai berikut:

$$q = \frac{Q_{banjir}}{Be}$$

$$q = \frac{179,928}{5,9} = 30,49 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{30,49^2}{9,81}} = 4.559 \text{ m}$$

**Kecepatan air kritis (Vc)**

Berdasarkan hasil perhitungan diatas diperoleh hasil sebagai berikut:

Kedalaman air kritis (hc) = 4.559 m

Maka kecepatan air kritis (Vc) sebagai berikut:

$$V_c = \sqrt{g \times h_c}$$

$$= \sqrt{9,81 \times 4.559}$$

$$= 6.687 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

**Dimensi kolam olakan**

Dalam perencanaan Peredam energy ini menggunakan tipe cekung dan dalam hal ini perlu diketahui besar radius lengkung, baru kemudian diperhitungkan kedalaman air minimumnya. Adapun urutan perhitungannya adalah sebagai berikut:

Radius Lengkung

Untuk melihat nilai  $\frac{R_{min}}{h_c}$  bisa dilihat dari grafik jari-jari minimum.

$$\frac{\Delta H}{h_c} = \frac{3,2}{4.559} = 0.7019$$

$$\frac{R_{min}}{h_c} = 1.55$$

$$R_{min} = 1.55 \times 4.559 = 7.06 \text{ m}$$

**Bangunan pengambil (intake)**

Diketahui:

Qkebutuhan = 0,413m<sup>3</sup>/dtk

Qpengambilan = 1,2 × 0,413 = 0.496 m<sup>3</sup>/dtk

Lebar Pintu Pengambilan (b)= 1,0 m

Koefisien debit dengan kehilangan tinggi energy kecil (μ)=0.70

Asumsi tinggi bukan pintu(a)= 0,5 m

Kehilangan tinggi energi =0,1024 (coba-coba)

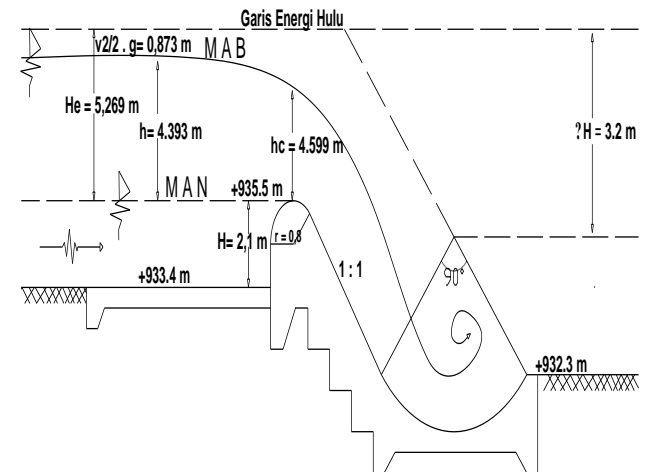
$$Q = \mu \times b \times a \times \sqrt{2 \times g \times z}$$

$$Q = 0.7 \times 1,0 \times 0,5 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,1024} = 0,4960921 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Nilai z diterima

**Pintu penguras**

Ukuran bangunan penguras dibuat sebesar 1/6 sampai dengan 1/10 dari lebar mercu bendung. Pada hitungan sebelumnya di dapat lebar pintu penguras adalah: 1 m Perencanaan bendung ini menggunakan 1 pilar dan 1 pintu pembilas dengan ukuran lebar pilar (t) 0.30 m dan lebar pintu (b) sebesar 1,00 m



Gambar 7. Dimensi Kolam Olakan

**Analisis stabilitas bendung**

a) Kondisi muka air normal

- Gaya Hidrostatik

$$Pw = \frac{1}{2} \times \gamma w \times H^2$$

$$Pw = \frac{1}{2} \times 11 \times 2.1^2$$

$$Pw = 24.255 \text{ kN/m}$$

- Momen akibat gaya hidrostatik

Dari perhitungan di atas di dapat momen sebagai berikut:

$$Mw = 24.255 \times 4.493 = 108.97$$

- Gaya hidrodinamis

Diketahui nilai Kh = 0.1

Maka besar gaya hidrodinamis

$$PE = 0.583 \times \gamma w \times Kh \times H^2$$

$$PE = 0.583 \times 11 \times 0.1 \times 2.1^2$$

$$PE = 2,828 \text{ kN/m}$$

- Momen akibat gaya hidrodinamis

Dari perhitungan di atas di dapat momen sebagai berikut:

