Jurnal KARAJATA ENGINEERING
Vol. 5 No. 1, April 2025, pp. 82-90, eISSN: 2775-5266
https://jurnal.umpar.ac.id/index.php/karajata/article/view/3557
DOI https://doi.org/10.31850/karajata.v5i1.3557

Studi Perencanaan Bendung (Studi Kasus Bendung Kayuangin Kabupaten Majene Provinsi Sulawesi Barat)

Ahmad Adhyaksa[1*], Zulkifly[2], M. Agusalim[3], Mahmuddin[4]

[1,2,3,4]*Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Makassar*
**Email : ahmadadhyaksaa@gmail.com*

Abstract: Water is a vital resource that supports various aspects of life, including domestic needs, agriculture, industry, and environmental conservation. The development of infrastructure such as dam plays a key role in maintaining the sustainability of water resources. So it is necessary to pay attention to hydrological analysis, lighthouse, and also stability of a weir. The aim of this research is to be able to understand and know how to plan weir by using existing technical data on weir designs as a guide and as a comparison parameter in this research. This research was carried out in Majene Regency, West Sulawesi Province during March to August 2024. The results of this research show that in general the hydraulic planning review for Kayuangin weir consists of a lighthouse height of 5 m, a weir width of 108 m, an effective width of the weir of 99,5 a deckzerk elevation of 26,59, a lighthouse elevation of 23,20, front floor elevation 17,95, and front floor length 20,60.

Keywords: Hydrological analysis, Weir lighthouse, Weir stability, Kayuangin weir

1. PENDAHULUAN

Ilmu hidrologi mempelajari tentang air di bumi, termasuk proses-proses yang terkait dengan pergerakan, distribusi, dan sifat-sifatnya (Linsley, 1996). Siklus hidrologi adalah proses yang terus-menerus di mana air berubah bentuk menjadi uap air dan kemudian kembali menjadi air. Proses ini dimulai dengan penguapan air dari permukaan bumi, seperti dari laut, sungai, dan tanah, yang dipengaruhi oleh panas matahari (Soedibyo, 2003). Analisis hidrologi merupakan suatu pendekatan yang digunakan untuk mengkaji dan memahami dinamika air di suatu wilayah atau DAS. Proses ini melibatkan pengumpulan dan analisis data hidrologi untuk memprediksi dan mengelola sumber daya air dengan lebih efektif dan efisien (Nilwan dkk., 2023).

Bendung merupakan suatu struktur yang dibangun melintang di sungai atau saluran air untuk mengontrol aliran air, meningkatkan level air, atau mengalihkan aliran air ke saluran tertentu. Bendung dapat digunakan untuk berbagai tujuan, seperti irigasi, pengendalian banjir, atau penyediaan air baku. Bendung mercusuar atau weir lighthouse adalah suatu konsep yang memadukan fungsi bendung dengan teknologi canggih untuk memantau dan mengelola sumber daya air. Dengan sistem monitoring dan sensor, bending ini dapat memantau kondisi air secara real-time dan memberikan informasi yang berguna untuk pengelolaan sumber daya air yang lebih efektif (Mawardi, 2010).

Kemampuan bendung untuk menahan berbagai gaya yang bekerja padanya, baik gaya internal seperti gaya guling, pergeseran, dan keruntuhan, serta gaya eksternal yang disebabkan oleh gempa sangat bergantung pada stabilitas bendung. Bangunan utama

atau head works yang dibangun pada sepanjang aliran sungai berguna agar memindahkan air menuju ke bagian dalam dari sistem saluran, mengurangi kandungan sedimen yang berlebihan, serta mengukur jumlah air yang masuk (Dirjen SDA, 2013).

