

**Kajian Perbandingan Software HEC-RAS 6.3 dan ANSYS Terhadap Perilaku Aliran
Pada Bendung Wringin, Panti, Jember**
*Comparative Study of HEC-RAS 6.3 and ANSYS Software on Flow Behavior at Dam
Wringin, Panti, Jember*

Yoseph Triprasetya Sundawa¹⁾, Nanang Saiful Rizal²⁾, Senki Desta Galuh³⁾

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

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

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

Abstrak

Ketersediaan air yang stabil di Bendung Wringin, Kabupaten Jember, sangat penting untuk mendukung sektor pertanian dan mencegah risiko banjir. Namun, perubahan tata guna lahan dan degradasi Daerah Aliran Sungai (DAS) telah mengganggu fungsi hidrologi bendung. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi hidrologi Bendung Wringin, menentukan metode analisis hidraulika, dan membandingkan perubahan pengelolaan hidraulika menggunakan software ANSYS. Analisis hidrologi menggunakan data curah hujan dari empat stasiun dengan metode distribusi Smirnov-Kolmogorov, Chi-Kuadrat, dan Mononobe, menghasilkan curah hujan rencana. Debit banjir dihitung menggunakan metode Nakayasu (time of rise 1,73 jam). Simulasi hidraulika dilakukan secara manual, dengan HEC-RAS 2D, dan ANSYS. Hasil manual menunjukkan tinggi muka air (Yu) 0,99 m dan konjugasi loncat air (Y2) 2,17 m, sedangkan HEC-RAS menghasilkan Yu 2,11 m dan Y2 2,17 m. ANSYS dengan 20 iterasi menunjukkan penurunan Yu (0,73–1,74 m) dan Y2 stabil 2,16 m. ANSYS lebih akurat untuk skala kecil, sementara HEC-RAS mampu memodelkan aliran secara menyeluruh. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pemodelan hidraulika dapat mengoptimalkan pengelolaan Bendung Wringin, mengurangi risiko banjir, dan meningkatkan distribusi air.

Kata Kunci: ANSYS; HEC-RAS; Hidrolika Bendung; Perbandingan Aplikasi.

Abstract

A stable water supply at Wringin Weir, Jember Regency, is crucial for supporting agricultural activities and mitigating flood risks. However, land-use changes and watershed degradation have disrupted its hydrological function. This study aims to assess the hydrological conditions of Wringin Weir, determine hydraulic analysis methods, and evaluate hydraulic management modifications using ANSYS software. Hydrological analysis utilized rainfall data from four stations with Smirnov-Kolmogorov, Chi-Square, and Mononobe distribution methods, yielding design rainfall for return periods of 2–100 years. Flood discharge was computed using the Nakayasu method (time of rise: 1.73 hours) and Snyder's synthetic unit hydrograph (2.88 hours). Hydraulic simulations were conducted via manual calculations, HEC-RAS 2D, and ANSYS. Manual computations resulted in an upstream water depth (Yu) of 0.99 m and hydraulic jump conjugate depth (Y2) of 2.17 m, while HEC-RAS yielded Yu = 2.11 m and Y2 = 2.17 m. ANSYS simulations (20 iterations) demonstrated a Yu reduction (0.73–1.74 m) and stable Y2 (2.16 m). ANSYS provided higher accuracy for small-scale modeling, whereas HEC-RAS enabled comprehensive flow analysis. The study concludes that hydraulic modeling optimizes weir management, enhances water distribution efficiency, and reduces flood vulnerability.

Keywords: ANSYS; HEC-RAS; Dam Hydraulics; Application Comparison.

1. PENDAHULUAN

Ketersediaan air merupakan kebutuhan dasar masyarakat, terutama dalam mendukung sektor pertanian di kawasan permukiman. Aliran sungai sebagai sumber daya air utama kerap terganggu akibat perubahan tata guna lahan yang tidak terkendali, seperti alih fungsi lahan hijau dan urbanisasi, yang menyebabkan penurunan daerah resapan air dan terganggunya distribusi air secara alami (Triatmodjo, 2008; Andriawan et al., 2024). Salah satu wilayah terdampak adalah Daerah Aliran Sungai (DAS) Wringin di Kabupaten Jember, yang mengalami kerusakan signifikan pada bangunan bendung, mengakibatkan terganggunya aliran air, kerusakan ekosistem sungai, dan meningkatnya risiko genangan (Aryani et al., 2020).

