

STUDI ALTERNATIF BANGUNAN PELIMPAH (*SPILLWAY*) BENDUNGAN JLANTAH KABUPATEN KARANGANYAR PROVINSI JAWA TENGAH

Reza Affandi Sameth¹, Eko Noerhayati², Azizah Rokhmawati³

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang
e-mail: affandisameth04@gmail.com

²Dosen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang.
e-mail : eko.noerhayati@unisma.ac.id

³Dosen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang.
e-mail : azizah.rachmawati@unisma.ac.id

ABSTRAK

Kabupaten Karanganyer merupakan sebuah daerah yang terletak di Jawa Tengah dengan meningkatnya perekonomian yang sebagian lahan dipergunakan sebagai hutan sawah, negara, rakyat, perairan dan bangunan air. Bendungan Jlantah ini terletak di Kabupaten Karanganyer, dimana pembahasan Bangunan Pelimpah (*Spillway*) yang merupakan bagian dari bendungan. Bangunan pelimpah berfungsi untuk membuang kelebihan air ke hilir agar tidak terjadi *overtopping* pada bendungan. Tujuan penelitian kali ini untuk mengetahui apakah debit banjir rancangan Q1000 pada Bendungan Jlantah, tipe dan dimensi bangunan pelimpah serta apakah stabilitas sudah aman terhadap gempa. Metode yang adalah Kurva Masa Ganda, Poligon Thiessen, Log Person III dan HSS Nakayasu. Hasil analisis perhitungan hidrologi dan penuluruhan banjir di dapat debit banjir rancangan *inflow* Q1000th = 291.607 m³/detik dan *outflow* = 198.787 m³/detik. Dimana dimensi ambang pelimpah di rencanakan menggunakan Ogge Tipe I lebar 25 m, tinggi 5 m, dan kedalaman air di atas pelimpah 2,41. Saluran Transisi, panjang saluran 16,65 m, Lebar hulu 25 dan hilir 15 m. Saluran Peluncur, panjang Saluran 166,00 m, Lebar hulu dan hilir 15 m. Kolam Olak (Peredam Energi), direncanakan menggunakan USBR Tipe II dimana Kedalaman air di ujung hilir Kolam Olak 8,46 m, Panjang Kolam Olakan 35,532 m, dan analisa stabilitas pelimpah aman terhadap gempa.

Kata Kunci : Bendungan, Pelimpah (*Spillway*), Bendungan Jlantah, Hidrolika, Satabilitas

ABSTRACT

Karanganyer Regency is an area in Central Java with an increasing economy which part of the land is used for state forests, community forests, rice fields, waters and buildings. The Jlantah dam is located in Karanganyer Regency, where the Spillway is part of the dam. The spillway building has the function of removing excess water downstream to prevent overtopping of the dam. The purpose of this study was to determine the Q1000 design flood discharge at the Jlantah Dam, the type and dimensions of the spillway and whether the stability was safe against earthquakes. The methods are Double Time Curve, Thiessen Polygon, Log Person III and HSS Nakayasu. The results of the analysis of hydrological calculations and flood tracking are obtained by design flood discharge inflow Q1000th = 291,607 m³/s and outflow = 198,787 m³/s. Where the dimensions of the spillway threshold are planned using an Ogge Type I width of 25 m, height of 5 m, and the depth of water above the spillway is 2.41. Transition Channel, channel length 16.65 m, width upstream 25 and downstream 15 m. Launch Channel, Channel length 166.00 m, Width upstream and downstream 15 m. The stilling pond (Energy Damping) is planned to use USBR Type II where the water depth at the downstream end of the stilling pond is 8.46 m, the length of the still pond is 35.532 m, and the spillway stability analysis is safe against earthquakes.

