

Evaluasi Debit Banjir Sebagai Rekomendasi Perbaikan Bendung Menggunakan Program Hec-Ras Pada Rekonstruksi DAM Wringin, Jember
Flood Discharge Evaluation as a Recommendation for Dam Repair Using the Hec-Ras Program in the Reconstruction of the Wringin Dam, Jember

Edgar Malik¹⁾, Nanang Saiful Rizal²⁾, Totok Dwi Kuryanto³⁾

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: edgarriot86@gmail.com¹

²Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: nanangsaifulrizal@unmuhjember.ac.id

³Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: totokdwikuryanto@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Bendung Wringin di Desa Dukuh Mencek, Kecamatan Panti, mengalami kerusakan akibat banjir besar, yang mengurangi pasokan air untuk pertanian. Penelitian bertujuan untuk mengevaluasi debit banjir dengan Hec-Ras sebagai rekomendasi perbaikan bendung sebagai informasi terkait analisa hidrologi dalam perencanaan bendung. Metode yang digunakan adalah metode kualitatif dan hasil analisa menunjukkan bahwa metode log pearson III merupakan metode yang paling cocok untuk menganalisa curah hujan serta debit banjir yang di analisa menggunakan metode nakayasu mendapatkan hasil Q100 sebesar 101,54 m³/s. Validasi hasil debit teoritis terbukti mendekati debit lapangan yang memiliki nilai sebesar 112,03 m³/s. Rekomendasi perbaikan bendung dalam acuan hidrologi yakni desain ulang bendung dan meninggikan tanggul 2 meter, serta menganalisa stabilitas hingga aman.

Kata Kunci : Bendung Wringin; Evaluasi; Hec-Ras; Rekomendasi.

Abstract

The Wringin weir in Dukuh Mencek Village, Panti Subdistrict, was damaged by a major flood, which reduced the water supply for agriculture. The study aims to evaluate flood discharge with Hec-Ras as a recommendation for dam repair as information related to hydrological analysis in dam planning. The method used is a qualitative method and the results of the analysis show that the log pearson III method is the most suitable method for analysing rainfall and flood discharge analysed using the Nakayasu method results in a Q100 of 101.54 m³/second. Validation of theoretical discharge results proved to be close to field discharge which has a value of 112.03 m³/second. Recommendations for improving the weir in hydrological reference are redesigning the weir and raising the embankment 2 metres, and analysing stability until it is safe.

Keywords: Wringin Dam; Evaluation; Hec-Ras; Recommendation.

1. PENDAHULUAN

Banjir merupakan salah satu bencana meteorologi yang paling sering terjadi di Indonesia (Abdul, 2020). Indikator iklim utama untuk banjir adalah curah hujan di suatu wilayah yang memiliki pengaruh besar terhadap banjir (Pusat Krisis Kesehatan Kemenkes, 2016). Pada Januari tahun 2022 terjadi hujan dengan intensitas sedang hingga lebat selama lebih dari 3 jam di Jember (Pusat Krisis Kesehatan Kemenkes, 2022). Peristiwa ini mengakibatkan sungai tidak mampu menampung debit banjir hingga meluap ke pemukiman warga setinggi 90 cm hingga 1 meter. Dari beberapa lokasi banjir, perumahan Bumi Mangli mengalami banjir terparah dengan ketinggian air 1,3 meter, bahkan sebuah mobil terseret banjir di wilayah tersebut. Selain perumahan, jalur menuju kota Jember di Jalan Hayam Wuruk juga terendam banjir hampir satu meter, menyebabkan kemacetan panjang.

Bendung Wringin mengairi beberapa kecamatan, namun mengalami kerusakan akibat debit banjir yang berlebihan dan curah hujan tinggi pada Januari 2022 yang mengakibatkan penurunan kinerja bendung sehingga tidak tercukupinya keperluan air untuk irigasi. Maka dari itu, akan dilakukan analisis terkait persoalan banjir di Bendung Wringin untuk menilai seberapa besar kenaikan muka air menggunakan Hec-Ras. Proyek ini dikerjakan oleh Dinas PU Sumber Daya Air dan direncanakan oleh Tim Capstone Project Keairan Universitas Muhammadiyah Jember terkait perencanaan hidrologi, hidrolika, desain, stabilitas, hingga rencana anggaran biaya. Penulis akan melakukan penelitian mengenai proses perencanaan rehabilitasi bendung dengan judul “Evaluasi debit banjir sebagai rekomendasi perbaikan Bendung menggunakan software Hec-Ras”.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Analisis Hidrologi

Hidrologi sangat penting dalam perencanaan bangunan air, terutama bendung. Penelitian ini merekomendasikan perbaikan dan perencanaan yang diperlukan dalam perbaikan bendung. Evaluasi debit

banjir menghasilkan data muka air banjir dari program Hec-Ras, untuk mengevaluasi perencanaan debit dan uji stabilitas bendung dan penampang yang bermasalah. (Salsabila & Nugraheni, 2020)

B. Daerah Aliran Sungai

Daerah aliran sungai (DAS) adalah area yang terbatas oleh puncak-puncak dataran tinggi, di mana area yang dijatuhi oleh air hujan tersebut akan mengalir menuju hilir sungai yang diperiksa. (Triatmodjo, 2008). Luas Daerah Aliran Sungai (DAS) sangat memengaruhi aliran sungai. Standarnya, semakin besar area sungai, maka air yang mengalir ke permukaan akan semakin banyak pula, sehingga debit sungai juga semakin besar.

C. Analisa Curah Hujan Rencana

Data hujan merupakan data induk dari perencanaan hidrologi, dimana data tersebut sangat esensial di beragam perencanaan bangunan hidraulik. Dari hasil pencatatan yang dilakukan pada suatu stasiun hujan, didapatkan data hujan yang disatukan guna meramalkan curah hujan yang direncanakan dengan berbagai metode yakni :

1. Metode *Aljabar*
2. Metode *Polygon Thiessen*
3. Metode *Isohyet*

Masing-masing tergantung jumlah stasiun hujan pada Daerah yang diperiksa. Untuk memperkirakan kriteria hujan, diberikan tabel kriteria curah hujan dicuplikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Curah Hujan di Indonesia

No	Kategori	Keterangan
1	Hujan Ringan	0,5 - 20 mm/hari
2	Hujan Sedang	20 - 50 mm/hari
3	Hujan Lebat	50 - 100 mm/hari
4	Hujan Sangat Lebat	100 - 150 mm/hari
5	Hujan Ekstrem	> 150 mm/hari

Sumber: BMKG, 2020

Dalam menganalisis curah hujan rencana tentunya terdapat beberapa metode uji distribusi yakni :

1. Distribusi Gumbell
2. Distribusi Normal

$$X_T = X_r + k. S_x \dots\dots\dots (1)$$

$$P(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{(2\sigma^2)}} \dots\dots\dots (2)$$

3. Distribusi Log Normal

$$P(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(Y-\mu_Y)^2}{(2\sigma^2\log x)}} \dots\dots\dots(3)$$

4. Distribusi Log Pearson III

$$\log x_T = \log X_r + K SD \dots\dots\dots(4)$$

Pemilihan metode tersebut di uji dengan syarat dicuplikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Syarat Pemilihan Metode Distribusi

No	Jenis Distribusi	Parameter
1	Normal	Cs = 0
2	Log Normal	Cs/Cv = 3
3	Gumbell	Cs = 1.139 ; Ck 5.4
4	Log Pearson III	≠ 0

Sumber: Harto, 1993:245

D. Uji Kesesuaian Distribusi

Uji ini memiliki tujuan untuk memvalidasi akurasi analisis hujan terhadap variasi data, sehingga bisa ditentukan apakah metode yang digunakan dalam komputasi hujan diterima atau tidak. Metode uji yang biasa dipakai adalah uji smirnov kolmogorov dan uji chi-kuadrat. (Rizal, 2022)

E. Debit Banjir Rencana

Hal terpenting dalam menduga aliran banjir rancangan adalah penentuan waktu puncak. Dalam penelitian ini, untuk menganalisis debit banjir rencana digunakan metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu. (Suripin, 2004)

F. Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

Untuk membuat grafik aliran banjir di sungai, perlu diketahui sifat karakteristik ukuran area yang dialiri tersebut. Adapun karakteristik tersebut adalah:

1. Jarak waktu awal hujan hingga puncak hujan.
2. jarak waktu titik berat hujan sampai puncak titik berat hidrograf.
3. Jarak waktu hidrograf.
4. Luas area yang dialirkan.
5. Panjang saluran utama.

