



P-ISSN : 2622-1276
E-ISSN : 2622-1284

The 6th Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH)

Website Ciastech 2023 : <https://ciastech.net>

Open Conference Systems : <https://ocs.ciastech.net>

Proceeding homepage : <https://publishing-widyagama.ac.id/ejournal-v2/index.php/ciastech/issue/view/236>

ANALISIS BENDUNG UNTUK PEMANFAATAN POMPA AIR TENAGA HIDROLIK DI KABUPATEN MALANG JAWA TIMUR

Akhmad Zulham Habibie^{1*)}, Riman²⁾, Dafid Irawan³⁾

^{1,2,3)} Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang

INFORMASI ARTIKEL

Data Artikel :

Naskah masuk, 2 Oktober 2023

Direvisi, 13 November 2023

Diterima, 21 November 2023

Email Korespondensi :

zulhamhabibie@gmail.com

ABSTRAK

Bendung memiliki peranan penting sebagai sumber energi yang ramah lingkungan. Potensi tersebut dapat dioptimalkan dengan analisis dimensi hidrolis dan stabilitas bendung sebagai faktor penting untuk keamanan bendung. Metode pengambilan data dilakukan dengan melakukan studi literatur pada data-data yang berkaitan. Teknik analisis data menggunakan metode campuran (*mixed methods analysis*) yaitu menggabungkan pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dimensi hidrolis dan stabilitas Bendung Sumber Buncis di Kabupaten Malang. Hasil analisis dimensi hidrolis bendung menunjukkan bahwa tipe mercu yang optimal adalah tipe bulat dengan tinggi mercu 1,7 m pada elevasi muka air normal 402 Mdpl dan muka Air banjir 404,74 Mdpl. Lebar efektif bendung (B_e) sebesar 9,98 m. Hasil Analisis stabilitas bendung dikontrol terhadap guling dan geser pada saat air normal dan banjir. Keamanan terhadap guling saat air normal adalah $2 > 1,5$, dan terhadap geser adalah $1,60 > 1,25$. Saat banjir, keamanan terhadap guling mencapai $1,97 > 1,5$, dan terhadap geser adalah $1,32 > 1,25$. Bendung berfungsi untuk memutar Pompa air tenaga Hidrolik dengan *head* pompa sebesar 125 m.

Kata Kunci : Bendung, Dimensi, Hidrolis, Stabilitas

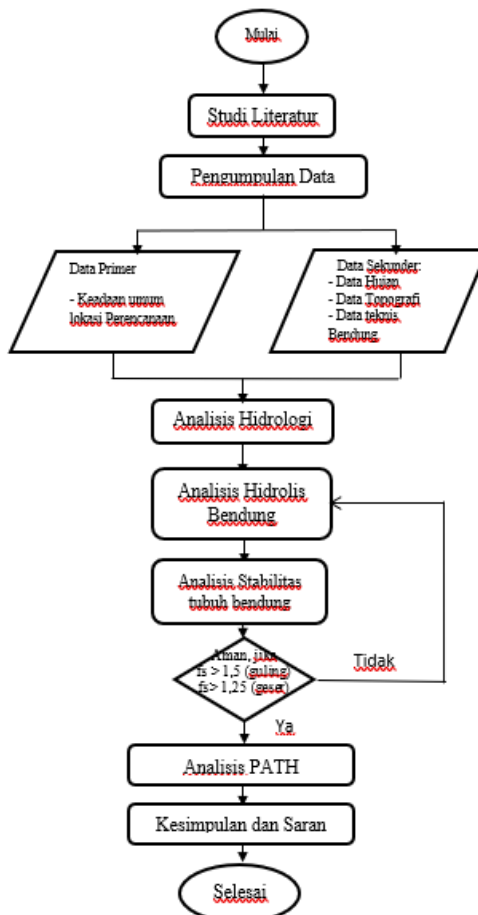
1. PENDAHULUAN

Bendung yang terletak di Kabupaten Malang, memiliki peranan penting dalam mengatur aliran air dan menyediakan sumber daya air bagi wilayah sekitarnya. Selain itu, bendung ini juga memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi yang ramah lingkungan melalui penggunaan pompa air tenaga hidrolik. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis terhadap dimensi

hidrolis dan stabilitas Bendung berdasarkan kondisi hidrologi saat ini. Selain itu, dilakukan tinjauan terhadap perubahan hasil dari desain lama Bendung.