Bendung Kayuangin di Kabupaten Majene, Sulawesi Barat, dibangun sebagai jaringan irigasi utama Malunda yang mencakup area seluas 1.121 hektar. Setelah dirancang pada tahun 2007, pembangunan bendung ini dimulai pada tahun 2013 dan selesai pada tahun 2015. Namun, serangkaian bencana alam, termasuk gempa pada tahun 2018 dan 2021, serta banjir pada tahun 2020, menyebabkan kerusakan signifikan pada struktur bendung. Oleh karena itu, rehabilitasi Bendung Kayuangin dilakukan pada tahun 2021 untuk memulihkan fungsinya kembali (BPS Sulbar, 2023)

Salah satu penelitian yang terkait dengan bendung menyimpulkan bahwa Bendung Kedung Putri dinyatakan aman dan stabil berdasarkan hasil perhitungan stabilitas. Struktur ini tidak berisiko mengalami gelincir dan guling pada kondisi normal serta teridikasi bahwa bendung ini tidak berisiko mengalami rembesan piping. (Syah dkk., 2023). Perencanaan bendung memiliki spesifikasi desain yakni debit banjir maksimum 13,54 m^3/s, lebar efektif 11,42 m serta pintu flush lebar 0,80 m dan tiang setebal 0,50 m masing-masing sebanyak 1 buah. Berdasarkan perhitungan stabilitas, bendung ini dipastikan aman dan stabil terhadap geser, guling, dan daya dukung tanah. (Dodi dkk., 2023). Penelitian lain menyebutkan bahwa Bendung Dodu dengan dimensi tinggi 4,5 m, lebar 6 m, dan panjang 20 m. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa bendung ini memiliki faktor keamanan terhadap geser dan guling diatas 1,5, yakni 5,85 dan 2,58 maka bendung dalam kondisi stabil dan aman (Firaz dkk., 2021).

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari dan menganalisis perencanaan bendung dengan memanfaatkan data teknis desain bendung sebagai panduan dan tolok ukur.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Jenis penelitian ini termasuk kuantitatif dimana peneliti menggunakan metode ilmiah untuk mengumpulkan dan menganalisis data numerik, dengan tujuan untuk menguji hipotesis, mengidentifikasi hubungan antara variabel, dan membuat generalisasi tentang fenomena yang diteliti.

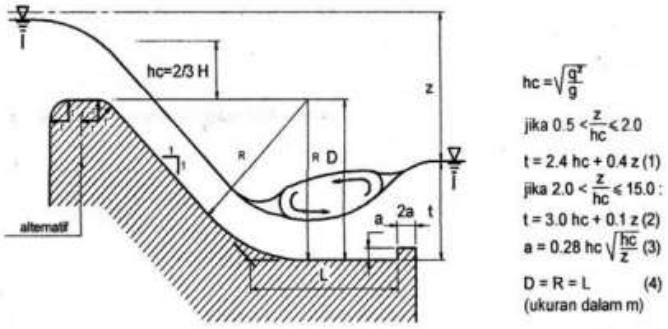
Penelitian ini dilakukan di Bendung Kayuangin yang terletak pada posisi 2°59’15” S 118°52’49”E, di Kecamatan Malunda Kabupaten Majene Provinsi Sulawesi Barat.

Gambar 2. Lokasi Penelitian

Data primer didefinisikan sebagai informasi orisinal yang dikumpulkan secara langsung dari sumber aslinya melalui metode pengumpulan data yang sistematis dan terkontrol. Sedangkan data sekunder berisi informasi yang telah dikumpulkan dan didokumentasikan oleh pihak lain sebelumnya, yang dapat diakses dan digunakan oleh peneliti untuk mendukung atau melengkapi penelitian mereka (Firmansyah dkk., 2023). Pada penelitian ini data-data yang mendukung proses analisis seperti data curah hujan dan data klimatologi diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi III Palu.

Data yang terkumpul kemudian dianalisis melalui analisa hidrologi seperti perhitungan hujan rencana, debit banjir rencana, tinggi muka air, kecepatan aliran, lebar bendung, bentuk mercu hingga analisis stabilitas bendung.

Kolam olakan khusus di saluran irigasi dirancang dengan mempertimbangkan parameter hidrolik tertentu. Bilangan Froude yang dihitung berdasarkan kedalaman z di bawah tinggi energi hulu menjadi acuan penting dalam desain ini (Triatmodjo, 2008).