Persamaan hidrograf satuan sintetis Nakayasu adalah sebagai berikut (Soemarto, 1987):

$$Q_P = \frac{A \cdot R_0}{3,6 (0,3t_p + T_{0,3})} \dots\dots\dots(5)$$

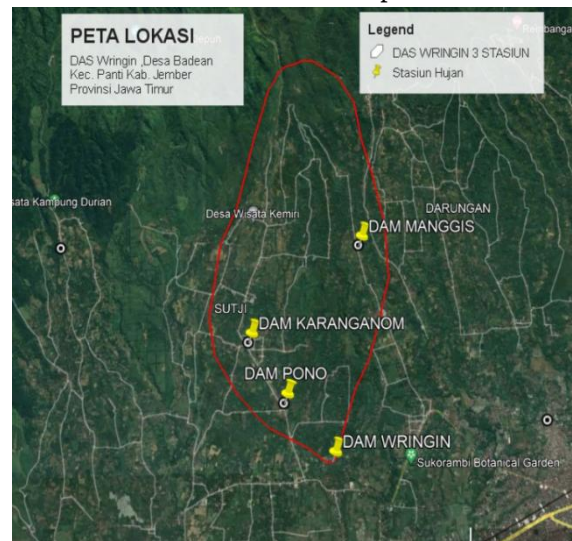
H. Program Hec-Ras

Hec-Ras adalah program siap pakai untuk menciptakan model aliran sungai, yang disebut *River Analysis System* (RAS). Pada program ini terdapat empat bagian tentunya pada model satu dimensi, yaitu komputasi profil permukaan aliran tetap, simulasi aliran tetap, hitungan pengangkutan sedimen, dan kualitas air. (Rizal, 2022)

3. METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian dilaksanakan di DAS Wringin (8°09'45" S dan 113°38'54" E) Desa Badean Kecamatan Panti Kabupaten Jember.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Sumber : Google Earth, 2025

Keputusan dalam pemilihan lokasi mengacu pada Jebolnya DAM Wringin. DAM tersebut akan di rehabilitasi sebagai DAM yang efektif berpedoman pada analisis Hidrologi.

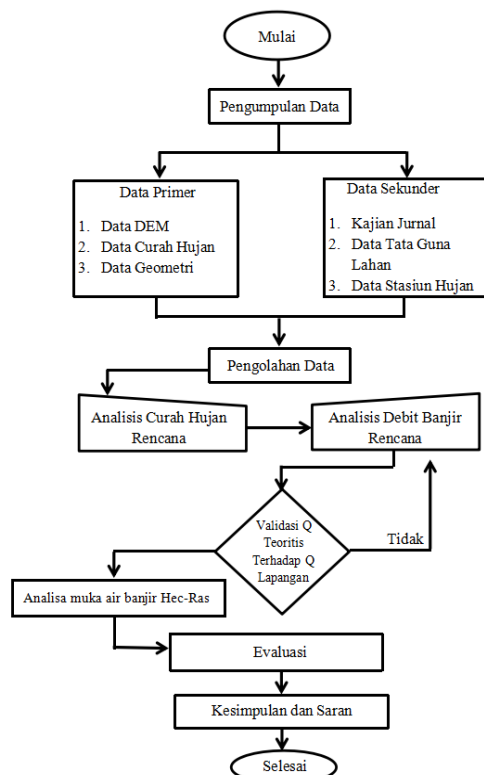


Gambar 2. Kondisi Bendung

Sumber : Data Pribadi, 2024

B. Pengumpulan Data

Pada penelitian ini tentunya memiliki beagam metode. Metode yang digunakan adalah metode kualitatif, diantaranya Metode Polygon Thiessen, metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu, metode mononobe, dan metode empiris. Sumber yang dimanfaatkan dalam penelitian ini adalah data primer dan sekunder. Berikut merupakan diagram alir penelitian dicuplikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Rencana konsep penelitian
Sumber : Data Penelitian, 2025

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Metode Kajian

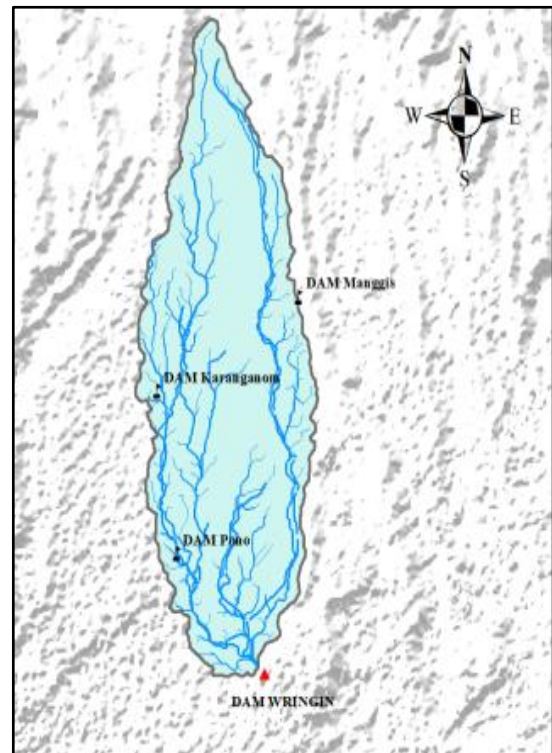
Data-data yang sudah terkumpul akan diolah dalam kajian pelaksanaan yakni

- Kajian Hidrologi
 - Peta DAS Wringin
 - Analisa Hujan Rerata dengan metode Polygon Thiessen.
 - Analisis Sebaran Curah Hujan.
 - Uji Kecocokan Sebaran.
 - Analisa Curah Hujan Rencana.
 - Sebaran Hujan pada hitungan jam.
 - Analisa Debit Banjir Rancangan Dengan Metode HSS Nakayasu

- Validasi Debit Teoritis dengan Debit Lapangan
- Kajian Hidrolika
 - Analisa Muka Air Banjir (*Steady Flow*) Menggunakan Program Hec-Ras 6.6
 - Perhitungan Hidrolika
 - Desain Perencanaan
 - Stabilitas Bendung

B. Peta Daerah Aliran Sungai

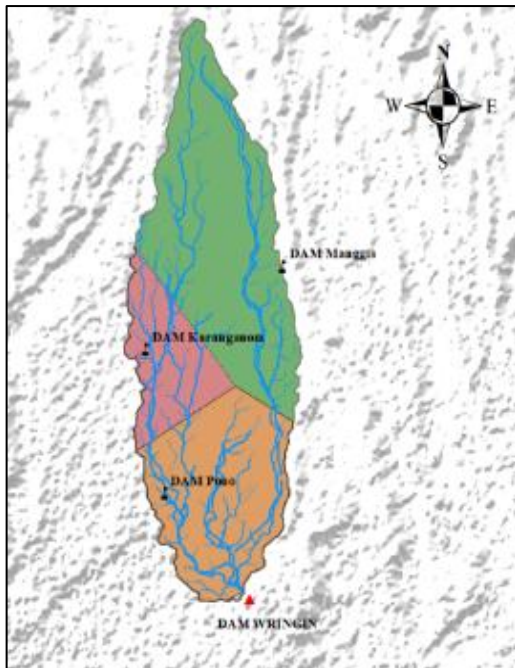
Pada DAS Wringin terdapat 3 stasiun hujan meliputi DAM Manggis, DAM Karanganom, dan DAM Pono. Gambar Peta Daerah Aliran Sungai Wringin dicuplikan pada Gambar 5.



Gambar 4. Peta DAS Wringin
Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2025

C. Analisis Curah Hujan Rerata

Titik terminal hujan yang terdapat pada DAS Wringin berjumlah 3. Dengan itu penilitian ini memakai polygon thiessen guna menentukan nilai curah hujan rerata. Nilai koefisien thiessen sangatlah berpengaruh terhadap curah hujan rerata yang diperoleh dari luasan daerah stasiun hujan. Berikut merupakan hasil pengolahan data DEM menjadi peta polygon thiessen dicuplikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta *Polygon Thiessen*
Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2025

Dari hasil peta *Polygon Thiessen* maka didapatkan koefisien thiessen dicuplikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Koefisien Thiessen DAS Wringin

NO	Nama Stasiun	Luas Daerah (Ai)	Koefisien Thiessen Ai/A	Persentase Koef × 100
		Km ²	(%)	(%)
1	DAM Pono	4.81	0.33	33
2	DAM Karanganom	2.29	0.16	16
3	DAM Manggis	7.73	0.51	51
Jumlah		14.47	1.00	100

Sumber ; Hasil Perhitungan, 2025

Hasil perhitungan analisa curah hujan rerata dicuplikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Curah Hujan Rerata *Polygon Thiessen*.

Tahun	Curah Hujan Max (mm)			Xi (mm)
	Pono	Karanganom	Manggis	
	0.33	0.16	0.51	
2014	94	96	98	96.35
2015	96	96	90	92.95
2016	89	98	91	91.44
2017	88	94	90	89.97
2018	115	110	94	103.5
2019	115	110	94	103.5
2020	93	97	95	94.65
2021	90	92	67	78.61
2022	143	164	125	137.1
2023	92	95	182	138.3

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

D. Analisis Distribusi Curah Hujan

Pada analisa ini akan dilakukan seleksi berbagai metode untuk menduga curah hujan dalam era tertentu yakni pada metode Gumbell, Normal, Log Normal, dan Log Pearson III.

Tabel 5. Perbandingan Hasil Dispersi

NO	Dispersi	Hasil Dispersi			
		Gumbell	Normal	Log Normal	Log Pearson III
1	Cs	1.20	1.20	0.007	0.007
2	S	19.79	19.79	0.07	0.07
3	Cv	0.19	0.19	0.03	0.03
4	Ck	3.10	3.10	4.24	4.24

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Berikut merupakan hasil seleksi metode dengan syarat pada Tabel 2. dicuplikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji Distribusi

Jenis Distribusi	Syarat	Hasil	Keterangan
Gumbel	Cs = 1.13	1.208	Tidak Memenuhi
	Ck = 5.40	3.100	
Log Normal	Cs = 3	0.007	Tidak Memenuhi
	Ck = 3	4.245	
Normal	Cs = 0	1.208	Tidak Memenuhi
	Ck = 3	3.100	
Log Pearson III	Cs ≠ 0	0.007	Memenuhi
	Ck ≠ 0	4.245	

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

E. Uji Kesesuaian Distribusi

Perhitungan hasil uji kecocokan ini bertujuan untuk mengetahui kebenaran dari hipotesis Sebaran frekuensi melalui uji chi-kuadrat. Berikut merupakan hasil uji chi-kuadrat dicuplikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil uji chi-Kuadrat

No	Interval Curah Hujan	Oi	Ei	Oi - Ei	(Oi - Ei) ² /Ei
1	p < 86.87	1	2	-1	0.5
2	86.87 < p < 96.62	4	2	2	2
3	96.62 < p < 105.7	3	2	1	0.5
4	105.7 < p < 117.6	0	2	-2	2
5	p > 117.6	2	2	0	0
Jumlah		10	10	0	(5)

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Dikarenakan pertimbangan uji chi square yakni nilai X^2 harus lebih kecil dari X^2_{cr} , maka distribusi Log Pearson dianggap memenuhi syarat dengan hasil $5 < 5.991$. Adapun hasil uji smirnov - kolmogorov dicuplikan di Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Uji Smirnov-Kolmogorov

Log Xi	P(Xi)	f(t)	T	P'(Xi)	DP
1.984	0.091	-0.27	0.760	0.240	0.149
1.968	0.182	-0.47	0.666	0.334	0.153
1.961	0.273	-0.56	0.698	0.302	0.030
1.954	0.364	-0.65	0.730	0.270	-0.094
2.015	0.455	0.13	0.453	0.547	0.093
2.015	0.545	0.13	0.453	0.547	0.002
1.976	0.636	-0.36	0.630	0.370	-0.266
1.895	0.727	-1.39	0.997	0.003	-0.724
2.137	0.818	1.69	0.007	0.993	0.174
2.141	0.909	1.74	0.032	0.968	0.059
DP MAX					0.174

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Pada hasil uji distribusi Smirnov-Kolmogorov, metode Log Pearson III merupakan metode yang memenuhi dengan nilai ($0.174 < 0.409$) yang berarti DP Max lebih kecil dari DP Kritis.

F. Analisa Curah Hujan Rencana

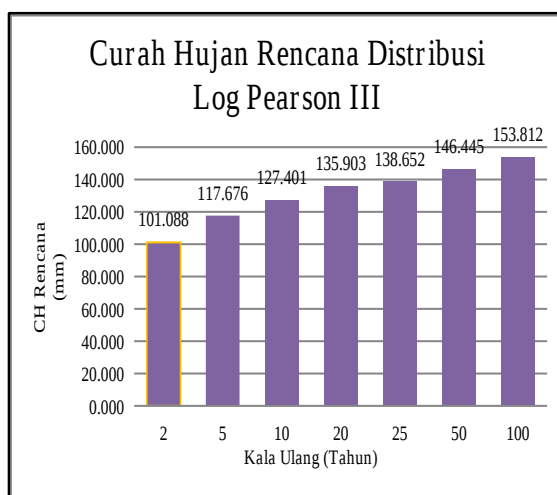
Berikut merupakan hasil hitungan analisa curah hujan rencana menggunakan metode Log Pearson III.

Tabel 9. Hasil Analisis Curah Hujan Rencana

No	Kala Ulang	K	K x S	Log Xt	Xt (mm)
1	2	0.000	0.000	2.005	101.088
2	5	0.842	0.066	2.071	117.676
3	10	1.282	0.100	2.105	127.401
4	20	1.640	0.129	2.133	135.903
5	25	1.751	0.137	2.142	138.652
6	50	2.054	0.161	2.166	146.445
7	100	2.326	0.182	2.187	153.812

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Adapun grafik ramalan hujan Log Pearson III dicuplikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Curah Hujan Rencana
Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

G. Distribusi Hujan Jam-Jaman

Perencanaan intensitas hujan akan diukur memakai metode mononobe dengan formula dibawah ini :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \dots\dots\dots (6)$$

Berikut ini merupakan hasil perencanaan Intensitas Hujan Dalam Rata- Rata dicuplikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Perhitungan Intensitas Hujan

Jam	Kala Ulang						
	2	5	10	20	25	50	100
	(Tahun)						
1	35.04	40.79	44.16	47.11	48.06	50.77	53.32
2	22.07	25.70	27.82	29.68	30.28	31.98	33.59
3	16.84	19.61	21.23	22.65	23.10	24.40	25.63
4	13.90	16.19	17.52	18.69	19.07	20.14	21.16
5	11.98	13.95	15.10	16.11	16.43	17.36	18.23
6	10.61	12.35	13.37	14.26	14.55	15.37	16.14

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Curah hujan dengan hitungan jam dapat diolah jika intensitas hujan telah direncanakan. Analisa ini memakai metode sebaran hujan dengan hitungan jam pada formula dibawah ini :

$$R_T = (t \times I) - ((t - 1) \times (I_{ro-1})) \dots\dots\dots (7)$$

Berikut merupakan hasil perhitungan dicuplikan Tabel 11.

Tabel 11. Distribusi Hujan Jam-Jaman

t	Rt 1 Jam - an (mm/Jam)						
	2	5	10	20	25	50	100
	Tahun						
1.	35.0	40.8	44.2	47.1	48.1	50.8	53.3
2.	48.0	55.9	60.5	64.5	65.8	69.5	73.0
3.	32.5	37.9	41.0	43.7	44.6	47.1	49.5
4.	25.7	29.9	32.3	34.5	35.2	37.2	39.0
5.	21.6	25.1	27.2	29.0	29.6	31.3	32.9
6.	18.8	22.0	23.7	25.3	25.8	27.3	28.7
Max	182	211	229	244	249	263	276

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Setelah perhitungan selesai maka berikutnya ialah mengolah curah hujan efektif dari hasil curah hujan dengan hitungan jam. Hasil analisa curah hujan efektif dicuplikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Curah Hujan Efektif

Tabel 12: Cara Pengukuran Erosi							
C	Re 1 Jam - an (mm/Jam)						
	2	5	10	20	25	50	100
	Tahun						
0.6	22.6	26.4	28.6	30.5	31.1	32.8	34.5
0.6	31.0	36.1	39.1	41.7	42.6	45.0	47.2
0.6	21.0	24.5	26.5	28.3	28.9	30.5	32.0
0.6	16.6	19.3	20.9	22.3	22.8	24.0	25.3
0.6	13.9	16.2	17.6	18.8	19.2	20.2	21.2
0.6	12.2	14.2	15.3	16.4	16.7	17.6	18.5

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Setelah diperoleh nilai curah hujan efektif maka dapat dilakukan perencanaan debit banjir rencana memakai metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu.

H. Debit Banjir Rencana

Untuk membuat suatu grafik banjir pada DAS perlu diidentifikasi data karakteristik DAS. Berikut merupakan karakteristik atau parameter DAS Wringin yakni :

- Luas DAS = 14.477 Km²
- Panjang Sungai = 9.16 Km
- Koef Pengaliran = 0.647
- α = 2
- Ro = 1 mm

Adapun tahap-tahap perhitungan dalam pengolahan debit banjir rencana metode HSS Nakayasu.

- Waktu konsentrasi hujan (T_g)

$$T_g = 0.4 + 0.058 \times L \dots\dots\dots(8)$$

$$= 0.4 + 0.058 \times 9.160$$

$$= 0.93 \text{ Jam}$$
- Waktu dari curah hujan (T_r)

$$T_r = 0.75 \times t_g \dots\dots\dots(9)$$

$$= 0.75 \times 0.93$$

$$= 0.70 \text{ Jam}$$
- Menghitung waktu puncak (T_p)

$$T_p = T_g + (0.8 \times T_r) \dots\dots\dots(10)$$

$$= 0.93 + (0.8 \times 0.70)$$

$$= 1.49 \text{ Jam}$$
- Menghitung waktu penurunan ($T_{0.3}$)

$$T_{0.3} = \alpha \times T_g \dots\dots\dots(11)$$

$$= 2 \times 0.93$$

$$= 1.86 \text{ Jam}$$

$$T_p + T_{0.3} = 1.49 + 1.86$$

$$= 3.35 \text{ Jam}$$

$$T_p + T_{0.3} + 1.5T_{0.3} = 1.49 + (2 \times 1.86)$$

$$= 6.15 \text{ Jam}$$

Adapun acuan kurva ordinat hidrograf dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Acuan Kurva Ordinat Hidrograf

Karakteristik	Notasi	Acuan
Lengkung Naik	Qa	$0 \leq t \leq T_p$
Lengkung Turun 1	Qd1	$T_p \leq t \leq T_p + T_{0.3}$
Lengkung Turun 2	Qd2	$T_p + T_{0.3} \leq t \leq T_p + T_{0.3} + 1.5 T_{0.3}$
Lengkung Turun 3	Qd3	$t \geq T_p + T_{0.3} + 1.5 T_{0.3}$

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

- Lengkung Naik (Qa)
 $(0 \leq t \leq T_p) = (0 \leq t \leq 1.22)$

Untuk menghitung ordinat hidrograf pada bagian lengkung naik (Qa) digunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q_{t(0)} = Q_p \left[\frac{t}{T_p} \right]^{2.4} \dots\dots\dots(12)$$

$$= 1.741 \left[\frac{0}{1.49} \right]^{2.4} = 0 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{t(1)} = Q_p \left[\frac{t}{T_p} \right]^{2.4} \dots\dots\dots(13)$$

$$= 1.741 \left[\frac{1}{1.49} \right]^{2.4} = 0.67 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Lengkung Turun Tahap 1
 $(T_p) \leq t \leq (T_p + T_{0.3}) = (1.22) \leq t \leq (2.74)$

Untuk menghitung ordinat hidrograf pada bagian lengkung turun tahap 1 (Qd1) digunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q_{t(2)} = Q_p \times 0.3^{((t-T_p)/T_{0.3})} \dots\dots\dots(14)$$

$$= 1.741 \times 0.3^{((2-1.49)/1.86)}$$

$$= 1.25 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Lengkung Turun Tahap 2
 $(T_p + T_{0.3}) \leq t \leq (T_p + T_{0.3} + 1.5 T_{0.3})$
 $(2.74) \leq t \leq (5.03)$

Untuk menghitung ordinat hidrograf pada bagian lengkung turun tahap 2 (Qd2) digunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q_{t(3)} = Q_p \times 0.3^{((t-T_p)+0.5 T_{0.3})/(1.5 T_{0.3})} \dots\dots\dots(15)$$

$$= 1.741 \times 0.3^{((3-1.49)+0.5 \times 1.86)/(1.5 \times 1.86)}$$

$$= 0.61 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{t(4)} = Q_p \times 0.3^{((t-T_p)+0.5 T_{0.3})/(1.5 T_{0.3})} \dots\dots\dots(16)$$

$$= 1.74 \times 0.3^{((4-1.49)+0.5 \times 1.86)/(1.5 \times 1.86)}$$

$$= 0.40 \text{ m}^3/\text{s}$$

Perhitungan bagian lengkung turun tahap 2 (Qd2) diteruskan hingga batas interval waktu dengan acuan $((2.74) \leq t \leq (5.03))$

- Lengkung Turun Tahap 3
 $t \geq (T_p + T_{0.3} + 1.5 T_{0.3})$
 $t \geq (5.03)$

Untuk menghitung ordinat hidrograf pada bagian lengkung turun tahap 3 (Qd3) digunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q_{t(6)} = Q_p \times 0.3^{((t-T_p)+1.5 T_{0.3})/(2 T_{0.3})} \dots\dots\dots(17)$$

$$= 1.741 \times 0.3^{((6-1.49)+1.5 \times 1.86)/(2 \times 1.86)}$$

$$= 0.16 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{t(7)} = Q_p \times 0.3^{((t-T_p)+1.5 T_{0.3})/(2 T_{0.3})} \dots\dots\dots(18)$$

$$= 1.741 \times 0.3^{((7-1.49)+1.5 \times 1.86)/(2 \times 1.86)}$$

$$= 0.12 \text{ m}^3/\text{s}$$

Perhitungan bagian lengkung turun tahap 3 (Q_{d3}) diteruskan hingga batas interval waktu dengan acuan ($t \geq (5.03)$).

Tabel 14. Perhitungan Ordinat Hidrograf

t (Jam)	Q (m ³ /s)	Keterangan
0.0	0.00	
1.0	0.67	Qa
2.0	1.25	
3.0	0.61	
4.0	0.40	Qd1
5.0	0.26	
6.0	0.16	
7.0	0.12	
8.0	0.09	
9.0	0.06	
10.0	0.05	
11.0	0.03	Qd3
12.0	0.02	
13.0	0.02	
14.0	0.01	
15.0	0.01	
16.0	0.01	
17.0	0.00	
18.0	0.00	
19.0	0.00	
20.0	0.00	
21.0	0.00	Qd3 Mendekati 0
22.0	0.00	
23.0	0.00	
24.0	0.00	
25.0	0.00	

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Berikut merupakan hasil perencanaan debit banjir rencana dengan metode HSS Nakayasu di berbagai kala ulang.

Tabel 15. Hidrograf Debit Banjir Rencana dengan Berbagai Kala Ulang

t	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₂₅	Q ₅₀	Q ₁₀₀
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	15.1	17.6	19.1	20.37	20.78	21.95	23.06
2	49.1	57.2	61.9	66.07	67.40	71.19	74.77
3	66.7	77.6	84.1	89.71	91.53	96.67	101.54
4	65.2	76.0	82.2	87.77	89.55	94.58	99.34
5	61.0	71.0	76.8	82.02	83.68	88.39	92.83
6	55.7	64.8	70.2	74.95	76.46	80.76	84.82
7	43.5	50.6	54.8	58.50	59.69	63.04	66.21
8	26.2	30.6	33.1	35.35	36.07	38.09	40.01
9	17.7	20.6	22.3	23.82	24.30	25.67	26.96
10	12.1	14.1	15.3	16.36	16.69	17.63	18.51
11	8.54	9.95	10.7	11.49	11.72	12.38	13.00
12	6.18	7.20	7.79	8.31	8.48	8.96	9.41
13	4.48	5.21	5.64	6.02	6.14	6.48	6.81
14	3.24	3.77	4.08	4.36	4.44	4.69	4.93
15	2.35	2.73	2.96	3.15	3.22	3.40	3.57
16	1.70	1.98	2.14	2.28	2.33	2.46	2.58
17	1.23	1.43	1.55	1.65	1.69	1.78	1.87
18	0.89	1.04	1.12	1.20	1.22	1.29	1.35
19	0.64	0.75	0.81	0.87	0.88	0.93	0.98
20	0.47	0.54	0.59	0.63	0.64	0.68	0.71
21	0.34	0.39	0.43	0.45	0.46	0.49	0.51
22	0.24	0.28	0.31	0.33	0.33	0.35	0.37
23	0.18	0.21	0.22	0.24	0.24	0.26	0.27
24	0.13	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.19
25	0.09	0.11	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14
>	66.7	77.6	84.1	89.71	91.53	96.67	101.54

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

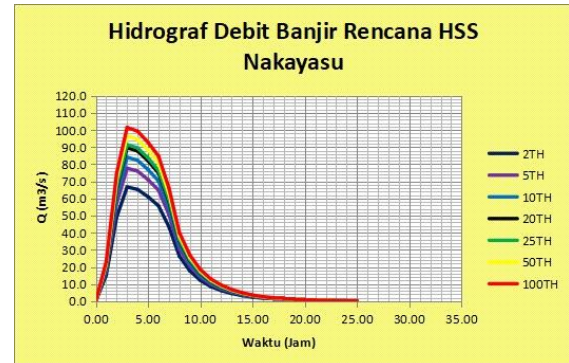
Adapun Rekapitulasi Debit Banjir dengan berbagai kala ulang dicuplikan pada Tabel 16.

Tabel 16. Rekapitulasi Debit Banjir Rencana

Kala Ulang	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₂₅	Q ₅₀	Q ₁₀₀
Q (m ³ /s)	66.7	77.6	84.1	89.7	91.5	96.6	101.5

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Didapatkan hidrograf debit banjir rencana yang disebut dengan Q teoritis pada Gambar 7.



Gambar 7. Hidrograf Debit Banjir

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Langkah selanjutnya yakni memvalidasi hasil Q teoritis terhadap Q lapangan menggunakan metode empiris. Setelah dilakukan survei lapangan maka diperoleh data sebagai berikut :

- MAB Lapangan (H) = 5.00 m
- Lebar Penampang (B) = 8.00 m
- Kemiringan Sungai (S) = 0.040
- Kekerasan Manning(n) = 0.05
- Kemiringan dinding = 1.00 m

Setelah didapat data lapangan maka lakukan perhitungan validasi manual Q teoritis terhadap Q lapangan dengan metode empiris. Adapun hasil Perhitungan validasi Q_T terhadap Q_L dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 17. Validasi Q Teoritis Terhadap Q Lapangan

Validasi	H	B	A	P	R	V	Q
	m	m	m ²	m	(m)	(m/s)	(m ³ /s)
Q_T	4.8	8	62	21.6	2.8	1.63	101.5
Q_L	5	8	65	22.1	2.9	1.72	112.0

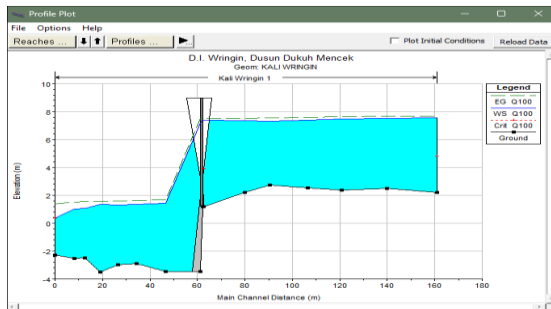
Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Dapat dilihat pada hasil perhitungan di Tabel 17 bahwa pada ketinggian 5 m data yang diperoleh dari Lapangan memiliki nilai debit banjir sebesar 112.03 m³/s. Lalu Q teoritis yang mendekati angka tersebut adalah Debit Banjir

Rencana dengan kala ulang 100 tahun yakni sebesar 101.54 m³/s.

F. Analisa Muka Air Banjir

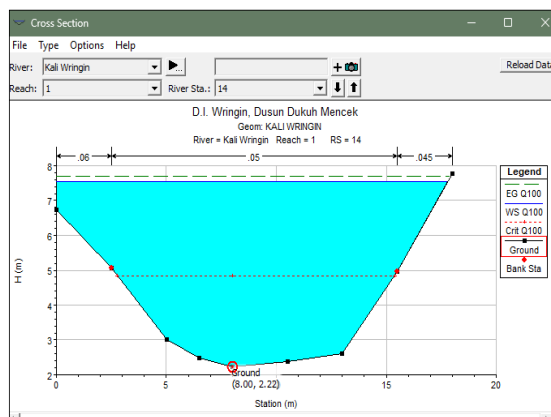
Adapun hasil analisis yang telah di input data debit, data geometri, dan data eksisting bendung dicuplikan pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8. Muka Air Banjir pada Profil Memanjang

Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2025

Dari hasil analisis pada profil memanjang terlihat bahwa air menyentuh ketinggian sekitar angka 7 m terhadap kedalaman dasar sungai yang berada sekita angka 2 m pada hulu. Dan pada hilir air menyentuh ketinggian sekitar angka 1.5 m terhadap kedalaman dasar sungai yang berada sekitar -3.5 m. Yang berarti tinggi muka air banjir kurang lebih mendekati pada muka air banjir lapangan yakni tinggi muka air banjir setinggi 5 m. Berikut adalah tampilan profil melintang muka air banjir pada Sta 14 di hulu dicuplikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Muka Air Banjir Pada Profil Melintang Sta 14

Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2025

Dapat dilihat bahwa tinggi muka air pada Sta 14 yakni setinggi 7.55 m dengan dasar

sungai 2.22 m. Bisa dibuktikan jika ketinggian muka air banjir yang disampaikan oleh warga ialah 5m berarti di cari interval antara 7.55 m dan 2.55 m dengan cara dilakukannya pengurangan. Berikut merupakan hasil rekapitulasi tinggi Muka Air Banjir dengan deskripsi yang menandakan meluap dan tidak meluap pada hitungan Hec-Ras.

- STA 14 = 5,33 m (Meluap)
- STA 13 = 5,00 m (Meluap)
- STA 12 = 5.10 m (Meluap)
- STA 11 = 4,83 m (Meluap)
- STA 10 = 4,56 m (Meluap)
- STA 9 = 5,12 m (Meluap)
- STA 8 = 6,20 m (Meluap)

Dari hasil analisis terlihat bahwa 8 penampang saluran pada hulu dinyatakan meluap dikarenakan tinggi air melebihi tinggi tanggul, hasil ini menyimpulkan bahwa penampang dibagian hulu terkategori tidak aman. Dari penelitian ini perlu adanya rekomendasi perhitungan hidrolika manual untuk mengevaluasi debit banjir terhadap bangunan air pada Dam Wringin.

G. Perhitungan Hidrolika

a. Perhitungan Kemiringan dasar sungai

Berdasarkan panjang saluran yang diteliti sepanjang 160,90 meter, kemiringan dasar sungai di sekitar Bendung Wringin dapat dilihat pada perhitungan di Tabel 19.

Tabel 18. Perhitungan Kemiringan Saluran

No	Patok	L (m)	Elv	ΔH (m)	ΔH/L
1	Sta 14	8.00	97	0.64	0.080
2	Sta 13	4.50	96.36	0.18	0.040
3	Sta 12	6.50	96.18	0.33	0.050
4	Sta 11	7.50	95.85	0.37	0.050
5	Sta 10	8.00	95.48	0.32	0.040
6	Sta 9	12.00	95.16	0.72	0.060
7	Sta 8	16.00	94.44	0.64	0.040
8	As Bendung	0.75	94.44	0	0
9	Sta 7	17.50	93.80	0.52	0.030
10	Sta 6	10.50	93.28	0.21	0.020
11	Sta 5	16.00	93.07	0.32	0.020
12	Sta 4	14.00	92.75	0.14	0.010
13	Sta 3	14.40	92.61	0.29	0.020
14	Sta 2	19.00	92.32	1.14	0.060
15	Sta 1	21.00	91.18	1.67	0.080
Jumlah		160.90	89.51	0.52	0.60
i		= 0.040 (kemiringan rata-rata)			

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

b. Tinggi air di saat Banjir

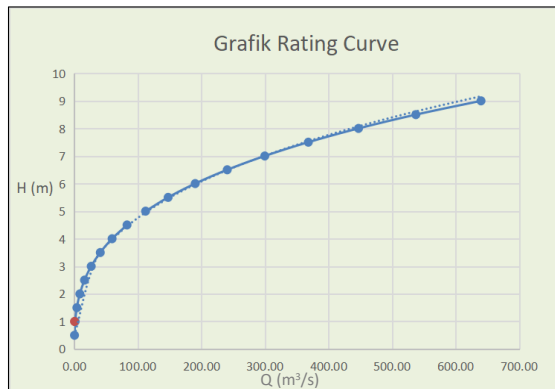
Luaran hasil pengolahan tinggi air di saat banjir dicuplikan pada Tabel 20. dan di spesifikkan dengan grafik yang tersedia pada Gambar 10.

Tabel 19. Perhitungan Tinggi Air Saat banjir

o	H m	B m	m	A m ²	P m	R m	V m/s	Q m ³ /s
1	0.5	8	1	4.250	9.41	0.45	0.04	0.17
2	1.0	8	1	9.00	10.8	0.83	0.13	1.24
3	1.5	8	1	14.25	12.2	1.16	0.27	3.86
4	2.0	8	1	20.00	13.6	1.46	0.42	8.58
5	2.5	8	1	26.25	15.0	1.74	0.60	15.93
6	3.0	8	1	33.00	16.4	2.00	0.80	26.45
7	3.5	8	1	40.25	17.8	2.25	1.01	40.70
8	4.0	8	1	48.00	19.3	2.5	1.23	59.30
9	4.5	8	1	56.25	20.7	2.71	1.47	82.85
Q _r	4.8	8	1	62.00	21.6	2.86	1.63	101.54
Q _e	5.0	8	1	65.00	22.1	2.93	1.72	112.03
11	5.5	8	1	74.25	23.5	3.15	1.98	147.5
12	6.0	8	1	84.00	24.9	3.36	2.26	190.1
13	6.5	8	1	94.25	26.3	3.57	2.55	240.5
14	7.0	8	1	105.0	27.8	3.77	2.85	299.6
15	7.5	8	1	116.2	29.2	3.97	3.16	368.1
16	8.0	8	1	128.0	30.6	4.17	3.49	447.1
17	8.5	8	1	140.2	32.0	4.37	3.83	537.4
18	9.0	8	1	153.0	33.4	4.57	4.18	639.9

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Berikut merupakan hasil perhitungan dalam bentuk grafik.



Gambar 10. Grafik Rating Curve

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Dari perhitungan di atas di dapat tinggi air saat banjir (h) = 4,83 m

c. Perencanaan Mercu

Perhitungan ini dilakukan guna untuk mendesain ulang kondisi existing menjadi sebuah perencanaan bangunan air :

- Lebar bendung (B) = 18 m
- Lebar 2 Pintu Pembilas = 2 m
- Tebal Pilar Pintu Pembilas = 1,5 m
- Tebal 2 Pilar Mercu = 1,5 m
- K_p = 0,01
- K_a = 0,01
- Debit Banjir (Q₁₀₀) = 101,54 m³/s
- Tinggi Bendung = 7.80 m
- Elevasi Mercu Bendung = 98,5 m
- Gravitasi = 9,81 m/s
- Koefisien Debit = 1.215

Setelah didapatkan data-data yang terlampir maka akan dilakukan perhitungan

$$1. B_p \text{ Total} = (2 \times 2)$$

$$= 4 \text{ m}$$

$$2. T_p \text{ Total} = (1 \times 1,5) + (2 \times 1,5)$$

$$= 4,5 \text{ Jam}$$

Untuk mencari lebar mercu (B_m) digunakan persamaan sebagai berikut :

$$3. B_m = B - (B_p \text{ total} + T_p \text{ total})$$

$$= 18 - (4 + 4,5)$$

$$= 9,5 \text{ m}$$

$$4. \text{Lebar efektif Bendung (Be)}$$

$$= B_m - (2 \times (n \times K_p \times K_a) \times H_1)$$

$$= 11,5 - (2 \times (1+2) \times (0,01 + 0,01))$$

$$\times 4,83$$

$$= 9,11 \text{ m}$$

Cek efisiensi debit terhadap bendung

$$5. Q = C_d \times \frac{2}{3} \times \left(\frac{2}{3} \times g\right)^{1/2} \times B_e \times H^{3/2}$$

$$= 1.21 \times \frac{2}{3} \times \left(\frac{2}{3} \times 9.81\right)^{1/2} \times 9.11 \times 4.83^{3/2}$$

$$101.540 \text{ m}^3/\text{s} = 101.543 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (Oke!!!)}$$

Dikarenakan hasilnya sama maka pengecekan dianggap sesuai. Selanjutnya yakni mengetahui faktor lain yang memengaruhi tinggi muka air banjir (h).

$$\bullet q = \frac{Q}{B_e}$$

$$= 101.54 / 9.11$$

$$= 11.142 \text{ m}^3/\text{s.m}$$

$$\bullet V = \frac{q}{(P + H_1)}$$

$$= 11.142 / (7.8 + 4.83)$$

$$= 0.882 \text{ m/s}$$

$$\bullet H_{a1} = \frac{V^2}{2g}$$

$$= (0.882)^2 / (2 \times 9.81)$$

$$= 0.040 \text{ m}$$

$$\bullet H_d = H_1 - H_{a1}$$

$$= 4.83 - 0.040$$

$$= 4.79 \text{ m}$$

$$\bullet H_c = \frac{q}{g^{2/3}}$$

$$= 11.14 / 9.81^{2/3}$$

$$= 1.089 \text{ m}$$

Hasil dari perhitungan perencanaan mercu dapat di validasi dengan hitungan Hec-Ras yang berarti nilai mendekati yang dapat di cek pada rekapitulasi hasil hitungan tinggi muka air banjir pada Hec-Ras. Perhitungan ini dilakukan guna untuk merencanakan dimensi bendung pada hilir dengan perbandingan kemiringan 1 : 1. maka bendung tersebut dengan kondisi eksisting tipe mercu Ogee no 2 memiliki nilai K = 1.939 dan n = 1.810.

- Jari-Jari (R) = 0.48×4.790
= 2.299 m
- Jarak R = 0.115×4.790
= 0.551 m
- Jari-jari 2 (R2) = 0.22×4.790
= 0.197 m
- Jarak R2 = 0.214×4.790
= 0.192 m
- $X^{1.810}$ = $1.939 \times 4.79^{1.810} \times Y$
= $6.897 \times Y$
- $Y = \frac{1}{6.897} \times X^{1.810}$
- $Y = \frac{1.810}{6.897} \times X^{1.810}$

Kemiringan di hilir bendung pada redesain direncanakan 1 : 0.67 maka :

- $Y' = \tan \theta$
- $Y' = 1.492$
 $1.492 = \frac{1.810}{6.897} \times X^{1.810}$
- $X^{1.810} = 0.3917$
- $X = 0.2988 \text{ m}$
- $Y = \frac{1}{6.897} \times 0.2988^{1.810}$
= 0.01629 m

d. Perencanaan Kolam Loncat air

Elevasi kolam olak direncanakan sekitar $\pm 89,50 \text{ m}$, dilakukan Perhitungan kolam loncat air dengan data berikut :

- Energi Air Banjir (H1) = 4,83 m
- Elevasi Mercu = 98,5 m
- Elevasi Kolam Loncat = 97,70 m
- Gravitasi Bumi (g) = 10 m/dt
- Beda tinggi (Z) = (Elevasi Mercu – Elevasi Kolam Loncat Air) = $98,5 - 97,70$
= 0,8 m

- Kecepatan Awal Loncatan (V_i)
= $(2g (1/2 H1 + Z))^{1/2}$
= $(2 \times 10) \times (1/2 \times 4,83 + 0,8)^{1/2}$
= 2,06 m/det

- Tinggi air pada titik $V_1 = (Y_u)$
- $Q = A \times V_1$
= $b \times h \times V_1$
- $(Y_u) H = Q / (b \times V_1)$
= $101,54 / (18 \times 2,06)$
= 2,74 m

- Kedalaman Konjugasi (Y_2)
- $Y_2/Y_u = 1/2 ((1 + 8 \times Fr^2)^{1/2}) - 1$
- $Fr = V_1 / (g \cdot Y_u)^{1/2}$
= $2,06 / (10 \times 2,74)^{1/2}$

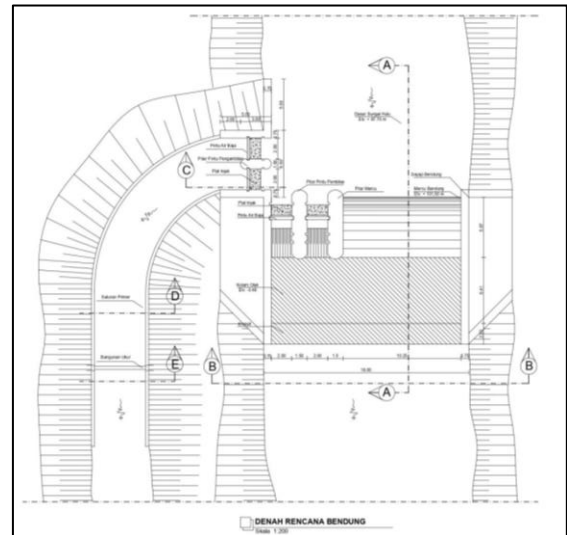
- = 0,39 m
- $Y_2/Y_u = 0,5 \times ((1 + 8 \times 0,39^2)^{0,5}) - 1$
= 0,25 m
- $Y_2 = 0,25 \times 2,74$
= 0,68 m

e. Perencanaan Kolam Olakan

- (Lj) = $3 \times Y_2$
= $3 \times 0,68$
= 1,84 m
- Endsill = 0,05 m

H. Redesain Perencanaan Bendung

Redesain ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi eksisting sebagai rekomendasi perencanaan. Berikut merupakan hasil Redesain yang di gambar menggunakan software Autocad dicuplikan pada Gambar 11 hingga Gambar 14.

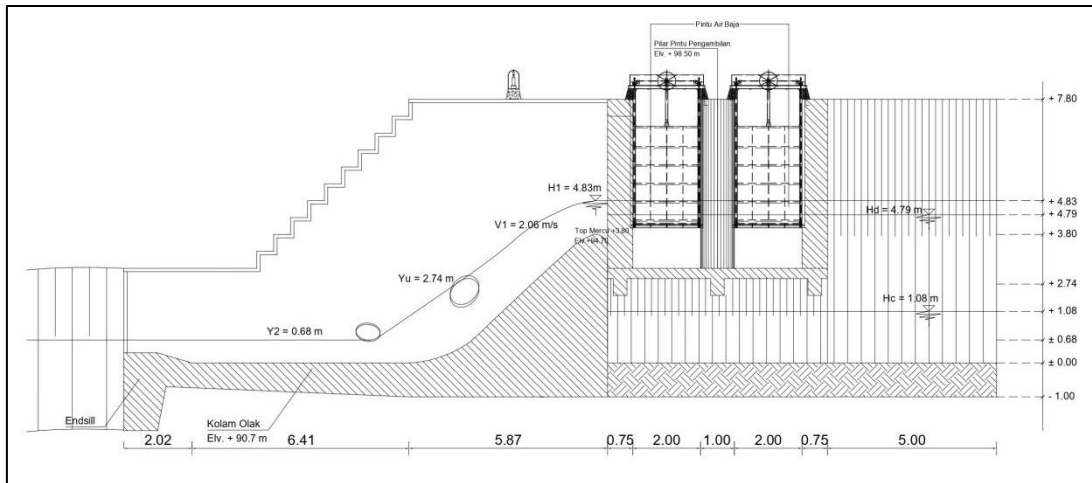


Gambar 11. Denah Rencana Bendung

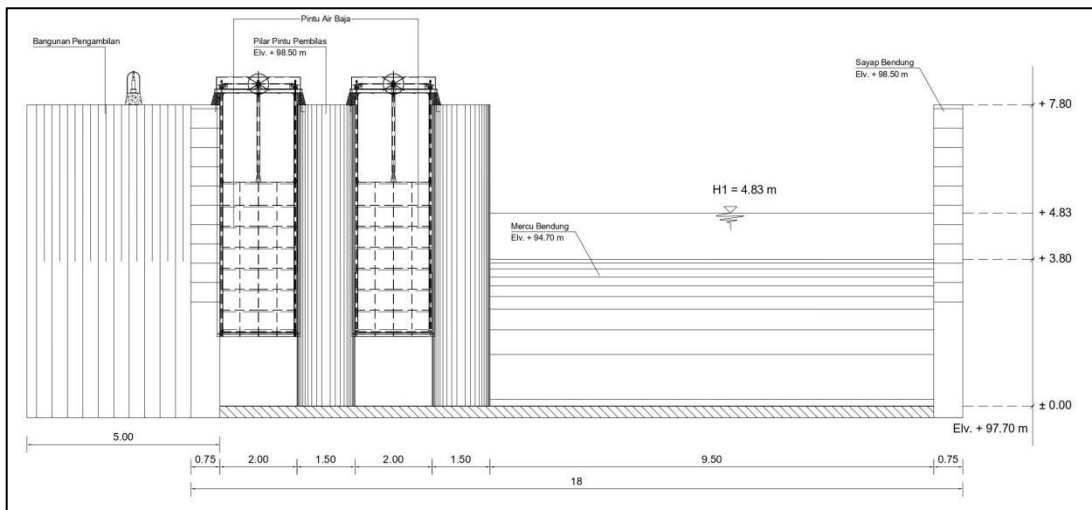
Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2025

Dari hasil hitungan hec-ras terbukti bahwa pada saluran dibagian hulu muka air banjir melebihi kapasitas penampang sehingga amber, dan solusi nya adalah meredesain penampang saluran yakni dengan meninggikan tanggul 2 meter keatas.

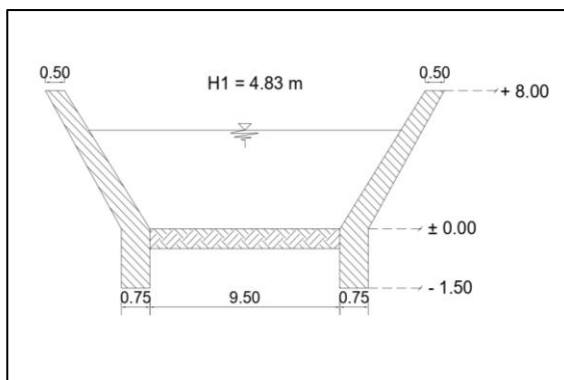
Pada model penampang tinggi air akan aman jika tanggul nya lebih tinggi dari muka air banjir. Gambar selanjutnya yakni Potongan AA yang dimana potongan tersebut mencuplikan gambaran profil memanjang terhadap bendung tersebut sedangkan potongan BB akan mencuplikan gambaran profil melintang terhadap bendung tersebut.