2. METODE PENELITIAN

Dalam suatu Analisis bendung, diawali dengan survei dan investigasi dari lokasi yang bersangkutan guna memperoleh data yang berhubungan dengan perencanaan yang lengkap dan teliti. Setelah data yang diperoleh lengkap maka dilakukan Analisis terhadap bendung ditinjau dari perencanaan lama dan baru. Selanjutnya adalah dengan menganalisis stabilitas bendung yang ditinjau terhadap guling dan geser. Metodologi Analisis Bendung dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Hidrologi

Analisis Curah Hujan Wilayah

Data hujan berupa data hujan harian yang diperoleh dari stasiun penakar hujan manual yang ada di Stasiun Curah Hujan Dampit, Kecamatan Dampit, Kabupaten Malang dari tahun 2000 sampai dengan 2020 selama 20 tahun.

Analisis Curah Hujan Rancangan

a. Hujan Harian Maksimum Tahunan

Tabel 1. Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan

No	Tahun	Hujan Maks (mm)
1	2000	106
2	2001	84
3	2002	149
4	2003	98
5	2004	167
6	2005	145
7	2006	106
8	2008	117
9	2009	106
10	2010	108
11	2011	89
12	2012	109
13	2013	75
14	2014	74
15	2015	89
16	2016	147
17	2017	103
18	2018	86
19	2019	92
20	2020	156

Sumber: Hasil Perhitungan 2021

Analisis banjir rancangan

Persamaan distribusi jam-jaman adalah:

$$It = \frac{Rt}{R_{24}} \times 100\% \quad (1)$$

Dengan It adalah persentase hujan rata-rata jam ke t (%), Rt adalah intensitas hujan rata-rata jam ke t (mm), R₂₄= curah hujan harian penyebab banjir rata-rata (mm).

Tabel 2 Distribusi Hujan Jam-Jaman

No.	Jam ke	Ratio	Kumulatif	Hujan Jam-Jaman (mm)							
				1,01	2	5	10	20	25	50	100
1	1,00	58,48%	58,48%	19,13	31,84	38,21	43,15	47,26	49,46	54,24	59,10
2	2,00	15,20%	73,68%	4,97	8,28	9,93	11,21	12,28	12,85	14,10	15,36
3	3,00	10,66%	84,34%	3,49	5,81	6,97	7,87	8,62	9,02	9,89	10,77
4	4,00	8,49%	92,83%	2,78	4,62	5,55	6,26	6,86	7,18	7,87	8,58
5	5,00	7,17%	100,00%	2,34	3,90	4,68	5,29	5,79	6,06	6,65	7,24
HUJAN RANCANGAN (mm)				65,42	108,90	130,68	147,56	161,62	169,14	185,50	202,11
KOEFSISIEN PENGALIRAN				0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
HUJAN EFEKTIF (mm)				32,71	54,45	65,34	73,78	80,81	84,57	92,75	101,05

Sumber : Analisis Hidrologi 2021 [1]

Tabel 3 Rekapitulasi Analisis Banjir Rancangan

NO	KALA ULANG	HASPERS	BANJIR RANCANGAN (m ³ /dt)			BANJIR TERPILIH (m ³ /dt)
			RASIONAL	ITB-1	ITB-2	
1	1,01	12.38	13,21	14,1	13,31	14,1
2	2	20.60	21.99	23,47	22,15	23,47
3	5	24.72	26.38	28,17	26,58	28,17
4	10	27.91	29.79	31,81	30,01	31,81
5	20	30.57	32.63	34,84	32,87	34,84
6	25	31.99	34,15	36,46	34.40	36,46
7	50	35.09	37.45	39,99	37,73	39.99
8	100	38.23	40.81	43.57	41.11	43.57

Sumber: Hasil Perhitungan 2021

3.2 Analisis Hidrolis Bendung

Menentukan Elevasi Mercu Bendung

Untuk menentukan elevasi mercu bendung dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Menentukan Elevasi Mercu Bendung