Gambar 1. Kolam Olakan Vlugter

Pada gambar 1 dapat dilihat bahwa kolam olakan Vlugter dirancang berdasarkan data teknis tertentu. Penggunaan kolam ini optimal ketika perbedaan tinggi energi z berada dalam batas 4,5 meter dan jarak antara lantai ruang olak dan mercu tidak melebihi 8 meter, serta mempertimbangkan faktor porositas tanah (Sosrodarsono, 2008).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Curah hujan Wilayah

Untuk pengolahan data hujan menggunakan data dari tiga stasiun yaitu stasiun curah hujan Kalukku, Papalang Barat, serta Mekatta dalam setiap stasiun curah hujan 20 tahun mulai tahun 2003 hingga dengan tahun 2022 serta dengan luas DAS 380,93 km2 dengan panjang Sungai Malunda 41.06 km. Cara Polygon Thiessen ini dapat ditentukan dengan rumus dan pembagian daerah aliran dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Pembagian Daerah Aliran (Polygon Thiessen)

No.	Stasiun Hujan	Luas (km^2)	KoefisienThiessen
1	Kalukku	139,3	0.37
2	Mekatta	160,72	0,42
3	Papalang Barat	80,91	0.21
Total		380,93	1.00

Tabel 2. Rekapitulasi Hujan Maksimum Harian Rata-rata

No.	Kejadian			Hujan Maksimum Harian Rata-rata
	Thn	Bln	Tgl	
1	2003	Juli	13	62,92
2	2004	Juni	02	41,77
3	2005	Juli	13	138,66
4	2006	September	15	54,71
5	2007	Juli	23	79,43
6	2008	Juli	19	97,75
7	2009	Februari	23	31,64
8	2010	Juni	29	195,52
9	2011	April	21	52,63
10	2012	Juli	15	69,42
11	2013	Mei	21	38,89
12	2014	Agustus	02	67,31
13	2015	Maret	29	79,01
14	2016	Desember	14	121,98
15	2017	Januari	26	139,36
16	2018	Agustus	02	75,78
17	2019	Maret	03	127,90
18	2020	Juli	12	116,46
19	2021	April	06	70,59
20	2022	Agustus	27	85,67

Tujuan dari analisis curah hujan rencana adalah untuk mengevaluasi dan memvalidasi data curah hujan yang digunakan dalam perencanaan. Dalam studi ini, Metode Gumbel digunakan untuk menganalisis distribusi curah hujan rencana, dengan hasil perhitungan yang dirangkum dalam tabel berikut.

Tabel 3. Rekapitulasi Hujan Maksimum Harian Rata-rata

No	T	Xr	Sx	K	K.Sx	Xt = Xr+(K.Sx)
1	2	87.37	40.31	-0.20	-8.24	79.14
2	5	87.37	40.31	0.92	37.03	124.40
3	10	87.37	40.31	1.62	65.49	152.87
4	25	87.37	40.31	2.30	92.81	180.18
5	50	87.37	40.31	2.45	98.70	186.07
6	100	87.37	40.31	3.18	128.15	215.52
7	200	87.37	40.31	3.84	154.63	242.00

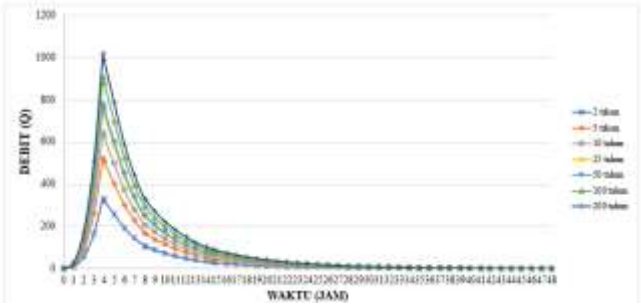
3.2 Perhitungan Uji Kesesuaian Distribusi Curah Hujan Rencana

Uji kesesuaian digunakan untuk memverifikasi kesesuaian antara hipotesis dan distribusi teoritis yang dipilih. Hasil uji Chi-Kuadrat dan uji Smirnov-Kolmogorov menunjukkan bahwa distribusi Metode Gumbel dapat digunakan.

3.3 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Perhitungan curah hujan efektif dengan kala ulang yang berbeda telah dilakukan, yaitu 2, 5, 10, 25, 50, 100, dan 200 tahun. Hasilnya menunjukkan bahwa curah hujan efektif tertinggi sebesar 102,37 mm/hari terjadi pada kala ulang 200 tahun dengan rasio 55,03%, sedangkan curah hujan efektif terendah sebesar 37,89 mm/hari pada kala ulang 2 tahun.

Dalam perhitungan debit banjir, metode HSS Nakayasu dipilih karena keakuratannya. Parameter dasar yang diperlukan adalah panjang sungai dan luas DAS, serta parameter lain seperti waktu kelambatan, waktu lama hujan, waktu puncak, dan debit puncak (Sudarmanto dkk., 2018). Hasil perhitungan ini disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut.