Keywords: Dam, Hydraulics , Jlantah Dam , Satability, Spillway

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Permasalahan yang terjadi di beberapa wilayah salah satunya Kabupaten Karanganyar adalah kesulitan air terutama air baku untuk irigasi ketika musim kemarau terutama pada saat kemarau panjang. Dalam beberapa tahun terakhir berdasarkan data Sensus Penduduk pada tahun 2020,

jumlah penduduk Kabupaten Karanganyar sebesar 931.963 jiwa, dan mengalami peningkatan sebesar 118.767 dan Sensus Penduduk tahun 2010 yang berjumlah 813.196 jiwa. Pertumbuhan penduduk Kabupaten Karanganyar dari 2010-2020 mengalami kenaikan sebesar 1,11% setiap tahunnya.

Air juga merupakan kebutuhan pokok bagi seluruh makhluk hidup salah satunya manusia, kegunaannya untuk kebutuhan langsung dan tidak langsung seperti bahan baku air industri, air minum dan sanitasi maupun keperluan secara tidak langsung seperti peternakan, irigasi, persawahan, perikanan, pembangkit listrik tenaga air maupun keperluan lain untuk keberlangsungan hidup manusia (Rozana et al., 2020)

Bendungan sendiri berfungsi untuk menahan elevasi muka air yang diakibatkan adanya aliran air yang melimpas melalui mercu As bendungan. Secara keseluruhan ada beberapa komponen utama pada bendungan meliputi pintu pengambilan (*intake*), tubuh bendungan (*main dam*), dan pelimpah (*spillway*). Bangunan Pelimpah sendiri memiliki beberapa bagian yaitu, Ambang Pelimpah, Saluran Transisi, Saluran Peluncur dan Peredam Energi (Kolam Olak) (Irawan, 2020)

Rumusan Masalah

Berapa debit banjir rencana dengan kala ulang Q1000 tahun., Bagaiman tipe dan dimensi bangunan pelimpah., Apakah analisa stabilitas pelimpah sudah memenuhi syarat.

Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari Studi Alternatif ini adalah untuk mendesain ulang Bangunan Pelimpah yang sesuai dengan kondisi daerah hidrolika, hidrologi, topografi dan geologi daerah tersebut.

Manfaat yang dapat di ambil adalah sebagai pembelajaran bagi penulis dan penambah wawasan serta nantinya dapat di aplikasikan di lapangan.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Daerah Studi

Bendungan Jlantah letaknya di Desa Karang Sari dan Desa Tlobo Kec. Jatiyoso Kab. Karanganyar, Provinsi Jawa Tengah. Secara garis besar letak geografi Kab. Karanganyar terletak antara 110° 40' - 110° 70' BT dan 07° 28' - 07° 46' LS.



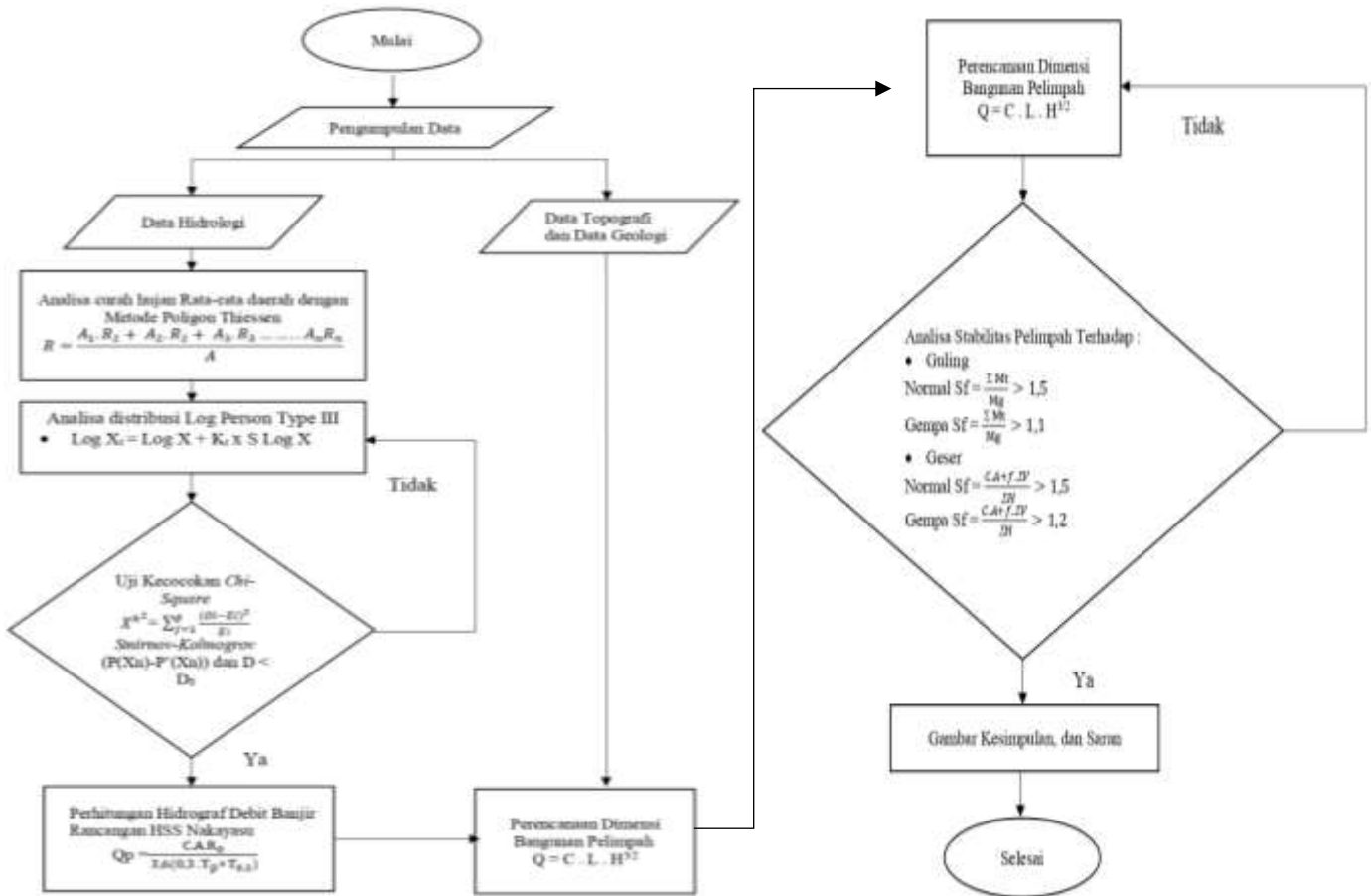
Gambar 1. Lokasi Bendungan Jlantah
(Sumber : Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo)

Data yang diperlukan dalam menunjang studi ini diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Data teknis dari perencanaan yang telah dilakukan oleh konsultan.

2. Data hujan, dari stasiun dekat yang ada di bendungan Jlantah untuk keperluan analisis hidrologi.
3. Data Geologi dan Mekanika Tanah, dimana dipergunakan guna melakukan perhitungan Kontrol Stabilitas pada bangunan pelimpah.
4. Data Topografi guna mengetahui luasan dan kapasitas volume pada lokasi dimana bendungan yang diletakan.
5. Data Teknis bendungan untuk menegtahui kapasitas daya tampung serta tipe bendungan yang digunakan.

Bagan Alir



Gambar 2 Bagan alir penelitian.
 Sumber : Hasil Penggambaran 2022

TINJAUN PUSTAKA

Analisa Hidrologi

Dalam buku Hidraulika Triatmodjo 2008, hidrologi merupakan ilmu yang sangat berkaitan dengan Bumi dan Air. Analisa Hidrologi merupakan suatu langkah awal yang dimana untuk merencanakan bendungan. Tahapan-tahapan untuk perhitungan analisa hidrologi terdiri dari Uji Konsisten Data Hujan, Curah Hujan Rerata, Analisa Distribusi Frekuensi, Uji Kecocokan Distribusi Frekuensi dan lain sebagainya.

Uji Konsisten Data Hujan

Uji konsisten data hujan sendiri terdiri dari dua metode yakni metode (*Double Mass Curve*) atau Lengkung Massa Ganda dan RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) dimana dipergunakan untuk menghitung data curah hujan dan untuk metode lengkung massa ganda digunakan bila terdapat 3 stasiun atau lebih. (Firnanda et al., 2016)

Analisa Curah Hujan Rerata Daerah

Metode Thiessen Polygon adalah perhitungan bobot dari masing-masing stasiun yang diwakili luas didaerah sekitar. Metode ini banyak digunakan untuk menghitung hujan rata-rata kawasan. Metode ini untuk stasiun jaringan hujan tertentu, dimana jika mengalami perubahan jaringan stasiun curah hujan seperti penambahan maupun pemindahan untuk itu di buat ulang (Triatmodjo. 2008). Untuk penelitian kali ini menggunakan Metode Thiessen Polygon karena penyebaran staisun hujan daerah studi tidak merata sehingga metode ini yang dapat memberikan hasil terbaik.

Distribusi Frekuensi

Distribusi Frekuensi dipergunakan untuk memperoleh besaraan curah hujan rancangan yang ditentukan berdasarkan patokan sesuai perencanaan teknis, untuk nilai standar devisi, Cs, Ck dan Cv nilai ini merupakan langkah dasar dalam penentuan jenis distribusi. Masing-masing jenis Distribusi Frekuensi memiliki ketentuan yang telah di atur dan ada berapa jenis distribusi frekuensi salah satunya distribusi frekuensi Log Person III (Soewarno. 1995). Untuk penelitian kali ini menggunakan distribusi frekuensi Log Person III.

Uji Kecocokan Distrubusi Frekuensi

Uji kecocokan ini digunakan untuk mengetahui apakah data yang digunakan sudah memenuhi syarat dan dapat di terima atau tidak. Untuk metodenya sendiri ada dua yakni metode *Chi-Square* dan *Smirnov-Kolmogorov*.

Hidrograf Satuan Sintetis

Perhitungan untuk menganalisa suatu banjir dimana terlebih dahulu harus membuat hidrograf banjir. Ada beberapa metode atau cara untuk perhintugan hidrograf satuan sintetis ini salah satunya Metode Nakayusu. (Soemarto. 1987)

$$Q_p = \frac{CAR_0}{3.60 (0,3 T_p + T_{0,3})} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- Q_p = Debit puncak banjir
- A = Luas DAS (km²)
- R₀ = Curah hujan efektif (1 mm)
- T_p = Waktu dari permukaan samai puncak hidrograf (jam)
- T_{0,3} = Waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak (jam)

Lebara Efektif Pelimpah

Berikut ini rumus yang dipakai untuk memperoleh nilai Lebar Efektivitas Pelimpah dan juga perlu mempertimbangkan jumlah pilar dan efek kontrol pada bangunan Pelimpah. (Sosrodarsono. 2016)

$$L_{eff} = L' - 2 \times (N \times K_p + K_a) \times H \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

- L = Lebar efektivitas pelimpah (*Spillway*) (m)
- L' = Lebar Bendungan Sesungguhnya (m)
- N = Jumlah pada Pilar
- K_p = Koefisien Kontraksi pada Pilar
- K_a = Koefisien pad Kontraksi dinding samping

H = Tinggi pada Tekan Diatas mercu Pelimpah (m)

Kapasitas Pengaliran Bangunan Pelimpah

Perhitungan untuk menghitung debit yang melewati bangunan pelimpah dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Sosrodarsono, 2016)

$$Q = C \cdot L \cdot H^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

Q = Debit m³/detik

C = Koefisiensi Debiit

L = Lebar Efekti Pelimpah (m)

H = Tinggi air di atas *Spillway* termasuk tinggi kecepatan aliran pada saluran aliran (m).

Analisa Stabilitas

Suatu bangunan dikatakan aman apabila momen geser dan momen guling aman terhadap gempa yang ada. Rumus nenentuannya adalah sebagai berikut (Hardiyatmo, 1996)

1. Terhadap Guling

Stabilita terhadap guling sendiri dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

- Keadaan Normal

$$Sf = \frac{\Sigma Mt}{Mg} > 1,5 \dots\dots\dots(4)$$

- Keadaan Gempa

$$Sf = \frac{\Sigma Mt}{Mg} > 1,2 \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

ΣMt = Momen terhadap Tahanan (t.m)

ΣMg = Momen terhadap Guling (t.m)

Sf = Faktor untuk keamanan

2. Terhadap Geser

Perhitungan stabilitas terhadap gaya geser, digunakan rumus berikut ini:

- Keadaan Normal

$$Sf = \frac{C \cdot A + f \cdot \Sigma V}{\Sigma H} > 1,5 \dots\dots\dots(6)$$

- Keadaan Gempa

$$Sf = \frac{C \cdot A + f \cdot \Sigma V}{\Sigma H} > 1,2 \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan:

Σv = Jumlah Gaya pada Vertikal (ton)

ΣH = Jumlah Gaya pada Horizontal (ton)

Sf = Faktor Aman

C = Kohesi terhadap Tanah bawah Pondasi dengan Tanah

A = Luas beban (m²)

F = tan θ = Sudut Geser pada Tanah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Konsisten Data Hujan

Perhitungan untuk uji konsisten pada penelitian kali ini adalah dengan menggunakan metode (*Double Mass Curva*) atau Lengkung Massa Ganda. Dimana ada 3 stasiun hujan yakni Stasiun Tawangmangu, Stasiun Jatiyoso dan Stasiun Girimarto. Dari hasil rekapitulasi kumulatif 3 stasiun

yang ada, grafiknya memiliki garis tegak lurus sehingga uji data hujan konsisten terhadap masing-masing stasiun. Dimana hasilnya memiliki rata-rata $R^2 = 0,9994$ yang artinya $0,80 \leq R^2 \leq 1$. Dengan demikian dapat di artikan 3 staisun tersebut tidak mengalami uji koreksi.

Analisa Curah Hujan

Analisa curah hujan ada beberapa metode salah satunya pada penelitian kali ini menggunakan Metode *Polygon Thiessen*, dikarenakan untuk perencanaan Bendungan Jlantah sendiri untuk curah hujan penyebarannya tidak merata dan dekat dengan daerah studi, maka Metode *Polygon Thiessen*, yang dapat memberikan hasil yang lebih baik.

Tabel 1 Perhitungn Luas Pengaruh Stasiun Hujan *Polygon Thiessen*.

Tabel 1 Rerata untuk Metode *Polygon Thiessen*

Tahun	Stasiun Pengamatan			
	Tawangmangu (mm)	Jatiyoso (mm)	Girimarto (mm)	Rata-rata (mm)
1990	126.00	88.00	106.00	106.67
1991	144.00	102.00	104.00	116.67
1992	112.00	133.00	123.00	122.67
1993	137.00	103.00	129.00	123.00
1994	125.00	98.00	95.00	106.00
1995	164.00	98.00	112.00	124.67
1996	125.00	98.00	95.00	106.00
1997	119.00	142.00	95.00	118.67
1998	100.00	114.00	127.00	113.67
1999	70.25	110.00	124.00	101.42
2000	112.00	125.00	110.00	115.67
2001	98.00	87.00	83.00	89.33
2002	132.00	82.00	110.00	108.00
2003	114.00	85.00	86.00	95.00
2004	124.00	85.50	91.00	100.17
2005	94.00	90.00	102.00	95.33
2006	102.00	124.00	100.00	108.67
2007	185.00	189.00	150.00	174.67
2008	152.00	80.00	93.00	108.33
2009	135.47	156.00	116.00	135.82
2010	86.85	79.00	141.00	102.28
2011	175.00	83.09	109.00	122.36
2012	130.00	30.20	107.00	89.07

Sumber : Hasil Perhitungan, 2022

Analisa Distribusi Frekuensi

Curah hujan maksimum degan kala ulang tertentu dapat di hitung dengan metode Log Person Type III hasil perhituagn dapat di lihat pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2 Hasil Perhitungan Log Person Type III

Tr	(Sd)	(Cs)	(Pr %)	G	CH Rancangan	
					(Log X)	x (mm)
2	0.11082708	1.2	50	-0.1959	1.9106	81.3930
5	0.11082708	1.2	20	0.7351	2.0138	103.2208
10	0.11082708	1.2	10	1.3450	2.0814	120.6049

Tr	(Sd)	(Cs)	(Pr %)	G	CH Rancangan	
					(Log X)	x (mm)
25	0.11082708	1.2	4	2.0929	2.1643	145.9655
50	0.11082708	1.2	2	2.6318	2.2240	167.4843
100	0.11082708	1.2	1	3.1537	2.2818	191.3429
500	0.11082708	1.2	0.5	3.6655	2.3385	218.0429
1000	0.11082708	1.2	0.1	4.8292	2.4675	293.4325

Sumber : Hasil Perhitungan, 2022

Kecocokan Distribusi Frekuensi

1. Pada Uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorov*, Derajat percayanya sebesar 5%, untuk $N = 23$. Sehingga dapat disimpulkan $D_{max} = 0.0871 \text{ mm} < D_o = 0,2835 \text{ mm}$, sehingga distribusi untuk pengujian ini dapat diterima.
2. Untuk Uji Kecocokan *Chi-Square* Untuk derajat kepercayaan 0.05 dan derajat kebebasan 3. Maka dapat disimpulkan $X^2 = 2.3043 < X^2_{cr} = 7,815$, maka distribusi untuk pengujian ini dapat diterima.

Lebara Efektif Pelimpah

$$L_{eff} = L' - 2 (N \cdot K_p + K_a) \cdot H \dots\dots\dots(8)$$

$$\begin{aligned} L' &= 25 - 0,24 \cdot H_d \\ &= 25 - 0,24 \times 2,41 \\ &= 24.42 \end{aligned}$$

Kapasitas Pengaliran Bangunan Pelimpah

$$Q = C \cdot L \cdot H^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots(9)$$

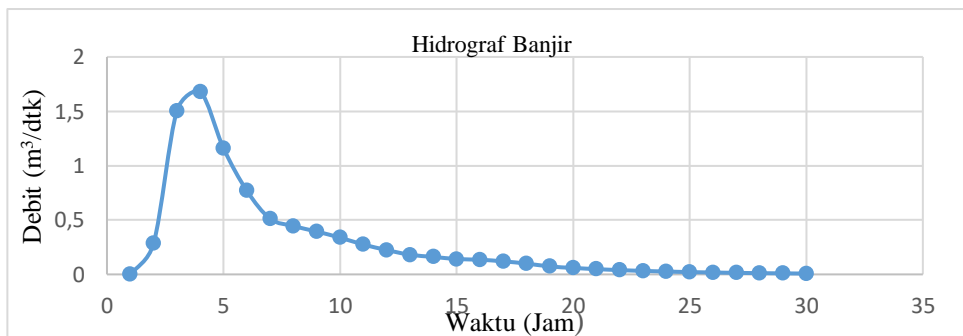
$$\begin{aligned} Q_{1000} &= C \cdot L \cdot H^{3/2} \\ 198,787 &= 2,17 \cdot 24,42 \cdot (2,41)^{3/2} \\ 198,787 &= 198.787 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Hidrograf Banjir HSS Nakayasu

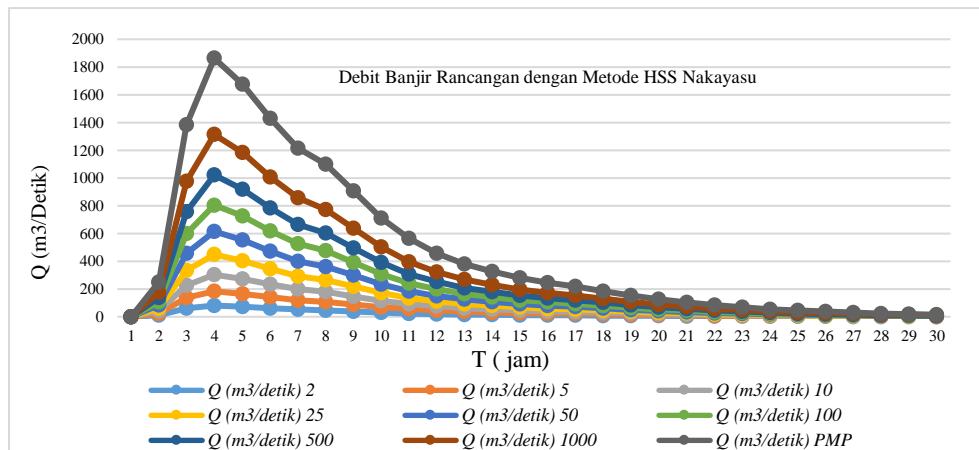
$$Q_p = \frac{CAR_0}{3.60 (0,3 T_p + T_{0,3})} \dots\dots\dots(10)$$