No.	Uraian	Ketinggian
1	Elevasi dasar saluran pipa	+400,35
2	Kehilangan tekanan;	
	- kehilangan di saluran Induk ke Sekunder	0,30 m
	- Kehilangan di pintu intake	0,10 m
	- kehilangan di bangunan pengantar / penguras	0,10 m
	- Bangunan lain antara lain kantong sedimen	0,30 m
	- kehilangan di saluran sekunder ke tersier	0,85 m
3	Elevasi rencana mercu Bendung	+402,00 m
4	Elevasi dasar sungai	+400,30 m
5	Tinggi mercu bendung	+ 1,70 m

Sumber : Hasil Perhitungan 2023

Dari tabel 4, maka dapat ditentukan elevasi rencana mercu bendung berada pada elevasi ±402,00 m dengan elevasi dasar sungai sumber boncis ± 400,30 m, maka tinggi mercu bendung adalah 1,70 m.

Perencanaan Lebar Bendung

Lebar Efektif bendung (Bef) dihubungkan dengan lebar mercu yang sebenarnya (B), yakni jarak antara pangkal bendung dengan pilar, dengan persamaan berikut:

$$Be = B - 2 (n \times Kp + Ka) He \quad (2)$$

Dimana Be adalah Lebar efektif bendung (m), B adalah Lebar total bendung (m), Ka adalah Koefisien kontraksi pangkal, Kp adalah Koefisien kontraksi pilar bending, n adalah Jumlah pilar, He adalah Tinggi energi (m), B adalah 1,2 x lebar rata-rata sungai/lebar normal sungai (m) atau bisa juga ditentukan sama dengan lebar rata-rata sungai stabil atau pada lebar penuh alur (*bank full discharge*),

Kp adalah Koefisien kontraksi pilar (untuk pilar bulat) = 0,01 dan Ka adalah Koefisien kontraksi pangkal bendung = 0,10

$$B_{tot} = \left(\frac{\text{Lebar rata - rata} + \text{Lebar dasar sungai}}{2} \right) \times 1,2$$

$$B_{tot} = \left(\frac{9 + 8,68}{2} \right) \times 1,2$$

$$B_{tot} = 15 \times 1,2$$

$$B_{tot} = 10,60 \text{ m}$$

Jadi lebar efektif bendung adalah

$$B_e = B - 2 (n \times K_p + K_a) H_e$$

$$B_e = 10,60 - 2 (1 \times 0,01 + 0,10) H_e$$

$$B_e = 10,60 - 0,02 + 0,20 H_1$$

$$B_e = 10,60 - 0,22 H_e$$

Tinggi Muka Air Diatas Mercu Bendung

Tinggi muka air diatas mercu dapat dihitung dengan persamaan tinggi energi pada debit untuk ambang bulat yaitu:

$$Q = C_d \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot g \cdot B_e \cdot H^{\frac{3}{2}} \quad (3)$$

Diketahui:

$$\text{Debit rencana } (Q_{100}) = 43,57 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\text{Tinggi mercu bendung } (P) = 1,70 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi dasar sungai} = \pm 400,30 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi mercu bendung} = \pm 402 \text{ m}$$

Bila disederhanakan rumus di atas menjadi :

$$Q = 1,704 \cdot B_e \cdot H_e^{1,5} \quad (4)$$

Dari literatur lain (V.T. Chow):

$$Q = C \cdot B_e \cdot H_e^{3/2} \quad (5)$$

Dimana $L = B_e$, C mempunyai nilai 1,7 – 2,2 dari persamaan tersebut diperoleh nilai $C=2,2$ (lihat *open channel hydraulic*, V.T. Chow, hal 369).

dimana:

$$Q = \text{debit banjir sungai rencana} = 43,57 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$C = \text{koefisien debit pelimpah}$$

$$B_e = \text{lebar mercu bendung efektif, m}$$

$$H_e = \text{tinggi energi, m}$$

Dari persamaan di atas tinggi energi dapat dihitung yaitu:

Perhitungan dilakukan dengan cara *trial and error*.