Kabupaten Jember memiliki karakteristik topografi dominan berupa dataran tinggi dan lereng curam yang sangat berpengaruh terhadap tata kelola air. Ketidakseimbangan antara pemanfaatan lahan dan konservasi menyebabkan degradasi DAS, yang memperburuk kerusakan bendung dan berkurangnya kapasitas pengaturan debit air. Kondisi ini semakin kompleks saat musim hujan dengan curah hujan tinggi, yang meningkatkan volume aliran dari hulu ke dataran rendah seperti di Dukuh Mencek, lokasi Bendung Wringin.

Dalam upaya mitigasi, pembangunan dan rehabilitasi bendung menjadi krusial, didukung oleh analisis hidrolika untuk memastikan efektivitas distribusi air. Penggunaan perangkat lunak simulasi seperti HEC-RAS 2D dan ANSYS Fluent memungkinkan pemodelan perilaku aliran air dalam merancang struktur yang optimal (Bekheet et al., 2022; Aravind et al., 2024). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas pengelolaan aliran air melalui pemodelan hidraulik sebagai solusi atas kerusakan Bendung Wringin, guna mendukung ketersediaan air berkelanjutan dan meminimalkan risiko genangan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan kesatuan ekosistem darat dan sungai yang berfungsi menampung, menyimpan, dan

mengalirkan air hujan (PP No. 37/2012). Faktor utama yang memengaruhi aliran sungai adalah curah hujan, volume air tahunan, dan stabilitas aliran (Cheng et al., 2017; Sholikha et al., 2022). Evaluasi fungsi DAS perlu mempertimbangkan karakteristik topografi, tutupan lahan, dan dampak antropogenik melalui analisis rasio debit-curah hujan.

Kekeringan pada DAS umumnya dipicu oleh defisit hujan berkepanjangan, dimulai dari wilayah hulu dan berdampak hingga hilir. Degradasi lahan di hulu seperti deforestasi dapat memperburuk ketersediaan air dan berpotensi merusak infrastruktur bendung akibat fluktuasi tekanan air (Rahayu, 2024).

B. Curah Hujan

Menurut BMKG, curah hujan didefinisikan sebagai tinggi air hujan (dalam mm) yang tertampung dalam penakar hujan pada permukaan datar, tidak menyerap, dan tidak mengalirkan air. Pengukuran kedalaman hujan merupakan langkah kunci dalam perkiraan debit banjir, karena curah hujan menjadi input utama dalam proses hidrologi, memengaruhi aliran sungai, limpasan permukaan, dan infiltrasi air tanah.

Untuk meningkatkan akurasi, pengukuran memerlukan sejumlah stasiun hujan yang mewakili karakteristik wilayah. Metode Poligon Thiessen digunakan untuk menghitung curah hujan rata-rata regional dengan mempertimbangkan bobot area pengaruh setiap stasiun. Metode ini mengasumsikan bahwa curah hujan di suatu titik sama dengan stasiun terdekat, sehingga cocok untuk wilayah dengan distribusi stasiun tidak merata. Kelemahannya, poligon harus diperbarui jika ada perubahan jaringan stasiun. Pendekatan ini menjadi standar dalam banyak studi hidrologi (Suripin, 2004; Zabihi Silabi et al., 2024).

$$P = \frac{A_1 P_1 + A_2 P_2 + \dots + A_n P_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (1)$$

Keterangan:

P = Curah hujan daerah (mm)

A = Luas pengaruh stasiun (km²)

Perhitungan curah hujan rencana dengan periode ulang tertentu diperlukan untuk menentukan intensitas hujan dan debit banjir rencana, yang menjadi dasar perencanaan

infrastruktur pengendalian banjir. Dalam hidrologi, empat distribusi statistik umum digunakan: normal, log-normal, log-Pearson III, dan Gumbel. Distribusi ini membantu menganalisis frekuensi kejadian curah hujan dan aliran sungai.

Analisis distribusi frekuensi memerlukan pengukuran dispersi data untuk memperoleh parameter kunci sebelum menghitung curah hujan regional. Metode ini penting dalam merancang sistem drainase dan bendungan yang tahan terhadap hujan ekstrem (Suripin, 2014).

C. Bendung

Berdasarkan fungsinya, bendung dikategorikan menjadi: (1) bendung penyalang, (2) bendung pembagi banjir, dan (3) bendung penahan pasang (Fitriana, 2014). Secara struktural, bendung dapat berupa tipe tetap, gerak, kombinasi, kembang-kempis, atau bottom intake (Mangore et al., 2013). Ditinjau dari sifatnya, bendung juga dapat bersifat permanen, semi-permanen, atau darurat.