Gambar 3. Grafik Rekapitulasi Debit Hidrograf Banjir Metode HSS Nakayasu

Berdasarkan grafik, debit banjir tertinggi untuk semua kala ulang yang dianalisis (2, 10, 50, 100, dan 200 tahun) terjadi pada jam ke 3,89. Nilai debit banjir tertinggi adalah 1018,08 m3/dt, yang terjadi pada kala ulang 200 tahun.

3.4 Analisis Perencenaan Bendung

3.4.1 Analisis Elevasi Mercu dan Tinggi Mercu Bendung

Dalam menentukan tinggi mercu bendung, perhitungan dilakukan dengan menjumlahkan elevasi muka air di pintu pengambilan bagian hulu dan kehilangan energi, lalu menguranginya dengan elevasi dasar sungai.

P = (+23,20) – (+17,95) = 5,25 m.

3.4.2 Analisis Lebar Efektif Bendung

Perhitungan lebar total bendung melibatkan pengukuran jarak antara tembok bagian dalam di sisi kiri dan kanan bendung yang dihitung dengan menggunakan rumus di bawah ini (Imani dkk., 2021):

B = 1/6 x 108 = 18,024

Dalam perencanaan pintu penguras, lebar satu lubang maksimal 2,5 meter dipilih untuk memudahkan operasi, dengan batas maksimal tiga lubang. Tebal pilar yang dipilih adalah antara 1,50 hingga 2,00 meter. Untuk desain ini, digunakan 2 bukaan dengan lebar 8 meter dan tebal pilar minimum 1 meter, dengan 2 pilar yang masing-masing memiliki tebal 6 meter.

$$B_{ef} = B - 2\,(\,n \times K_P + K_a\,)\,H_d$$

$$= 108 - 2\,(\,0{,}040 \times 0{,}01 + 0{,}1\,)\,2{,}98$$

$$= 99{,}50 \text{ m}$$

3.4.3 Tinggi Muka Air di Atas Mercu

Pemilihan tipe mercu bendung mempengaruhi rumus pengaliran yang digunakan untuk menghitung tinggi muka air di atas mercu. Dengan tipe mercu bulat, analisis menunjukkan bahwa tinggi muka air sebesar 2,30 meter di atas mercu bendung dapat mengalirkan debit sebesar 906,66 m3/detik.

3.4.4 Analisis Kolam Olak

Kolam olakan yang direncanakan adalah kolam olakan tpe Vlugter.
D = R = L = El. Mercu – El. Olakan
El. Olakan = Elevasi Muka Air Hilir – t
= 20,95 – 6,84

= 14,11 m

D = R = L = El. Mercu – El. Olakan

= 23,20 – 14,10

= 9,09 m

3.4.5 Analisis Lantai Muka Bendung

Dari hasil analisis maka, L_{ada} = 20,60 m ≥ L_{Lane} = 18,65 m. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut berarti panjang lantai muka memenuhi syarat terhadap rayapan.

3.5 Analisis Stablitas Bendung

Perhitungan kestabilan bendung dilakukan untuk dua kondisi, yaitu kondisi normal dan kondisi banjir (Firnanda dkk., 2021). Hasil analisis dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 4. Kestabilan Tanpa Gempa

No	Kestabilan	Syarat Kestabilan			Ket
		Angka Keamanan	Tanda	Faktor Keamanan yang Diizinkan	
1	Pada Exentrinsitas				
	Ketika air normal	2,51	<	4,05	Aman
	Ketika air banjir	0,90	<	4,05	Aman
2	Pada Guling				
	Ketika air normal	4,61	>	1 ,50	Aman
	Ketika air banjir	13,52	>	1,50	Aman
3	Pada Geser				
	Ketika air normal	5,35	>	1,50	Aman
	Ketika air banjir	3,02	>	1,50	Aman
4	Pada Amblas				
	Ketika air normal	10,83	<	35,00	Aman
	Ketika air banjir	11,07	<	35,00	Aman