Langkah pertama diasumsikan nilai $B_e = 10,50 \text{ m}$

$$Q = C \cdot B_e \cdot H_e^{3/2}$$

$$H_e = \left(\frac{Q}{C \cdot B_e} \right)^{2/3}$$

$$He = \left(\frac{43,57}{2,2 \times 10,50} \right)^{3/2}$$

$$He = 2,6 \text{ m}$$

Kemudian di kontrol apakah Be sesuai dengan asumsi dengan:

$$B_e = 10,60 - 0,22 H_e$$

$$B_e = 10,60 - 0,22 \cdot 2,6$$

$$B_e = 10,03 \text{ (asumsi tidak tepat)}$$

Langkah kedua diasumsikan kembali nilai $B_e = 9,98 \text{ m}$

$$Q = C \cdot B_e \cdot He^{3/2}$$

$$He = \left(\frac{Q}{C \cdot B_e} \right)^{3/2}$$

$$He = \left(\frac{43,57}{2,2 \times 9,98} \right)^{3/2}$$

$$He = 2,79 \text{ m}$$

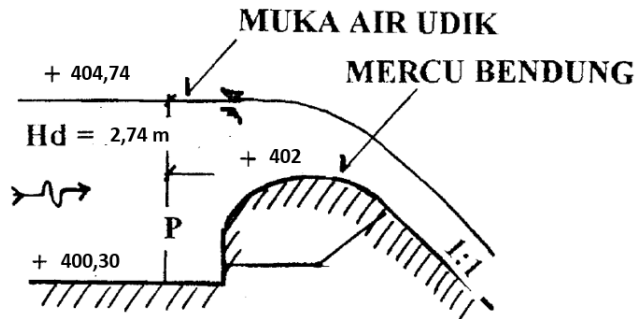
Kemudian di kontrol apakah Be sesuai dengan asumsi dengan:

$$B_e = 10,60 - 0,22 H_e$$

$$B_e = 10,60 - 0,22 \cdot 2,79$$

$$B_e = 9,98 \text{ (asumsi tepat)}$$

Maka, Nilai B_e (Lebar efektif Bendung) adalah 9,98 m dengan Tinggi energi di atas mercu (He) adalah 2,79 m



Gambar 2. Perhitungan Muka Air Pada Bendung Sumber Boncis

Perhitungan Kolam Olak (Peredam Energi)

Debit desain Persatuan Lebar.

$$q = \frac{Q_{100}}{B_{ef}}$$

$$q = \frac{43,57}{9,98}$$

$$q = 4,37 \text{ m}^3/\text{dtk}/\text{m}$$

Kedalaman Air di hilir $D_2=Y$

$$Q = C \cdot L \cdot Y^{3/2}$$

$$Y = \frac{Q^{2/3}}{C \cdot L}$$

Diketahui :

$$Q = 43,57 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$C = 1,7 \text{ (koefisien)}$$

$$L = 10,60$$

$$Y = \frac{43,57^{3/2}}{1,7 \times 10,60}$$

$$Y = 1,80$$

Nilai peredam energi (kolam olak)