Mercu Bendung Tipe Ogee dirancang menyerupai aliran air yang meluap dari ambang tajam, menghindari tekanan sub-atmosfer pada debit rencana. Menurut Saleh et al. (2019), terdapat tiga varian utama:

Ogee 1 hanya memiliki lengkungan bagian hulu (hilir lurus), Ogee 2 memiliki lengkungan ganda (hulu dan hilir) untuk aerodinamika lebih baik. Sedangkan Ogee 3 penyempurnaan Ogee 2 dengan desain lebih halus guna meminimalkan kavitasi pada aliran berkecepatan tinggi.

D. Siklus Hidrologi

Air yang meresap ke dalam tanah mengalami perkolasi melalui lapisan batuan, membentuk air tanah (groundwater) yang dapat kembali ke permukaan melalui mata air atau mengalir ke sungai. Sementara itu, aliran permukaan (surface runoff) terkonsentrasi ke sungai sebelum akhirnya bermuara ke laut, membentuk siklus hidrologi yang berkelanjutan (Zabihi Silabi et al., 2024). Siklus ini memainkan peran kritis dalam menjaga keseimbangan ekosistem perairan darat dan laut.

Analisis hidrologi memanfaatkan data spasial dan temporal seperti curah hujan, karakteristik daerah aliran sungai (DAS),

topografi, dan penggunaan lahan untuk menghitung parameter hidrologis seperti intensitas hujan, koefisien limpasan, dan debit banjir rencana. Pendekatan ini esensial dalam evaluasi sistem drainase dan perencanaan pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan (Suryaman, 2013).

Dalam menentukan distribusi frekuensi, beberapa persyaratan yang harus dipenuhi dalam hal parameter statistik seperti:

1. Rata-rata (mean)

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \quad (2)$$

2. Standar deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3)$$

3. Koefisien variasi

$$C_v = \frac{sd}{\bar{x}} \quad (4)$$

4. Koefisien skewness

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)\sigma^3} \sum (x - \bar{x})^3 \quad (5)$$

5. Koefisien Kurtosis

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)\sigma^4} \sum (x - \bar{x})^4 \quad (6)$$

E. Debit Banjir Rencana

Penentuan distribusi curah hujan rencana yang akurat merupakan tahap kritis dalam perencanaan teknik sipil, yang memerlukan uji kesesuaian distribusi untuk memilih model statistik yang tepat. Analisis dilanjutkan dengan perhitungan debit banjir rencana menggunakan berbagai metode, seperti Rasional, Weduwen, Haspers, serta Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu dan Gama I. Dalam penelitian ini, metode HSS Nakayasu dipilih untuk analisis debit banjir.

Studi hidrologi sering menghadapi kendala keterbatasan data pengamatan, sehingga diperlukan metode alternatif seperti hidrograf satuan sintetik. Metode ini memanfaatkan karakteristik fisik Daerah Aliran Sungai (DAS) untuk memperkirakan respon hidrologi tanpa ketergantungan pada data historis yang lengkap. Dalam penelitian ini, digunakan metode Nakayasu yang dikembangkan berdasarkan studi karakteristik sungai di Jepang (Soemarto, 1987).

$$Q_p = \frac{A \times R_o}{3,6(0,3 \times T_p + T_{0,3})} \quad (7)$$

Keterangan:

Q_p = Debit puncak banjir (m^3/s)

R_o = Hujan satuan (mm)

T_p = Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

Parameter-parameter kunci yang dibutuhkan dalam penerapan metode Nakayasu meliputi:

1. Tenggang waktu dari permulaan hujan hingga puncak hidrograf (*time to peak magnitude*), yang mencerminkan kecepatan respon DAS terhadap curah hujan;
2. Tenggang waktu dari titik berat hujan hingga titik berat hidrograf (*time lag*), yang menggambarkan keterlambatan respon hidrologi;
3. Tenggang waktu hidrograf (*time base of hydrograph*), yang menunjukkan durasi total aliran setelah curah hujan;
4. Luas DAS, yang merepresentasikan volume air yang terkumpul;
5. Panjang alur sungai utama terpanjang (*length of the longest channel*), yang memengaruhi waktu perjalanan air; dan
6. Koefisien pengaliran, yang menggambarkan proporsi curah hujan yang menjadi limpasan permukaan.

F. HEC-RAS

HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center-River Analysis System) merupakan perangkat lunak pemodelan aliran sungai yang dikembangkan oleh US Army Corps of Engineers (Kamase et al., 2017; Syahputra, 2015). Software ini memiliki kemampuan utama dalam: (1) analisis profil aliran permanen dan non-permanen, (2) simulasi transport sedimen, serta (3) pemodelan kualitas air. Untuk mendapatkan hasil yang akurat, diperlukan data geometri konsisten dan perhitungan hidraulika terstandarisasi (Rizal, 2022). Keunggulan HEC-RAS terletak pada integrasi antarmuka grafis, analisis hidraulik komprehensif, dan sistem manajemen data yang terstruktur.

G. ANSYS

ANSYS merupakan perangkat lunak elemen hingga canggih yang menyediakan solusi analisis multidisiplin dalam rekayasa

(Aravind et al., 2024). Software ini menawarkan:

1. Analisis struktur: mencakup studi statis (elastis/plastis), tegangan termal, dan simulasi defleksi besar
2. Analisis dinamis: termasuk analisis modal, respons harmonik, dan pemodelan riwayat waktu (Bekheet et al., 2022)
3. Simulasi termal: konduksi, konveksi, radiasi, dan interaksinya dengan aliran fluida/elektrik

ANSYS mendukung pemodelan 1D-3D dengan elemen asimetris/harmonik, dilengkapi antarmuka grafis canggih dan alat pra-pasca proses untuk visualisasi data (Kohnke, 1982). Kemampuan berbasis substrukturnya memungkinkan penyederhanaan model kompleks (Aravind et al., 2024), menjadikannya solusi komprehensif untuk kebutuhan rekayasa.

3. METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

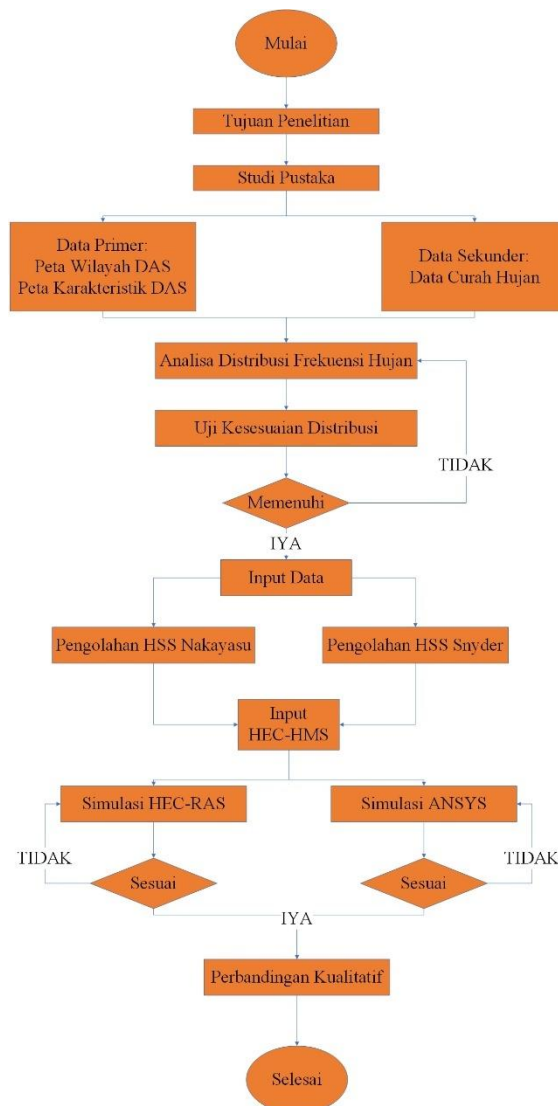
Lokasi yang digunakan adalah wilayah Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Wringin yang secara administratif berada di Dukuh Mencek Kec. Panti Kabupaten Jember, Jawa Timur dengan titik perencanaan terletak di $8^{\circ} 9'43.98''S$ $113^{\circ}38'55.23''E$ Secara Keseluruhan luas wilayah penelitian adalah 20.6 km^2 , dengan panjang sungai $20,206 \text{ km}$. Dilakukan pengambilan gambar satelit dengan Google Earth yang dapat digambarkan pada Gambar 1:



Gambar 1. Lokasi Penelitian
Sumber; Google Earth, 2024

B. Alur Penelitian

Berikut merupakan diagram alur penelitian:



Gambar 2. Rencana konsep penelitian
Sumber: Data Penelitian, 2024

Penelitian ini diawali dengan penyusunan latar belakang, tujuan, serta manfaat penelitian sebagai dasar perencanaan. Studi pustaka dilakukan dengan mengkaji referensi relevan dari jurnal, buku, dan artikel ilmiah dalam kurun waktu maksimal 10 tahun terakhir. Pengumpulan data mencakup data primer berupa pengukuran Sungai Wringin sepanjang 1 km dengan 20 titik patok setiap 50 meter, serta data sekunder berupa curah hujan dari Dinas PU Jember dan peta karakteristik DAS dari DEMNAS yang diolah menggunakan ArcMap 10.8.

Analisis distribusi frekuensi hujan dilakukan untuk menentukan kesesuaian data,

dilanjutkan dengan metode HSS Nakayasu dan Snyder untuk memperoleh hidrograf satuan. Data kemudian dimasukkan ke dalam HEC-HMS untuk simulasi aliran. Selanjutnya, desain bendung dan data penampang dimodelkan ke dalam HEC-RAS untuk analisis hidraulik. Hasil dari HEC-RAS dibandingkan dengan analisis hidraulik menggunakan ANSYS Fluent. Validasi dilakukan melalui perbandingan muka air, efisiensi perhitungan, serta kemudahan penggunaan kedua perangkat lunak.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Hidrologi

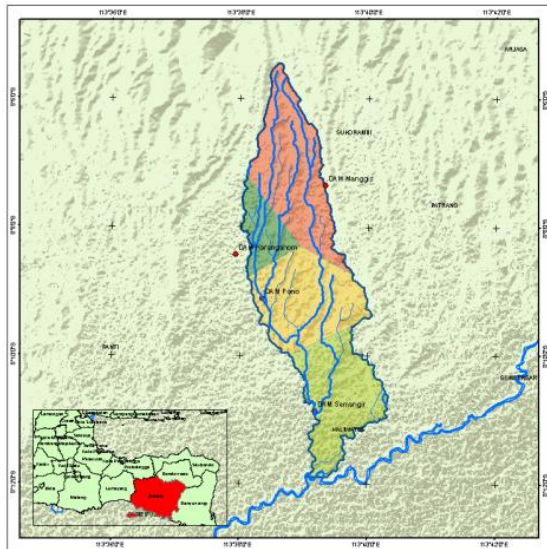
Setelah semua informasi dikumpulkan untuk penelitian Rekontruksi Bendung Wringin Desa Badean Kulon Kecamatan Panti Kabupaten Jember, tindakan selanjutnya adalah sebagai berikut:

a. Kajian Hidrologi

- Hitung hujan rata-rata dengan metode rata-rata
- Analisis curah hujan rencana dengan Aplikasi Hydrognomon.
- Uji Konsistensi untuk memilih metode distribusi yang paling cocok dengan metode Kolmogorov Smirnov.
- Perhitungan waktu konsentrasi
- Perhitungan debit banjir rencana dengan aplikasi Hec-HMS

Penentuan luas DAS dan luas setiap stasiun hujan di Sub DAS Kaliurip yang memiliki 4 stasiun hujan; Sta. Dam Pono, Sta. Dam Karanganom, Sta. Dam Semangir dan Sta. Dam Manggis, dilakukan metode poligon Thiessen.

Dalam menentukan luasan, digunakan bantuan ArcMap untuk penggambaran metode Thiessen yang telah dibuat pada Gambar 3:



Gambar 3. Peta Sta. Hujan dan Curah Hujan Sub Das Kali Urip

Sumber: ArcGIS, 2024

Diketahui:

Luas Sub DAS Kali Urip = 23,00 Km²
Sta. DAM Karanganom = 2,29 Km²
Sta. DAM Semangir = 6,33 Km²
Sta. DAM Manggis = 7,55 Km²
Sta. DAM Pono = 6,84 Km²

Ditemukan koefisien thiessen dari perhitungan:

$$C_1 = \frac{A_1}{A_{total}} \quad (8)$$

Keterangan:

C_{1,2,3,...n} = Koefisien Thiessen
A_{1,2,3,...n} = Luas daerah pada stasiun n
A_{total} = Luas total

Sehingga didapatkan tabel koefisien thiessen sebagai berikut:

Tabel 1 Koefisien Thiessen Sub DAS Kali Urip

	Nama STA	Luasan (Km ²)	Koef	%
1	Luas area Dam Pono	6,84 km ²	0,30	29,73
2	Luas area Dam Karanganom	2,29 km ²	0,10	9,95
3	Luas area Dam Manggis	7,55 km ²	0,33	32,81
4	Luas area Dam Semangir	6,33 km ²	0,28	27,51
	Luas Total Wilayah	23 km ²	1,00	100,00

Sumber: Hasil Perhitungan, 2024

Dari keempat stasiun; Sta. Dam Pono, Sta. Dam Manggis, Sta. DAM Karanganom dan Sta. DAM Semangir, ditentukan curah hujan rata-rata di setiap daerah dengan analisis data menggunakan persamaan:

$$R = \frac{A_1.R_1 + A_2.R_2 + \dots + A_n.R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (9)$$

$$R = (R_1 \times C_1) + (R_2 \times C_2) + (R_3 \times C_3) \quad (10)$$

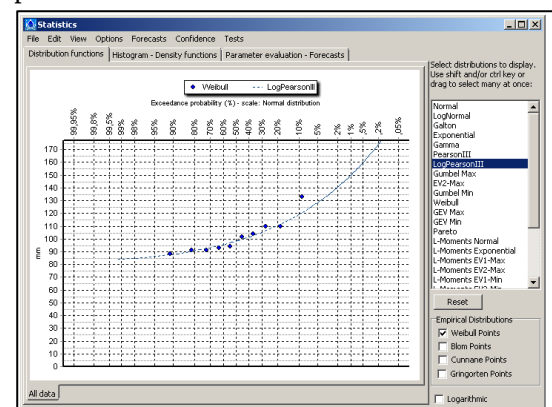
Dari persamaan di atas, dapat ditemukan curah hujan rata-rata yang dibentuk tabel yang tersajikan dalam tabel:

Tabel 2. Perhitungan Hujan Wilayah

No	Th	STASIUN CURAH HUJAN (mm)				CURAH HUJAN RERATA
		Sta. Dam Pono	Sta. Dam Karanganom	Sta. Dam Manggis	Sta. Dam Semangir	
		0,30	0,10	0,33	0,28	R
1	201	90,0				
	3	0				
	201	94,0				
2	4	0	95,00	98,00	117,00	101,74
	201	96,0				
3	5	0	96,00	90,00	75,00	88,25
	201	89,0				
4	6	0	98,00	91,00	92,00	91,38
	201	88,0				
5	7	0	94,00	90,00	95,00	91,18
	201	115,				
6	8	00	110,00	94,00	122,00	109,54
	201	115,				
7	9	00	110,00	94,00	122,00	109,54
	202	93,0				
8	0	0	97,00	95,00	92,00	93,78
	202	90,0				
9	1	0	92,00	67,00	127,00	92,83
	202	143,				
10	2	00	164,00	125,00	121,00	133,13

Sumber: Hasil Perhitungan, 2024

Setelah perhitungan curah hujan, dilakukan analisa distribusi frekuensi curah hujan menggunakan bantuan aplikasi Hydrognomon 4 yang memiliki fungsi untuk analisis hidrologi yang berbentuk rentang waktu atau time series pada Gambar 4:



Gambar 4. Grafik LogPearson III pada Aplikasi Hydrognomon

Sumber: Hasil Perhitungan, 2024

Setelahnya, didapat hasil perhitungan curah hujan rancangan dengan hydrognomon dalam bentuk tabel:

Tabel 3. Hasil Perhitungan Curah Hujan Rancangan dengan Hydrognomon

Tr (Tahun)	X (mm)
2	98,310
5	110,456
10	119,261
25	131,085
50	140,349
100	149,982

Sumber: Hasil Perhitungan, 2024

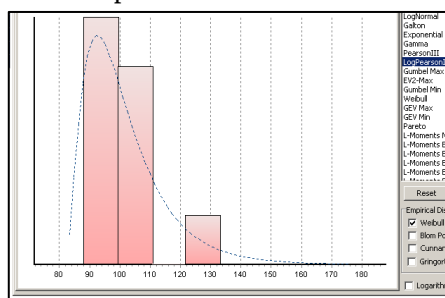
B. Uji Kesesuaian Distribusi

Dilakukan kesesuaian distribusi frekuensi tiga macam yang menghasilkan informasi terkait kebenaran dari data yang didapat.

Dalam pengujian Smirnov Kolmogorov, dicocokkan data sesuai dengan fungsi distribusinya dikarenakan tidak semua fungsi distribusi digunakan dalam pengujiannya dengan prosedur:

- Pengurutan data dari jumlah terkecil ke terbesar dan penentuan peluang teoritis
- Menentukan selisih terbesar dari peluang pengamatan
- Menentukan harga Do

Didapatkan hasil berupa histogram dari uji Smirnov pada Gambar 5:



Gambar 5. Histogram Uji Smirnov

Sumber : Hasil Perhitungan, 2024

Uji kedua dilakukan Uji Chi Kuadrat yang direkayasa untuk penentuan jumlah derajat kebebasan, kelas dan frekuensi dari data yang tersedia.

a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	Pearson
ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	15,7299%	2,00000
ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	15,7299%	2,00000
ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	15,7299%	2,00000
ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	52,7089%	0,40000
ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	15,7299%	2,00000
ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	15,7299%	2,00000
ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	52,7089%	0,40000
ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	52,7089%	0,40000
ACCEPT	REJECT	REJECT	3,59389%	4,40000
ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	15,7299%	2,00000

Gambar 6. Statistik Uji Chi Kuadrat

Sumber : Hasil Perhitungan, 2024

Uji ketiga dilakukan Uji Kesesuaian Jam-Jaman (Mononobe) dengan kala ulang 2, 5, 10, 25 dan 100 tahun.

$$Rt = \left\{ \frac{R_{24}}{t} \right\} \cdot \left\{ \frac{t}{T} \right\}^{\frac{2}{3}} \quad (11)$$

Keterangan:

Rt = Intensitas hujan dalam T jam (mm/h)

R24 = Curah hujan efektif 24 jam/satu hari (mm)

T = Waktu hujan mulai (h)

t = Waktu konsentrasi (h)

Didapatkan data distribusi hujan satu jam-an dengan data sesuai tabel berikut:

Tabel 4 Intensitas Hujan

t	Distribusi Hujan (Rt) 1 Jam-an	
1	0,55	R24
2	0,35	R24
3	0,26	R24
4	0,22	R24
5	0,19	R24
6	0,17	R24

Sumber: Hasil Perhitungan, 2024

Setelahnya, dihitung persentase intensitas curah hujan yang nantinya dapat dibentuk tabel distribusi hujan dengan rumus:

$$Rt = (t \cdot RT) - \{(t - 1) \cdot R(T - 1)\} \quad (12)$$

Keterangan:

Rt = Persentase intensitas curah hujan

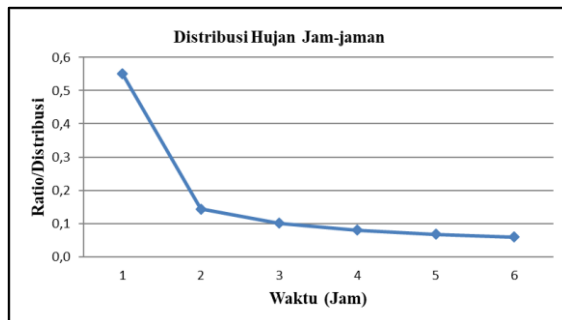
Dari hasil perhitungan, hasilnya dapat diproyeksikan dalam bentuk tabel yang tersedia pada Tabel 5:

Tabel 5. Distribusi Hujan

t	Distribusi Hujan (Rt) 1 Jam-an		Curah Hujan Jam Ke-		Rasio (%)	Kumulatif (%)
1	0,55	R24	0,55	R24	55,03	55,03
2	0,35	R24	0,14	R24	14,30	69,34
3	0,26	R24	0,10	R24	10,03	79,37
4	0,22	R24	0,08	R24	7,99	87,36
5	0,19	R24	0,07	R24	6,75	94,10
6	0,17	R24	0,06	R24	5,90	100,00
Jumlah		1,00			100,00	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2025

Nilai persentase hujan efektif (Rn) dihitung dengan mengalikan koefisien run-off dan curah hujan rancangan (diperoleh dari Hydrognomon) untuk berbagai periode ulang (2, 5, 10, 25, 50, 100 tahun). Rn kemudian digunakan dalam perhitungan debit banjir menggunakan Metode Nakayasu dan Aplikasi HEC-HMS dengan penggambaran hasil grafik Gambar 7:



Gambar 7. Grafik Distribusi Hujan Jam-Jaman
Sumber : Hasil Perhitungan, 2024

C. Analisis Debit Banjir

Dalam analisis debit banjir, digunakan dua perbandingan antara metode sintesis nakayasu dengan HEC-HMS.