$$ME = PE \times Y_1$$

$$ME = 2.828 \times 4.493 = 12.706 \text{ kN/m}$$

b) Kondisi muka air banjir

- Gaya Hidrostatik

$$Pw_1 = \frac{1}{2} \times \gamma w \times H^2$$

$$Pw_1 = \frac{1}{2} \times 11 \times 2.1^2$$

$$Pw_1 = 24.255 \text{ kN/m}$$

$$Pw_2 = \gamma w \times H^2 \times hc$$

$$Pw_2 = 11 \times 2.1^2 \times 2.845$$

$$Pw_2 = 138.0109 \text{ kN/m}$$

$$Pw = Pw_1 + Pw_2$$

$$Pw = 24.255 + 138,0109 = 162,266$$

- Momen akibat gaya hidrostatik

Dari perhitungan di atas di dapat momen sebagai berikut:

$$Mw = Pw \times Y_2$$

$$Mw = 162.265 \times 5.369 = 871.2058 \text{ kN/m}$$

- Gaya hidrodinamis

Diketahui nilai  $K_h = 0.1$

Maka besar gaya hidrodinamis

$$PE_1 = 0.583 \times \gamma w \times K_h \times H^2$$

$$PE_1 = 0.583 \times 11 \times 0.1 \times 2.1^2$$

$$PE_1 = 2,828 \text{ kN/m}$$

$$PE_2 = \gamma w \times K_h \times H^2 \times hc$$

$$PE_2 = 11 \times 0.1 \times 2.1^2 \times 2.845$$

$$PE_2 = 11 \times 0.1 \times 2.1^2 \times 2,845 = 13.801$$

$$PE = PE_1 + PE_2$$

$$PE = 2.828 + 13.801 = 16.629 \text{ kN/m}$$

- Momen akibat gaya hidrodinamis

Dari perhitungan di atas di dapat momen sebagai berikut:

$$ME = PE \times Y_2$$

$$ME = 16.629 \times 5,369 = 89.281 \text{ kN/m}$$

**Tinjauan stabilitas tubuh bendung dan kolam olak pada kondisi muka air normal**

- Perhitungan gaya up – lift

$$\text{Rumus } P = H - \frac{Lx}{Cw} = \sum L_v + \sum \frac{1}{3} L_h$$

Tabel 4.22 Perhitungan Gaya Up – lif

Berdasarkan perhitungan di atas, berikut adalah contoh cara untuk mencari nilai

$$Lw = \sum L_v + \sum \frac{1}{3} L_h$$

$$Lw = 10,6 + 3,667 = 14,267$$

$$H = 2,1 \text{ maka nilai } Cw = \frac{Lw}{H} = \frac{14,267}{3.2} = 4,458$$

Kontrol stabilitas terhadap guling, geser dan daya dukung tanah kondisi normal.

**Kontrol stabilitas terhadap guling, geser dan daya dukung tanah kondisi air normal**

Tabel 4. Momen Akibat Berat Sendiri

Tabel 3. Gaya Up-lift

Titik	Garis Line	Panjang Rembesan			Lw	dH = Lw/Cw	H	P=H-dH
		Lh	1/3*Lh	Lv				
A					0	3.2	3.20	
B	A-B			1.00	1.000	0.22	2.98	
C	B-C	0.50	0.167		1.167	0.26	2.94	
D	C-D			0.50	1.667	0.37	2.83	
E	D-E	5.00	1.667		3.333	0.75	2.45	
F	E-F			2.60	5.933	1.33	1.87	
G	F-G	1.00	0.333		6.267	1.41	1.79	
H	G-H			1.50	7.767	1.74	1.46	
I	H-I	0.50	0.167		6.433	1.44	1.76	
J	I-J			0.50	6.933	1.56	1.64	
K	J-K	1.00	0.333		7.267	1.63	1.57	
L	K-L			1.00	8.267	1.85	1.35	
M	L-M	1.00	0.333		8.600	1.93	1.27	
N	M-N			1.00	9.600	2.15	1.05	
O	N-O	1.50	0.500		10.100	2.27	0.93	
P	O-P			1.00	11.100	2.49	0.71	
Q	P-Q	0.50	0.167		11.267	2.53	0.67	
R	Q-R			1.50	12.767	2.86	0.34	
Jumlah		11	3.667	10.6	119.467			

Titik	Garis Line	Panjang Rembesan			Lw =	Cw	dH = Lw/Cw	H	P=H-dH
		Lh	1/3*Lh	Lv					
A					1.000	4.458	3.2	2.975701	
B	A-B			1.00	1.000	0.224299		2.975701	
C	B-C	0.50	0.167		1.167	0.261682		2.938318	
D	C-D			0.50	1.667	0.373832		2.826168	
E	D-E	5.00	1.667		3.333	0.747664		2.452336	
F	E-F			2.60	5.933	1.330841		1.869159	
G	F-G	1.00	0.333		6.267	1.405607		1.794393	
H	G-H			1.50	7.767	1.742056		1.457944	
I	H-I	0.50	0.167		6.433	1.442991		1.757009	
J	I-J			0.50	6.933	1.55514		1.64486	
K	J-K	1.00	0.333		7.267	1.629907		1.570093	
L	K-L			1.00	8.267	1.854206		1.345794	
M	L-M	1.00	0.333		8.600	1.928972		1.271028	
N	M-N			1.00	9.600	2.153271		1.046729	
O	N-O	1.50	0.500		10.100	2.265421		0.934579	
P	O-P			1.00	11.100	2.48972		0.71028	
Q	P-Q	0.50	0.167		11.267	2.527103		0.672897	
R	Q-R			1.50	12.767	2.863551		0.336449	
Jumlah		11	3.667	10.6	119.467				

Cara mencari nilai  $C_w$  adalah sebagai berikut:

$$L_w = \sum L_v + \sum \frac{1}{3} L_h$$

$$L_w = 10,6 + 3,66 = 14,26$$

$$H = 3,2 \text{ maka nilai } C_w = \frac{L_w}{H} = \frac{13,26}{3,2} = 4,458$$

**Kontrol stabilitas terhadap guling, geser dan daya dukung tanah kondisi air normal**

Tabel 5. Momen Akibat Berat Bendung Sendiri

Luas bidang	ybatu kN/m <sup>3</sup>	Gaya kN/m	Lengan m	Momen kN/m
G1	0.50	22	11.06	38.72
G2	0.50	22	11.06	29.86971
G3	2.26	22	49.76	174.174
G4	0.52	22	11.44	20.3632
G5	2.86	22	62.92	220.22
G6	0.40	22	8.83	5.91811
G7	1.50	22	33.00	115.5
G8	0.50	22	11.00	22
G9	1.50	22	33.00	33
G10	0.75	22	16.50	24.75
G11	0.75	22	16.50	33
Jumlah		= 265.08		717.52

Tabel 6. Momen Akibat Gaya Angkat

Luas bidang	Lengan m	Momen kN/m
W1	5.916	27.2136
W2	5.4354	20.65452
W3	4.9596	15.87072
W4	4.32	12.3984
W5	3.36	7.4256
W6	2.5602	1.433712
Jumlah	26.5512	84.99655

**Kontrol stabilitas bendung terhadap gaya guling, geser dan daya dukung tanah dengan kondisi muka air normal tanpa gempa.**

Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya di dapat:

- Stabilitas terhadap gaya guling

Momen guling (MG)

$$\text{Akibat gaya up - lift} = 84,99$$

$$\text{Akibat gaya hidrostatis} = 108,97 \text{ kN/m}$$

$$\text{Akibat tekanan tanah aktif} = 6,3 \text{ kN/m}$$

$$\text{Jumlah} = 200,26 \text{ Kn/m}$$

Momen penahan (Mr)

$$\text{Akibat berat sendiri} = 717,52 \text{ kN/m}$$

$$\text{Akibat tekanan tanah pasif} = 2,7 \text{ kN/m}$$

$$\text{Jumlah} = 720,22$$

$$SF = \frac{Mr}{MG} \geq 1,5 \quad SF = \frac{720,22}{200,36} = 3,5963$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas di dapat nilai  $SF = 3,5963 \geq 1,5$  maka, dapat di simpulkan konstruksi aman terhadap gaya guling.

- Stabilitas terhadap geser

$\sum V$

$$\text{Akibat berat sendiri} = 265,08 \text{ kN/m}$$

$$\text{Akibat gaya up - lift} = -26,551 \text{ kN/m}$$

$$\text{Jumlah} = 238,53 \text{ kN/m}$$

$\sum H$

$$\text{Akibat gaya hidrostatis} = 24,255 \text{ kN/m}$$

$$\text{Akibat gaya gempa} = 8,8 \text{ kN/m}$$

$$\text{Akibat tekanan tanah aktif} = 6,3 \text{ kN/m}$$

$$\text{Akibat tekanan tanah pasif} = 2,70 \text{ kN/m}$$

$$\text{Jumlah} = 42,055 \text{ kN/m}$$

$$SF = \frac{(f \times \sum V) + (C \times L)}{\sum H} \geq 1,5$$

$$SF = \frac{(0,385 \times 238,53) + (0,5 \times 5,5)}{42,025} = 2,249$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas di dapat nilai  $SF = 2,249 \geq 1,5$  maka, dapat di simpulkan konstruksi aman terhadap gaya geser.

- Stabilitas terhadap daya dukung

Eksentrisitas :

$$(e) = \frac{L}{2} - \frac{\sum M}{\sum V} \leq 1,6 L$$

$$(e) = \frac{5,5}{2} - \frac{720,22 + 200,26}{238,53} = -1,10899$$

$$= -1,10899 \leq 2,27$$

Daya dukung :

$$\sigma = \frac{\sum V}{L} \left( 1 \pm \frac{6 \times e}{L} \right)$$

$$\sigma = \frac{238,53}{5,5} \left( 1 \pm \frac{6 \times -1,10899}{5,5} \right) = 96,836 \text{ kN/m}^2$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas di peroleh nilai  $\sigma = 96,836 \text{ kN/m}^2 \leq 200 \text{ kN/m}^2$  maka, dapat di simpulkan bahwa konstruksi aman terhadap daya dukung tanah.

**Kontrol stabilitas bendung terhadap gaya guling, geser dan daya dukung tanah dengan kondisi muka air normal terjadi gempa.**

Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya di dapat:

Momen guling (MG)

$$\text{Akibat gaya up - lift} = 84,99 \text{ kN/m}$$

$$\text{Akibat gaya hidrodinamis} = 12,706 \text{ kN/m}$$

$$\text{Akibat gaya hidrostatis} = 108,97 \text{ kN/m}$$

$$\text{Akibat tekanan tanah aktif} = 7,61 \text{ kN/m}$$

$$\text{Jumlah} = 268,443 \text{ kN/m}$$

Momen penahan (Mr)

$$\text{Akibat berat sendiri} = 717,52 \text{ kN/m}$$

$$\text{Akibat tekanan tanah pasif} = 3,26 \text{ kN/m}$$

$$\text{Jumlah} = 720,78 \text{ kN/m}$$

$$SF = \frac{720,78}{268,443} \geq 1,5$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas di dapat nilai  $SF = 2,685 \geq 1,5$  maka, dapat di simpulkan konstruksi aman terhadap gaya guling.

- Stabilitas terhadap geser

$\Sigma V$

Akibat berat sendiri = 265,08kN/m

Akibat gaya up – lif t= -26.551kN/m

Jumlah = 238.529kN/m

$\Sigma H$

Akibat gaya hidrodinamis = 2,828 kN/m

Akibat gaya hidrostatis = 22,255 kN/m

Akibat gaya gempa = 8,8 kN/m

Akibat tekanan tanah aktif = 7,61kN/m

Akibat tekanan tanah pasif = 3,26 kN/m

Jumlah = 44.753

$$SF = \frac{(f \times \Sigma V) + (C \times L)}{\Sigma H} \geq 1.25$$

$$SF = \frac{(0,385 \times 238.529) + (0,5 \times 5.5)}{44.753} = 2.113$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas di dapat nilai SF = 2.113  $\geq$  1.25 maka, dapat di simpulkan konstruksi aman terhadap gaya geser.

- Stabilitas terhadap daya dukung

Eksentrisitas :

$$(e) = \frac{L}{2} - \frac{\Sigma M}{\Sigma V} \leq 1.6 L$$

$$(e) = \frac{5.5}{2} - \frac{268.443 + 720.78}{238.529} = -1,39718$$

Daya dukung :

$$\sigma = \frac{\Sigma V}{L} \left( 1 \pm \frac{6 \times e}{L} \right) =$$

$$\sigma = \frac{238.529}{5.5} \left( 1 \pm \frac{6 \times -1,39718}{5.5} \right) = 109,4716 \text{ kN/m}^2$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas di peroleh nilai  $\sigma = \text{kN/m}^2 \leq 200 \text{kN/m}^2$  maka, dapat di simpulkan bahwa konstruksi aman terhadap daya dukung tanah.

### Tinjauan stabilitas tubuh bendung dan kolam olak pada kondisi muka air banjir

$$\text{Rumus } P = H - \frac{Lx}{Cw} = H - \frac{Lx}{Lw} H$$

$$= \Sigma L_v + \Sigma \frac{1}{3} L_h$$

Tabel 7. Perhitungan gaya up - lift

Titik	Garis Line	Panjang Rembesan		Lw =	Cw	dH = Lw/Cw	H	P=H.dH
		Lh	1/3*Lh					
A	A-B			1.00	1.000	3.03546	5.2	4.871
B	B-C	0.50	0.167		1.167			4.816
C	C-D			0.50	1.667		0.549	4.651
D	D-E	5.00	1.667		3.333		1.098	4.102
E	E-F			2.60	5.933		1.955	3.245
F	F-G	1.00	0.333		6.267		2.064	3.136
G	G-H			1.50	7.767		2.559	2.641
H	H-I	0.50	0.167		6.433		2.119	3.081
I	I-J			0.50	6.933		2.284	2.916
J	J-K	1.00	0.333		7.267		2.394	2.806
K	K-L			1.00	8.267		2.723	2.477
L	L-M	1.00	0.333		8.600		2.833	2.367
M	M-N			1.00	9.600		3.163	2.037
N	N-O	1.50	0.500		10.100		3.327	1.873
O	O-P			1.00	11.100		3.657	1.543
P	P-Q	0.50	0.167		11.267		3.712	1.488
Q	Q-R			1.50	12.767		4.206	0.994
R								
Jumlah		11	3.667	10.6	119.467			

### Kontrol stabilitas terhadap gaya guling, geser dan daya dukung tanah kondisi air banjir

Tabel 8. Momen akibat berat bendung sendiri

Luas bidang	$\gamma$ batu kN/m <sup>3</sup>	$\gamma$ air	Gaya kN/m	Lengan m	Momen kN/m	
G1	0.50	22		11.06	3.50	38.72
G2	0.50	22		11.06	2.70	29.86971
G3	2.26	22		49.76	3.50	174.174
G4	0.52	22		11.44	1.78	20.3632
G5	2.86	22		62.92	3.50	220.22
G6	0.40	22		8.83	0.67	5.91811
G7	1.50	22		33.00	3.50	115.5
G8	0.50	22		11.00	2.00	22
G9	1.50	22		33.00	1.00	33
G10	0.75	22		16.50	1.50	24.75
G11	0.75	22		16.50	2.00	33
W1	1.68		11	18.48	7.47	138.0456
W2	1.14		11	12.54	7.61	95.4294
W3	2.205		11	24.26	5.78	140.1939
W4	3.4965		11	38.46	5.53	212.6921
W5	4.54		11	49.94	4.27	213.2438
W6	1.55		11	17.05	2.97	50.6385
W7	1.043		11	11.47	1.28	14.68544
Jumlah		=		437.2822		1582.444

### Momen akibat Gaya angkat

Luas bidang	Lengan m	Momen kN/m	
W1	9.048	4.6	41.6208
W2	8.034	3.8	30.5292
W3	6.786	3.2	21.7152
W4	6.288	2.87	18.04656
W5	5.532	2.21	12.22572
W6	4.344	0.56	2.43264
Jumlah	30.984		126.5701

### Kontrol stabilitas terhadap gaya guling, geser dan daya dukung tanah kondisi air banjir tanpa gempa

Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya di dapat:

- Stabilitas terhadap gaya guling

Momen guling (MG)

Akibat gaya up – lift= 126,57 kN/m

Akibat gaya hidrostatis = 871.2058 kN/m

Akibat tekanan tanah aktif = 7.61 kN/m

Jumlah = 1005,39

Momen penahan (Mr)

Akibat berat sendiri = 1582.44 kN/m

Akibat tekanan tanah pasif = 3,26 kN/m

Jumlah = 1585,7 kN/m

$$SF = \frac{Mr}{MG} \geq 1,5$$

$$SF = \frac{1585,7}{1005,39} \geq 1,5$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas di dapat nilai SF = 1.576  $\geq$  1.5 maka, dapat di simpulkan konstruksi aman terhadap gaya guling.