$$L = 2,7 \times 1,8$$

$$L = 4,86 \text{ m}$$

Parameter Energi

$$E = \frac{4,37}{\sqrt{9,81 \times 3,26^3}}$$

$$E = 0,24$$

Panjang lantai dan kedalaman lantai

Panjang lantai

$$\frac{L}{D2} = 2,25 \text{ (didapatkan dari grafik MDO)}$$

$$L = 2,25 \times 4,86 = 10,9 \text{ m}$$

Kedalaman lantai

$$\frac{D}{D2} = 1,77 \text{ (didapatkan dari grafik MDO)}$$

$$L = 1,77 \times 1,80 = 3,19$$

Tinggi Ambang Akhir

$$a = 0,3 \times D2$$

$$a = 0,3 \times 1,80$$

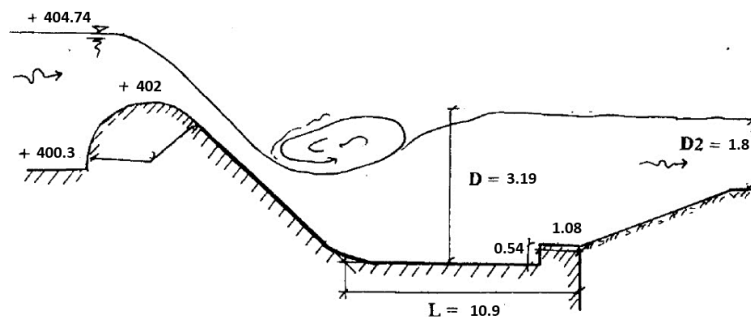
$$a = 0,54 \text{ m}$$

lebar Ambang Akhir

$$a = a \times 2$$

$$a = 0,54 \times 2$$

$$a = 1,08 \text{ m}$$



Gambar 3. Perhitungan Kolam Olak Bendung

3.3. Analisis Stabilitas Bendung

Analisis Stabilitas Bendung didasarkan pada perhitungan stabilitas bendung terhadap gaya Berat sendiri, Gaya Gempa, Gaya Hidrostatik, Gaya Angkat (*Uplift Pressure*) dan Gaya Tekanan Lumpur. Data hasil perhitungan gaya-gaya tersebut dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Rekap Hasil Gaya-Gaya Pada Kondisi Air Banjir

No	Faktor Gaya	Gaya		Momen	
		H	V	M.Guling	M.Tahan
		(ton)	(ton)	ton.m	ton.m
1	Berat konstruksi		29.57		157.85
2	Gaya Gempa	1.58		1.42	
3	Tekanan Uplift	19.54		69.09	
4	Tekanan Uplift		3.71	13.62	
5	Gaya Hidrostatik (WH)	0.13		1.85	
6	Gaya Hidrostatik (WV)		4.69		8.13
7	Tekanan Lumpur	0.33			3.270
	Jumlah	21.59	37.97	85.98	169.25

Sumber: hasil Perhitungan 2023

3.4. Kontrol Stabilitas Bendung

Kondisi Air Normal

a. Terhadap Guling

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

$$Sf = \frac{160,1}{80,20} > 1,5$$

$$Sf = 2 > 1,5 \dots \text{AMAN}$$

b. Terhadap Geser

$$Sf = \frac{fx \sum V}{\sum H} > 1,25$$

$$Sf = \frac{0,75 \times 32,56}{15,28} > 1,25$$

$$Sf = 1,60 > 1,25 \dots \text{AMAN}$$

Kondisi Air Banjir

a. Terhadap Guling

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

$$Sf = \frac{169,25}{85,98} > 1,5$$

$$Sf = 1,97 > 1,5 \dots \text{AMAN}$$

b. Terhadap Geser

$$Sf = \frac{fx \sum V}{\sum H} > 1,3$$

$$Sf = \frac{0,75 \times 37,97}{21,59} > 1,25$$

$$Sf = 1,32 > 1,25 \dots \text{AMAN}$$

3.5 Perhitungan Head loss Pompa Air Tenaga Hidrolik Bendung

Total Head = Head Loss Suction (Hisap) + Head Loss Discharge (Debit)

Head Loss Suction = Head Loss mayor + Head Loss Minor

H loses Suction = - 0,102555969 m

H loses Discharge = 124,7797719m

Maka didapatkan:

Total Head = 124,677216 m

Safety Factor = 1%

Total Head Final = 125,9239881m

Dari data diatas, didapatkan bahwa Total head yang diperlukan untuk Pompa Air tenaga Hidrolik (PATH) adalah 125 m.

4. KESIMPULAN

Bendung ini mengalami peningkatan desain dan kinerja, termasuk tinggi mercu yang naik dari 1,50 m menjadi 1,70 m, dan tinggi jagaan dari 0,98 m menjadi 1 m. Dimensi Hidrolis mencakup lebar efektif 9,98 m dan lebar total 10,60 m. Keamanan terhadap guling saat air normal adalah $2 > 1,5$, dan terhadap geser adalah $1,60 > 1,25$. Saat banjir, keamanan terhadap guling mencapai $1,97 > 1,5$, dan terhadap geser adalah $1,32 > 1,25$. Bendung berfungsi untuk memutar Pompa air tenaga Hidrolik dengan head pompa sebesar 125 m.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Saya ingin mengucapkan terima kasih tulus kepada tim peneliti, para ahli, dan konsultan di bidang terkait atas dukungan dan kontribusi mereka dalam penelitian " **Analisis Bendung Untuk Pemanfaatan Pompa Air Tenaga Hidrolik (Transfer Pump Hydroturbine) Di Kabupaten Malang Jawa Timur**". Tanpa bantuan dan kerja sama dari semua pihak, penelitian ini tidak akan mencapai hasil yang optimal. Terima kasih.

6. REFERENSI

[1] S. Harto, *Analisis hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama.