

ANALISIS DEBIT BANJIR RANCANGAN MENGGUNAKAN METODE HSS NAKAYASU PADA BENDUNGAN BENER KABUPATEN PURWOREJO

Michael Octaviano Da Costa Alves¹, Ayisya Cindy Harifa², Agus Suhardono³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³

Email: modca17@gmail.com¹, ayisya_civil@polinema.ac.id², agussuhardono@yahoo.co.id³

ABSTRAK

Bendungan merupakan sebuah struktur atau bangunan yang memberikan banyak manfaat, salah satunya adalah sebagai pengendali banjir. Oleh karena itu, dalam perencanaan bendungan diperlukan beberapa analisis, seperti analisis curah hujan maksimum, hidrograf satuan sintesis, dan analisis debit banjir rancangan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan debit banjir rancangan di Bendungan Bener menggunakan metode HSS Nakayasu. Data curah hujan yang digunakan berasal dari empat stasiun hujan di sekitar Bendungan Bener yaitu Sapuran, Pungangan, Penungkulan, dan Sawangan pada tahun 2000 sampai dengan 2019. Perhitungan curah hujan rancangan dilakukan dengan metode distribusi Gumbel dan Log Pearson Tipe III, sedangkan analisis debit banjir rancangan menggunakan metode HSS Nakayasu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa debit banjir rancangan pada Bendungan Bener adalah Q_{25} sebesar $935,6 \text{ m}^3/\text{det}$, Q_{50} sebesar $1041,5 \text{ m}^3/\text{det}$, Q_{100} sebesar $1147,1 \text{ m}^3/\text{det}$, Q_{1000} sebesar $1499,0 \text{ m}^3/\text{det}$, dan Q_{PMF} sebesar $3313,5 \text{ m}^3/\text{det}$.

Kata kunci : bendungan; debit banjir rancangan; HSS Nakayasu

ABSTRACT

A dam is a structure or building that provides many benefits, one of which is as a flood control. Therefore, in dam planning, several analyses are needed, such as maximum rainfall analysis, synthetic unit hydrograph, and design flood discharge analysis. The purpose of this study is to determine the flood discharge of the design at the Bener Dam using the Nakayasu HSS method. The rainfall data used came from four rain stations around the Bener Dam, namely Sapuran, Pungangan, Penungkulan, and Sawangan. The calculation of the design rainfall was carried out using the Gumbel distribution method and the Pearson Type III Log, while the design flood discharge analysis was carried out using the Nakayasu HSS method. The results of the study show that the design flood discharge at the Bener Dam is Q_{25} of $935.6 \text{ m}^3/\text{sec}$, Q_{50} of $1041.5 \text{ m}^3/\text{sec}$, Q_{100} of $1147.1 \text{ m}^3/\text{sec}$, Q_{1000} of $1499.0 \text{ m}^3/\text{sec}$, and Q_{PMF} of $3313.5 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Keywords : dam; planned flood discharge; HSS Nakayasu

1. PENDAHULUAN

Pembangunan Bendungan Bener ini penting dilaksanakan dalam rangka mewujudkan bendungan sebagian infrastruktur irigasi untuk mendukung ketahanan pangan dan juga untuk memenuhi kebutuhan masyarakat yaitu untuk penyediaan air baku untuk wilayah Kabupaten Purworejo, Kabupaten Kebumen dan Kabupaten Kulon Progo. Antara lain, suplai air untuk lahan sawah beririgasi 13.589 Ha daerah irigasi eksisting dan 1.110 Ha daerah irigasi baru. Kemudian, sumber pemenuhan air baku untuk masyarakat sekitar 1.500 liter/detik. Bendungan Bener juga bermanfaat untuk pembangkit listrik di Kabupaten Purworejo sekitar 6 Mega Watt, mengurangi potensi banjir untuk Kabupaten Purworejo

dan Kabupaten Kulonprogo dengan nilai reduksi banjir 8,73 m³, serta potensi pengembangan pariwisata yang dapat meningkatkan perekonomian setempat [1].

Dalam perencanaan bendungan, diperlukan data yang akurat mengenai debit banjir, sehingga penting untuk melakukan perhitungan debit banjir rancangan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Bendungan Bener menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintesis (HSS).

Hidrograf satuan digunakan dalam analisa menentukan banjir rancangan jika data yang tersedia merupakan data hujan. Metode ini relatif sederhana, mudah penerapannya, data yang diperlukan sederhana, dan hasil rancangan yang dibekirkan cukup teliti [2]. Pada tahun 1940, metode HSS

Nakayasu dikembangkan oleh Dr. Nakayasu berdasarkan sungai-sungai di Jepang. Variabel yang harus diperoleh untuk mengembangkan ordinat hidrograf satuan dengan teknik ini adalah waktu puncak (tp), debit puncak (Qp), kurva tungkai naik (Qa), dan kurva tungkai menurun (Qd). Rumus waktu puncak (tp) tidak memperhitungkan faktor kemiringan sungai [3].

Tujuan dari penelitian ini untuk dapat mengetahui debit banjir rancangan pada DAS Bendungan Bener dengan menggunakan metode HSS Nakayasu.

2. METODE

Beberapa langkah dalam penelitian ini terdapat proses pengumpulan data, data tersebut adalah curah hujan harian dalam kurun waktu 20 tahun dari 4 stasiun hujan (Pengungkulan, Sapuran, Pungangan, Sawangan). Selanjutnya, dilakukan beberapa tahapan sebagai berikut:

- 1) Perhitungan curah hujan rancangan.
- 2) Analisis hujan maksimum (PMP).
- 3) Distribusi hujan jam-jaman.
- 4) Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam melakukan analisis debit banjir rancangan digunakan data curah hujan dalam kurun waktu 20 tahun. Bendungan Bener terletak di Kabupaten Purworejo, Provinsi Jawa Tengah. Bendungan Bener terletak di Sub-DAS Bogowonto dengan luas Daerah Aliran Sungai Bendungan Bener seluas 115,143 km² dengan panjang sungai utama 17,64 km. Data curah hujan yang digunakan merupakan data curah hujan yang berpengaruh pada aliran Sub-DAS Bogowonto, stasiun yang digunakan adalah Stasiun Penungkulan, Stasiun Sapuran, Stasiun Pungangan, dan Stasiun Sawangan. Berdasarkan analisis hidrologi didapatkan hasil sebagai berikut:

1) Curah Hujan Rancangan

Didapatkan nilai curah hujan rancangan pada tiap kala ulang menggunakan metode Log Pearson III dan metode Gumbel Tipe I, sebagai berikut:

Tabel 1. Curah hujan rancangan metode Gumbel Tipe I

N	Kala Ulang (Tahun)	Curah Hujan untuk Setiap Distribusi	
		Distribusi Gumbel (mm)	Distribusi Log Pearson Tipe III (mm)
1	2	119.18	119.40
2	5	143.81	140.16
3	10	160.12	153.33
4	25	180.73	169.51
5	50	196.02	181.34
6	100	211.20	193.00
7	200	226.32	204.64
8	1000	261.35	232.09

Sumber: Analisis perhitungan

2) Analisis Hujan Maksimum (PMP)

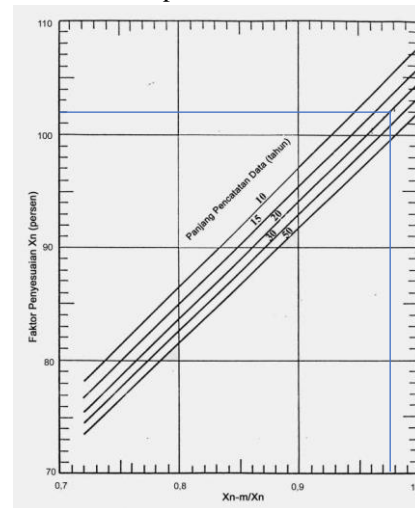
Analisis hujan maksimum (PMP) diperhitungkan menggunakan metode *Hersfield*, dimana merupakan hujan maksimum rancangan yang diperkirakan berpeluang sekali terjadi sepanjang eksistensi umur waduk. PMP dibutuhkan dalam perhitungan analisa banjir terbesar yang mungkin terjadi (PMF).

a. Hujan harian maksimum tahunan rerata

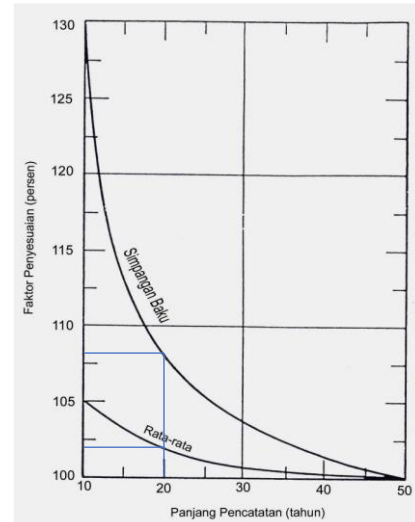
- Banyak data (n) = 20
- Rerata (X_n) = 132,08 mm
- X_{n-m} = 128,92 mm
- X_{n-m}/X_n = 0,976

b. Justifikasi Xp

- X_n = 132,08 mm
- Faktor justifikasi data terukur (f1) = 102,08%
- Faktor justifikasi panjang data (f2) = 102%
- Pendekatan Xp = 137,513



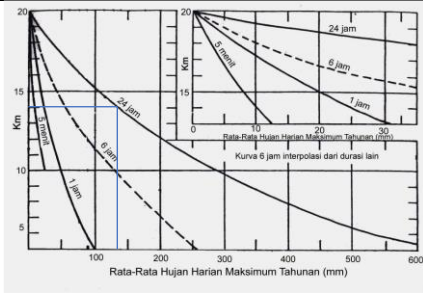
Gambar 1. Acuan penentu nilai faktor penentu Xn



Gambar 2. Acuan penentu nilai f2 dan f4

c. Perhitungan nilai K_m

- X_n = 132,076 mm
- Durasi hujan maksimum boleh jadi = 24 jam
- Nilai K_m = 14,17



Gambar 3. Acuan penentu nilai K_m

d. Perhitungan nilai S_p

$$S_n = 24,888$$

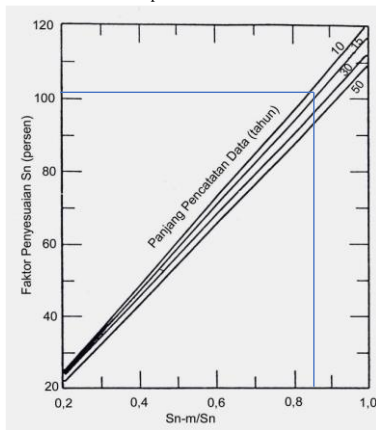
$$S_{n-m} = 21,075$$

$$S_{n-m}/S_n = 0,847$$

Faktor justifikasi data terukur (f_3) = 98,1%

Faktor justifikasi panjang data (f_4) = 107,55%

Pendekatan S_p = 26,258



Gambar 4. Acuan penentu f_3

e. Perhitungan nilai X_m

$$X_m = X_p + K_m \cdot S_p$$

$$= 509,685 \text{ mm}$$

f. Penyesuaian PMP terhadap periode waktu pengamatan dan luas DAS.

Dikarenakan nilai hujan tersebut masih hujan titik, maka harus dikalikan dengan faktor justifikasi terhadap periode waktu pengamatan dan faktor reduksi luas DAS.

$$PMP = 509,685 \times 1,088 \times 0,928$$

$$= 514,714 \text{ mm}$$

g. Kontrol PMP

$$R_{100} = 211,198 \text{ mm (curah hujan rancangan)}$$

$$R_{1000} = 261,345 \text{ mm (curah hujan rancangan)}$$

$$\text{Rasio} = PMP/R_{100}$$

$$= 2,437 \text{ (harga berkisar 2-6, OK)}$$

$$15\% \text{ PMP} = 77,207 \text{ mm}$$

$$50\% \text{ PMP} = 257,257 \text{ mm}$$

Besaran 15%-50% PMP diperkirakan mempunyai T_r 100-1000 tahun (OK).

3) Distribusi Hujan Jam-Jaman

Dalam memperhitungkan distribusi hujan jam-jaman pada periode kala ulang tertentu dilakukan beberapa langkah, yaitu : menghitung rasio intensitas hujan, menentukan koefisien pengaliran, dan membuat distribusi hujan jam-jaman.

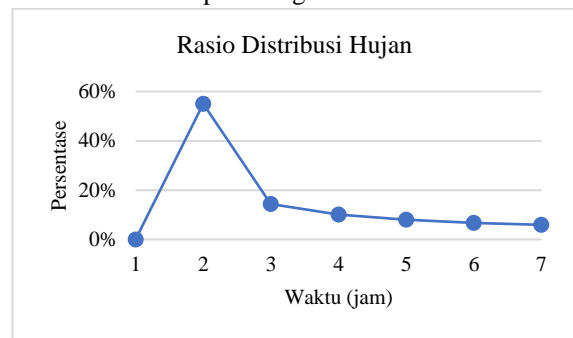
a. Rasio intensitas hujan

Besarnya intensitas curah hujan itu berbeda-beda yang disebabkan oleh lamanya curah hujan atau frekuensi kejadiannya.

Tabel 2. Rasio hujan 1 jam

Jam Ke-(t)	Distribusi Hujan (R_T)		Curah Hujan Jam Ke-		Rasio (%)	Kumulatif (%)
	1 Jam-an		Jam Ke-			
1	0.550	R_{24}	0.550	R_{24}	55%	55%
2	0.347	R_{24}	0.143	R_{24}	14%	69%
3	0.265	R_{24}	0.100	R_{24}	10%	79%
4	0.218	R_{24}	0.080	R_{24}	8%	87%
5	0.188	R_{24}	0.067	R_{24}	7%	94%
6	0.167	R_{24}	0.059	R_{24}	6%	100%

Sumber: Analisis perhitungan



Gambar 5. Rasio distribusi hujan

b. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran diklasifikasikan berdasarkan daerah sungai, kondisi sungai, dan curah hujan. Dikarenakan sungai pada Bendungan Bener merupakan sungai biasa yang terletak di bagian hulu maka digunakan rumus $C = 1 - \frac{15,7}{R_{24}^{3/4}}$

untuk koefisien pengalirannya, dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 3. Koefisien pengaliran dan hujan efektif

Kala Ulang (Tahun)	2	5	10	25	50	100	200	1000	PMF
Koefisien Pengaliran (C)	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9
Hujan Efektif (mm)	67	89	104	123	137	151	165	198	440

Sumber: Analisis perhitungan

c. Distribusi hujan jam-jaman

Perhitungan debit hujan jam-jaman dimulai dengan hujan efektif yang telah didapatkan sebelumnya, selanjutnya pendistribusian hujan jam-jaman dengan cara mengalikan dengan rasio intensitas hujannya.

Jam Ke-	Hujan Netto Jam-Jam an (mm/jam)								
	2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun	25 Tahun	50 Tahun	100 Tahun	200 Tahun	1000 Tahun	PMF
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	37.0	49.2	57.4	67.8	75.5	83.3	91.0	109.1	242
2	9.6	12.8	14.9	17.6	19.6	21.6	23.7	28.4	62.9
3	6.8	9.0	10.5	12.4	13.8	15.2	16.6	19.9	44.1
4	5.4	7.1	8.3	9.8	11.0	12.1	13.2	15.8	35.1
5	4.5	6.0	7.0	8.3	9.3	10.2	11.2	13.4	29.7
6	4.0	5.3	6.1	7.3	8.1	8.9	9.8	11.7	25.9

Sumber: Analisis perhitungan

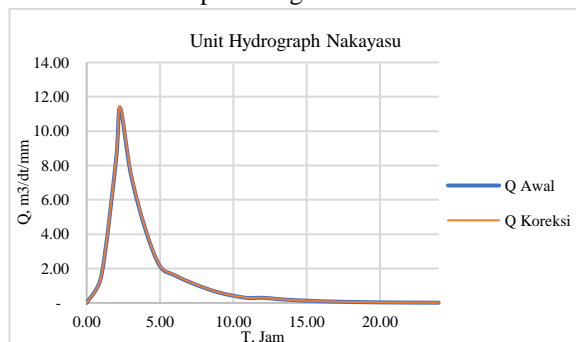
4) Analisis Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

Dilakukan perhitungan unit Hidrograf Sintetis Satuan Nakayasu terlebih dahulu sebelum melakukan perhitungan debit banjir rancangan, dengan hasil perhitungan unit HSS Nakayasu sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil perhitungan unit HSS Nakayasu

t Jam	Q Awal m ³ /dt/mm	V Awal (m ³)	Q Koreksi (m ³ /dt/mm)	V Koreksi (m ³)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.58	2835.52	1.59	2862.58
2.00	8.31	17801.51	8.39	17971.34
2.28	11.35	9804.83	11.46	9898.37
3.00	7.55	24597.48	7.62	24832.16
4.00	4.30	21320.92	4.34	21524.34
5.00	2.13	11574.22	2.16	11684.65
6.00	1.61	6741.32	1.63	6805.64
7.00	1.21	5084.79	1.23	5133.30
8.00	0.88	3776.50	0.89	3812.53
9.00	0.61	2682.09	0.61	2707.67
10.00	0.42	1841.52	0.42	1859.09
11.00	0.29	1264.39	0.29	1276.45
12.00	0.30	1048.47	0.30	1058.48
13.00	0.22	936.35	0.23	945.28
14.00	0.17	706.26	0.17	713.00
15.00	0.13	532.71	0.13	537.80
16.00	0.10	401.81	0.10	405.64
17.00	0.07	303.07	0.07	305.97
18.00	0.05	228.60	0.06	230.78
19.00	0.04	172.43	0.04	174.07
20.00	0.03	130.06	0.03	131.30
21.00	0.02	98.10	0.02	99.03
22.00	0.02	73.99	0.02	74.70
23.00	0.01	55.81	0.01	56.34
24.00	0.01	42.10	0.01	42.50
Jumlah		114054.85		115143.00
Kedalaman hujan (mm)		0.99		1.00

Sumber: Analisis perhitungan



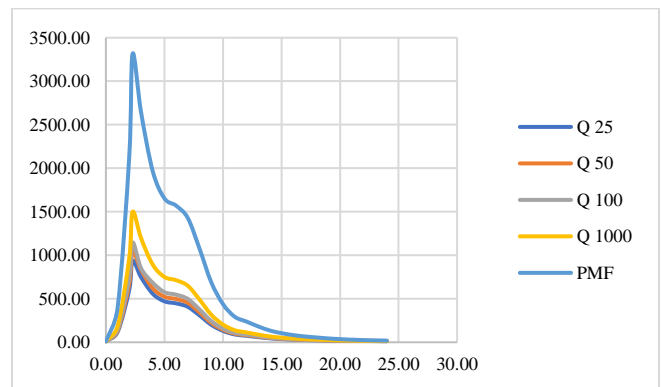
Gambar 6. Ordinat unit HSS Nakayasu

Dilakukan analisis debit banjir rancangan berdasarkan unit HSS Nakayasu yang telah diperhitungkan sebelumnya dengan mengalikan debit koreksi dengan curah hujan efektif jam-jaman. Berikut merupakan hasil rekapitulasi perhitungan debit banjir rancangan pada kala ulang 25 tahun, 50 tahun, 100 tahun, 1000 tahun, dan kala ulang PMF.

Tabel 5. Rekapitulasi debit banjir rancangan

Kala Ulang	Debit Banjir Maksimum (m ³ /det)
25	935.6
50	1041.5
100	1147.1
1000	1499.0
PMF	3313.5

Sumber: Analisis perhitungan



Gambar 7. Debit banjir rancangan HSS Nakayasu

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil analisis diatas, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis menggunakan metode Nakayasu didapatkan untuk waktu puncak banjirnya berada pada jam ke- 2,28 dengan debit 11,46 m³/det.
2. Hasil dari analisis debit banjir rancangan menggunakan metode HSS Nakayasu pada kala ulang 25 tahun sebesar 935,6 m³/det, kala ulang 50 tahun sebesar 1041,5 m³/det, kala ulang 100 tahun sebesar 1147,1 m³/det, kala ulang 1000 tahun sebesar 1499,0 m³/det, dan untuk *Probable Maximum Flood (PMF)* sebesar 3313,5 m³/det.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Satuan Kerja Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak. (2015). *Laporan Akhir : Pemantapan Geologi, Analisa Gempa Dinamis, Model Test Bendungan Bener*. Semarang: PT. Virama Karya.
- [2] Triatmodjo, Bambang. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- [3] Ayuni, T. P., Saputra, A. J., & Ginting, J. M. (2023). Analisis Banjir Metode Hidrograf Satuan Sintetis SCS dan Nakayasu DAS Pesung, Batam. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 20(2), 146-155.