Gambar 12. Potongan AA Bendung
 Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2025



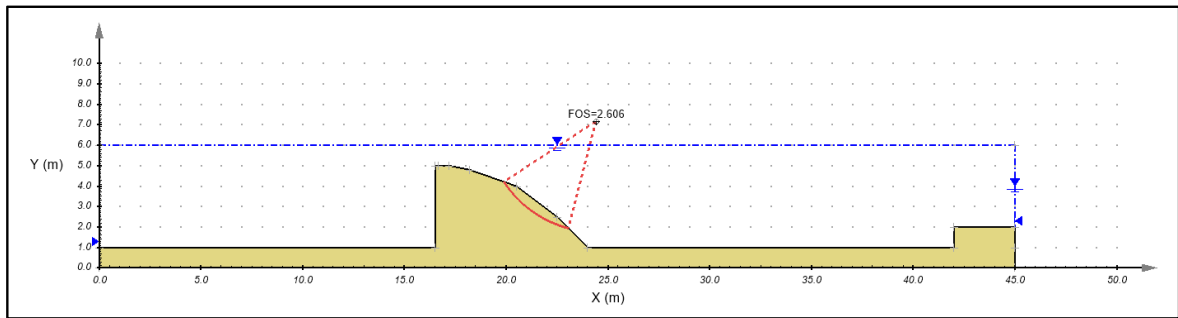
Gambar 13. Potongan BB Bendung
 Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2025



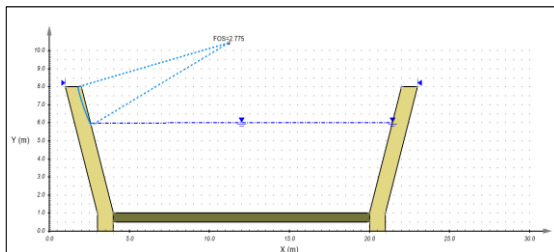
Gambar 14. Redesain Penampang Bendung
 Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2025

I. Stabilitas Bendung dan Tanggul

Hendaknya dilakukan pengecekan stabilitas terhadap bendung dan tanggul yang telah di desain ulang sesuai perencanaan. Untuk menganalisis stabilitas peneliti menggunakan program aplikasi Plaxis 8.2. Hasil dari stabilitas menggunakan software Plaxis 8.2 didapatkan faktor keamanan pada bendung dengan material beton yakni $2.606 > 1.5$. Pada stabilitas Tanggul didapatkan faktor keamanan dengan material beton yakni $2.775 > 1.5$. Maka dapat disimpulkan bahwa stabilitas bendung dan tanggul dalam desain perencanaan terkategori aman. Hasil olahan stabilitas bendung dan tanggul dicuplikan pada Gambar 15 dan Gambar 16.



Gambar 15. Stabilitas Bendung
Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2025



Gambar 16. Stabilitas Tanggul
Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2025

Hasil dari perhitungan stabilitas menggunakan software Plaxis 8.2 didapatkan faktor keamanan pada bendung dengan material beton yakni $2.606 > 1.5$. Pada stabilitas Tanggul didapatkan faktor keamanan dengan material beton yakni $2.775 > 1.5$. Dari hasil stabilitas Bendung dan Tanggul yang telah di olah menggunakan software Plaxis 8.2 maka dapat disimpulkan bahwa stabilitas bendung dan tanggul dalam desain perencanaan terkategori aman.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah disajikan, dapat dirangkum bahwa :

1. Metode Log Pearson III adalah yang paling cocok untuk menghitung curah hujan rencana karena memenuhi syarat uji. Curah hujan rencana puncak adalah 153,812 mm untuk kala ulang 100 tahun.
2. Pada perolehan debit banjir dengan metode HSS Nakayasu, banjir puncak di DAS Wringin terjadi pada debit rencana 100 tahun sebesar $101,54 \text{ m}^3/\text{s}$. Validasi menunjukkan debit banjir lapangan pada ketinggian 5 m sebesar $112,03 \text{ m}^3/\text{s}$.

3. Dari hasil analisis, 8 penampang saluran hulu meluap karena tinggi air melebihi tanggul. Solusinya adalah mendesain ulang bendung dan meninggikan tanggul 2 meter.
4. Setelah desain ulang, air tidak meluber ke pemukiman warga, sehingga sistem irigasi tercukupi. Stabilitas desain baru juga aman dengan faktor keamanan bendung 2. 606 dan tanggul 2. 775 masing masing hasil memiliki kategori aman karena melebihi nilai acuan faktor keamanan yakni 1.5.

B. Saran

Dari beberapa kesimpulan tentunya ada saran sebagai solusi dan sebagai input penelitian sejenis.

1. Hendaknya untuk melakukan kalibrasi terhadap Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu untuk mengetahui metode yang paling tepat dalam perencanaan debit teoritis.
2. Diperlukan Normalisasi terhadap kondisi bendung maupun penampang di lapangan setelah dibangun kembali.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ardana, Putu Doddy Heka, et al. 2021. Analisis Debit Banjir Rancangan di Daerah Aliran Sungai Tukad Mati Studi Kasus: Daerah Aliran Sungai Tukad Mati. *Jurnal Teknik Gradien*. 13(2): 58-70.
- Damayanti, Alvine Cinta., & Limantara, Lily Montarcih, H., R. 2022. Analisis Debit Banjir Rancangan dengan Metode HSS Nakayasu, HSS ITB-1, dan HSS Limantara pada DAS Manikin di Kabupaten Kupang. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air* 2(2):313-313.

- Dewi, R., L. Montarcih., & W. Soetopo. 2016. Analisis Parameter Alfa Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Di Sub Das Lesti J. Tesis. Teknik Pengairan: Universitas Brawijaya.
- Muhammad, F. I., & Aziz, Y. M. A. 2020. Implementasi kebijakan dalam mitigasi bencana banjir di Desa Dayeuhkolot. Kebijakan: *Jurnal Ilmu Administrasi*. 11(1), 52-61.
- Nauli, J. K., Mokoginta, N. K., Subagio, Y. V., & Kuningsih, T. W. 2023. Analisis Curah Hujan Dominan di Desa Sirnaresmi Kabupaten Sukabumi. Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana, Departemen Teknik Sipil FT-UI. 4 Juli 2019, Jakarta, Indonesia. 310-315
- Pusat Krisis Kesehatan., Kementrian Kesehatan. 2016. Faktor Utama Yang Menyebabkan Terjadinya Banjir. <https://pusatkrisis.kemkes.go.id/faktor-utama-yang-menyebabkan-terjadinya-banjir> Diakses Tanggal 18 September 2024.
- Pusat Krisis Kesehatan., Kementrian Kesehatan. 2022. Banjir di Jember, Jawa Timur. <https://pusatkrisis.kemkes.go.id/Banjir-di-JEMBER-JAWA-TIMUR-08-01-2023-4> Diakses Tanggal 8 Januari 2022.
- Putri, Osnia Dinar Millenia; Isnugroho, I.; Jaya, Reja Putra. 2023. Analisis Hidrologi untuk Menentukan Debit Rencana pada Bendung Kedung Putri. Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil UMS, 15 Mei 2023, Surakarta, Indonesia. 453-460.
- Putranda, Jovan. 2022. Debit Banjir Rencana Pada DAS Citanduy Menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu, Hasper, Weduwen, Manonobe dan Analisa Frekuensi. *Jurnal Konstruksia*. 14(1) : 152-161.
- Rizal, S,N. 2022. *Aplikasi Hec-Ras Versi 6.1 Untuk Rekayasa Bangunan Air* : Buku UM JEMBER PRESS (Anggota IKAPI)
- Rizal, S,N. 2022. Kajian Sistim Drainase Dan Zero Run Off Villa Botosari. Tesis. Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember.
- Rizal, S,N & Kuryanto,D,T. 2021. *Teknik Pendugaan dan Eksploitasi Air Tanah*. LPPM Universitas Muhammadiyah Jember.
- Salsabila, Annisa., & Irma Lusi Nugrahen. 2020. Pengantar Hidrologi, CV. Anugrah Utama Raharja: Gedongmeneng Bandar Lampung.
- Setiawan, Agung., Taufik, Muhamad., & Larasati, Niken Ayu. 2022 Analisis Hidrologi Penentuan Debit Banjir Bendung Tegalduren Kabupaten Purworejo. *Surya Beton: Jurnal Ilmu Teknik Sipil*, 6(2): 53-62.
- Saputri, Utamy Sukmayu, et al.2022. Aplikasi arc-swat pada Analisis Debit Banjir Rencana di Daerah Aliran Sungai Cimandiri Kabupaten Sukabumi. *Jurnal Teslink: Teknik Sipil dan Lingkungan*, 4(2): 107-123.
- Sarminingsih, Anik. 2018. Pemilihan Metode Analisis Debit Banjir Rancangan Embung Coyo Kabupaten Grobogan. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*. 15(1) : 53-61.
- Setijono, Agoes, and Soedibyo. 2003. Analisa Sistem Proteksi Generator Pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Sutami.Diss. Tesis. Universitas Muhammadiyah Surabaya.