- Stabilitas terhadap geser

$\Sigma V$

Akibat berat sendiri = 437.282 kN/m

Akibat gaya up – lift = -30.984 kN/m

Jumlah = 416,298 kN/m

$\Sigma H$

Akibat gaya hidrodinamis = 16,629 kN/m

Akibat gaya hidrostatis = 162.266 kN/m

Akibat gaya gempa = 8.8 kN/m

Akibat tekanan tanah aktif = 6.3kN/m

Akibat tekanan tanah pasif = 2.7 kN/m

Jumlah = 196.69kN/m

$$SF = \frac{(f \times \Sigma V) + (C \times L)}{\Sigma H} \geq 1.5$$

$$SF = \frac{(0.385 \times 416,298) + (0.5 \times 5.5)}{196,69} \geq 1.5$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas di dapat nilai SF = 2.054  $\geq$  1,5 maka, dapat di simpulkan konstruksi aman terhadap gaya geser.

➤ Stabilitas terhadap daya dukung

Eksentrisitas :

$$(e) = \frac{L}{2} - \frac{\Sigma M}{\Sigma V} \leq 1.6 L$$

$$(e) = \frac{5.5}{2} - \frac{2591.7}{416,298} \leq 1.6 L$$

$$-3.474 \leq 1.6 L$$

Daya dukung :

$$\sigma = \frac{\Sigma V}{L} \left( 1 \pm \frac{6 \times e}{L} \right)$$

$$\sigma = \frac{416,298}{5.5} \left( 1 \pm \frac{6 \times -3,474}{5.5} \right) = 157.831$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas di peroleh nilai  $\sigma = 157.831 \text{ kN/m}^2 \leq 200 \text{ kN/m}^2$  maka, dapat di simpulkan bahwa konstruksi aman terhadap daya dukung tanah.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan data dan pembahasan dalam bab terdahulu maka dapat di ambil kesimpulan

- Berdasarkan hasil analisa hidrologi didapat dimensi bendung : Tinggi bendung adalah 2.1 meter, Tinggi muka air banjir adalah 4.599 m, Lebar

mercu bendung adalah 5,9 m, Tipe kolam olakan adalah tipe cekung dengan jari jari 7.06 m

- Berdasarkan hasil analisa stabilitas bendung , maka konstruksi ini aman terhadap gaya guling geser dan daya dukung tanah aman terhadap up lift, baik di tinjau pada kondisi air normal danpa ataupun dengan terjadi gempa dengan ketentuan SF > 1.5 untuk kondisi tanpa gempa dan SF > 1.25 untuk kondisi dengan gempa

### Saran

Berdasarkan pengolahan dan pembahasan data dari bab-bab terdahulu diharapkan dapat memberikan peningkatan di dalam sector pertanian dan disarankan untuk perencana agar lebih mengedepankan nilai kualitas dari sebuah bangunan yang direncanakan, karena semua syarat dan ketentuan yang ditetapkan adalah sesuai dengan tingkat keamanan suatu bangunan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Soemarto, CD. 1987. *Hidrologi Teknik*, Surabaya : Usaha Nasional
- Soemarto, CD. 1999. *Hidrologi Teknik, edisi ke-2*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Ir. Prastumi, MT. dan Dr. Ir. Masrevaniah, Dipl.He. 2008. *Bangunan Air* ; Surabaya : Srikandi
- Soediby, 2003. *Teknik Bendungan*. Jakarta : Pradnya Paramita
- Dinas Pekerjaan Umum (Dinas PU) Kab. Manggarai
- Erman M, 2002. *Bangunan Pengambilan (intake)*. Jakarta
- Chow, 1959. *Perencanaan Bangunan Air*
- Suyono Sosrodarsono., 1994. *Hidrologi Untuk Pengairan*, Penerbit PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Depart. Pekerjaan umum. 1986. *Kriteria Perencanaan bagian Utama KP – 02*
- Depart. Pekerjaan umum. 1986 *Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan KP - 04*
- Erman, Mawardi. Moch. Memet . 2002. *Desain Hidrolik Bendung Tetap*. Alfabeta. Bandung