Tabel 5. Kestabilan Dengan Gempa

No	Kestabilan	Syarat Kestabilan			Dimana
		Angka Keamanan	Tanda	Faktor Keamanan yang Diizinkan	
1	Pada Exentrinsitas				
	Ketika air normal	3,46	<	4,05	Aman
	Ketika air banjir	3,36	<	4,05	Aman
2	Pada Guling				

	Ketika air normal	2,57	>	1,20	Aman
	Ketika air banjir	2,57	>	1,20	Aman
3	Pada Geser				
	Ketika air normal	1,49	>	1,20	Aman
	Ketika air banjir	2,61	>	1,20	Aman
4	Pada Amblas				
	Ketika air normal	17,90	<	35,00	Aman
	Ketika air banjir	34,88	<	35,00	Aman

4. KESIMPULAN

Pada hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan yakni perencanaan hidrolis bendung Kayuangin terdiri dari tinggi mercu 5.25 m, lebar bendung 108,00 m, lebar efektif bendung 99,50, elevasi deckzerk 26,59, Elevasi mercu 23,20, elevasi lantai depan 17,95, dan panjang lantai depan 20.60. Tinjauan perencanaan hidrolis bendung Kayuangin dari perencanaan terdahulu dengan perencanaan dalam penelitian ini, terdapat perbedaan nilai hasil rencana. Hal ini disebabkan oleh perubahan luas areal sawah yang diairi dan perbedaan metode analisis hidrologi yang digunakan.

REFERENSI

Badan Pusat Statistik. (2023). *Provinsi Sulawesi Barat Dalam Angka 2023*. Sulawesi Barat: Badan Pusat Statistik Sulawesi Barat

Dodi, Masril, & Yusman, A. S. (2023). Perencanaan Bendung Tetap Untuk Jaringan Irigasi Banda Musajik D.I Gumarang Kecamatan Pelembayan Kabupaten Agam. *Ensiklopedia Research and Community Service Review, 2*(2), 105 – 115.

Firaz, M. F., Alpiana, A., Rahmawati, D., Isfanari, I., & Ariyanto, A. (2021). Analisis Kestabilan Bendung Untuk Pemenuhan Kebutuhan Air (Studi Kasus Kota Bima). *Jurnal Pertambangan dan Lingkungan, 2*(2), 26 – 31.

Firmansyah, M. Y., & Purwahono, F. P. (2023). Analisa Stabilitas Bendung (Studi Kasus: Bendungan Pacal Kabupaten Bojonegoro). *Jurnal Sains Dan Teknologi, 2*(1), 109 – 123.

Firnanda, B., Surbakti, S., & Roostrianawaty , N. (2021). Perencanaan Bendung Bantur Kabupaten Malang Provinsi Jawa Timur: Planning Of Bantur Dam Malang Regency East Java Province. *Student Journal Gelagar, 3*(1), 68 - 76.

Imani, F. N. F., Aponno, G., & Suryadi, A. (2021). Analisis Stabilitas Tubuh Bendungan Pada Bendungan Semantok Kabupaten Nganjuk Provinsi Jawa Timur. *JOS – MRK,*

2(4), 22 – 27.

Linsley, R. K. (1996). *Hidrologi untuk Insinyur Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga.

Mawardi, E. (2010). *Desain Hidraulik Bendung Tetap Untuk Irigasi Teknis*. Bandung: Alfabeta.

Nilwan, M., Rahmawati, Didi, A. B. (2023). Evaluasi Efisiensi Penggunaan Air Irigasi Bendung To'monto Desa Pongko Kec. Walenrang Utara Kab. Luwu. *Jurnal Karajata Engineering, 3*(2), 116 – 123.

Kementerian Pekerjaan Umum. (2013). *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bangunan Utama KP-02*. Jakarta: Direktorat Jendral Pengairan

Soedibyo. (2003). *Teknik Bendungan*. Jakarta: Pradnya Paramita.

Sosrodarsono, S. (2008). *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*. Jakarta: PT. Tradnya Paramita.

Sudarmanto, S., Siswanto, S., & Fauzi, M. (2018). Analisis Stabilitas Bendung (Studi Kasus Perencanaan Bendung Di Aliran Sungai Pebendungan). *Jom FTEKNIK, 5*(1), 1 - 14.

Syah, A. N., Isnugroho, I., Jaya, & R. P. (2023). Analisis Desain Bangunan Utama Bendung pada Bendung Kedung Putri. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil UMS*, (pp. 443 – 452).

Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.