$$Q_p = \frac{(CA \times R_0)}{(3,60 \times (0,3 \times T_p \times T_{0,3}))}$$

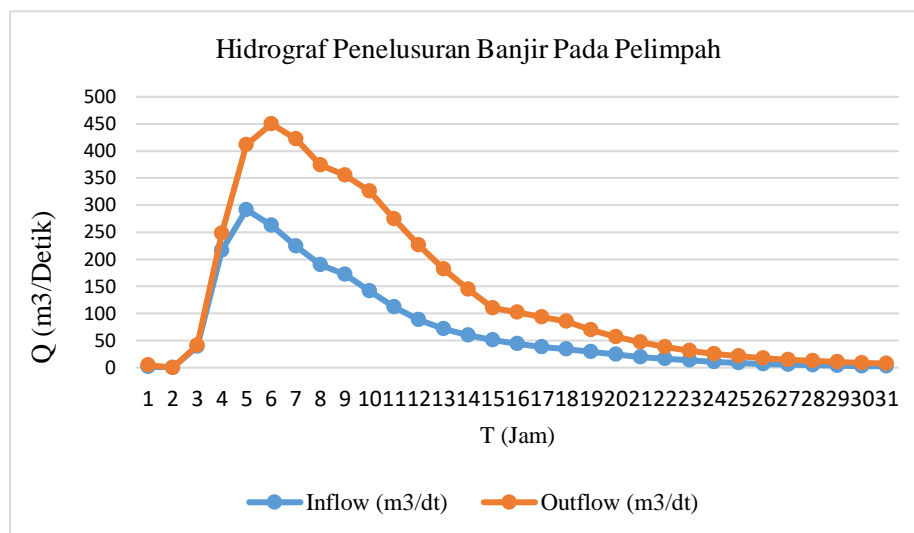
$$\begin{aligned} Q_p &= \frac{(22,47 \times 1 \times 0,5)}{3,60 \times (0,3 \times 2,094 \times 2,94)} \\ &= 1,68 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$



Grafik 1 Hidrograf Banjir (Sumber : Perhitungan 2022)



Grafik 2 Rekapitulasi Debit Banjir Rancangan HSS Nakayasu (Sumber : Perhitungan 2022)



Grafik 3 Rekapitulasi Hidrograf Banjir Inflow dan Outflow (Sumber : Perhitungan 2022)

Perencanaan Bangunan Pelimpah

Perencanaan bangunan pelimpah di rencanakan pada penelitian kali ini memiliki tinggi bangunan pelimpah 5.00 m untuk bilangan Froudnnya sendiri 4,434 m³/det, elevasi lereng + 680.00 dan elavasi muka iar +680.69

1. Saluran Transisi
Perencanaan saluran transisi di rencanakan memiliki panjang 16,65 m lebar hulu 25 m dan hilir 15 m.
2. Saluran Peluncur
Perencanaan saluran peluncur di rencanakan memiliki panjang 166,00 m lebar hulu dan hilir 15 m
3. Saluran Kolam Olak (Peredam Energi)
Perencanaan saluran kolam olak di rencanakan memiliki panjang 35,532 m kedalaman air di ujung 8,46 m, tinggi gigi pemancar 1,692 m dan lebar gigi pemancar 1,269 m. dengan tipe USBR Tipe II

Analisa Stabilitas Pelimpah

1. Kontrol Stabilitas Bangunan Pelimpah pada Kondisi, MAN Tanpa Gempa.

- a. Terhadap Guling.

$$Sf = \frac{593.315}{260.1641} > 1,5$$

$$Sf = 2.275 > 1,5 \text{ (Aman)}$$

- b. Terhadap Geser.

$$Sf = 1,5 < \frac{141.939}{13.455}$$

$$Sf = 1,5 < 10,549 \text{ (Aman)}$$

2. Kontrol Stabilitas Bangunan Pelimpah pada kondisi, MAN Dengan Gempa.

- a. Terhadap Guling

$$Sf = \frac{593.3315}{261.4776} > 1,1$$

$$Sf = 2.269 > 1,1 \text{ (Aman)}$$

- b. Terhadap Geser

$$Sf = 1,2 < \frac{141.939}{13.715}$$

$$Sf = 1,2 < 10,349 \text{ (Aman)}$$

3. Kontrol Stabilitas Bangunan Pelimpah pada kondisi, MAB Tanpa Gempa.

- a. Terhadap Guling

$$Sf = \frac{869.815}{260.762} > 1,5$$

$$Sf = 3.335 > 1,5 \text{ (Aman)}$$

- b. Terhadap Geser

$$Sf = 1,5 < \frac{188.286}{13.5}$$

$$Sf = 1,5 < 13.947 \text{ (Aman)}$$

4. Kontrol Stabilitas Pelimpah pada kondisi, MAB Dengan Gempa.

- a. Terhadap Guling

$$Sf = \frac{869.815}{261.588} > 1,1$$

$$Sf = 3.325 > 1,1 \text{ (Aman)}$$

- b. Terhadap Geser

$$Sf = 1,2 < \frac{188.286}{13.8}$$

$$Sf = 1,2 < 13.643 \text{ (Aman)}$$

PENUTUP

Kesimpulan

1. Debit banjir rencana dengan kala ulang Q1000 didapatkan (*Inflow*) Q_{1000} tahun = 291.607 m³/det dan untuk (*Outflow*) Q_{1000} tahun = 198.787 m³/det.
2. Analisis tipe dan dimensi Bangunan Pelimpah pada perencanaan ini adalah sebagai berikut :
 - Profil Ambang Pelimpah, direncanakan menggunakan Ogee Tipe I dimana, dimana lebar untuk bangunan Pelimpah 25 m. Dalam air diatas Pelimpah 2,41 m.
 - Saluran Transisi panjang saluran 16,65 m. untuk lebar di hulu 25 m, dan untuk hilir 15 m.
 - Saluran Peluncur Panjang Saluran 166,00 m, Lebar hulu dan hilir 15 m.

- Kolam Olak (Peredam Energi), direncanakan menggunakan USBR Tipe II dimana Kedalaman air di ujung hilir Kolam Olak 8,46 m, Panjang Kolam Olakan 35,532 m, Tinggi Gigi Pemancar 1,692 m, Lebar Gigi Pemancar 1,269 m.
- Tinggi Jagaan didapat 0,512 m, Tinggi Dinding 3,00 m.

Saran

Saran yang dapat penulis berikan untuk perencanaan selanjutnya dapat menggunakan tipe Pelimpah Utama (*Service Spillway*) atau Pelimpah Samping (*Side Channel Spillway*) dan untuk perhitungan debit banjir dapat menggunakan HSS gama atau HSS Snyder.

DAFTAR PUSTAKA

- Firnanda, A., Fauzi, M., & Siswanto. (2016). Analisa Stabilitas Bendung (Studi Kasus: Bendungan Tamiang). *Jom FTeknik*, 3, 1–11.
- Hardiyatmo. (1996). *Teknik Pondasi*. Jakarta.
- Irawan, S. (2020). Studi perencanaan ambang pelimpah (Spillway) pada bendungan logung kabupaten kodus. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 7(2), 141–151.
- Rozana, A., Noerhayati, E., & Rachmawati, A. (2020). *Studi Perencanaan Ambang Pelimpah (Spillway) Pada Bendungan Randugunting Kabupaten Blora*. 8(2), 94–104.
- Soemarto, S. (1987). Hidrologi teknik. *Usaha Nasional*.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode statistik Untuk Analisa Data*. Nova.
- Sosrodarsono, S. (2016). *Bendungan Type Urugan*. Erlangga.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidraulika II* (Cetakan Kedua). Yogyakarta.