Dilakukan metode hidrograf satuan sintetis Nakayasu sederhana dengan ragam data sebagai berikut:

Parameter hidrograf (α) = 1,57

Time lag, $t_g = 0,4 + 0,058 \times L$ untuk $L > 15$

$t_g = 0,21 \times$ untuk $L < 15$

$t_g = 0,21 \times L^{0.7}$

$= 0,21 \times 230.7$

$= 1,24$ Jam

$t_r = 0,5 \times t_g$

$= 0,5 \times 1,24$

$= 0,62$ Jam

$T_p = t_g + 0,8.t_r$

$= 1,24 + 0,8 \times 0,62$

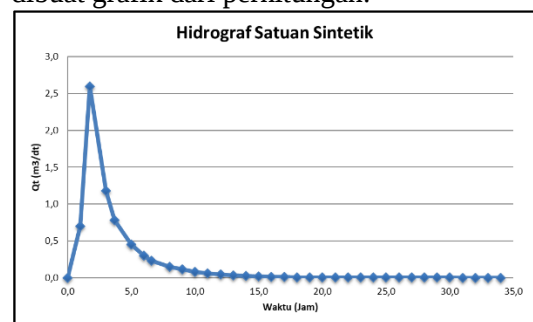
$= 1,73$ Jam

$T_{0,3} = \alpha \times t_g$

$= 1,57 \times 1,24$

$= 1,94$ Jam

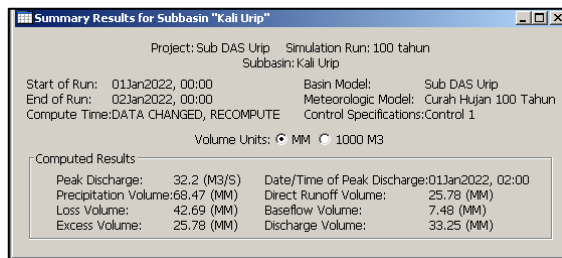
Dengan telah ditentukan hasil dari ordinat hidrograf yang menunjukkan debit tertinggi/puncak terjadi pada jam ke-1.73 yang debit puncaknya senilai $2,596 \text{ m}^3/\text{dt}$, maka dapat dibuat grafik dari perhitungan:



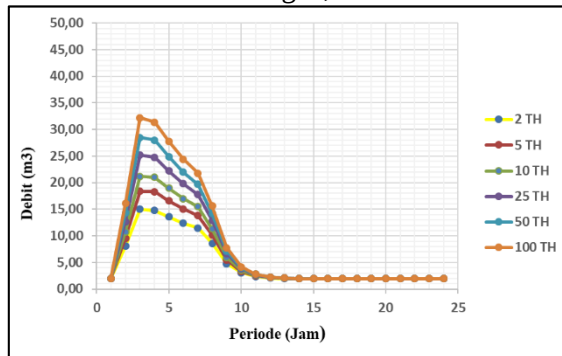
Gambar 8. Grafik Hidrograf Satuan Sintetik
Sumber : Hasil Perhitungan, 2024

Metode loss rate dengan SCS Curve Number digunakan untuk menghitung kehilangan air akibat intersepsi dan pengurangan tampungan. Air hujan yang tidak terserap membentuk limpasan (direct runoff), yang dimodelkan menggunakan SCS Unit Hydrograph, sementara aliran dasar (baseflow) diestimasi dengan metode recession untuk menentukan tinggi puncak hidrograf berdasarkan curah hujan.

Data hujan diproses secara temporal dalam HEC-HMS dengan resolusi waktu menit hingga jam. Periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun dimasukkan sebagai input. Pemodelan hidrologi kemudian dijalankan dengan mengintegrasikan basin model dan meteorologic model dalam simulasi. Hasilnya didapat simulasi dan rekayasa grafik pada Gambar 9 dan 10:



Gambar 9. Simulasi Periode Ulang 100 Tahun
Sumber: Hasil Perhitungan, 2024



Gambar 10. Grafik Hasil Keseluruhan Outflow HEC-HMS
Sumber : Hasil Perhitungan, 2024

D. Perhitungan Hidrolika

Sebelum dilakukan simulasi HEC-RAS dan ANSYS, dilakukan perhitungan hidrolika untuk menjadi parameter pembeda antara kedua aplikasi. Dapat dihitung dengan rumus-rumus berikut:

$$i = \frac{\Delta H_1}{L_1} + \frac{\Delta H_2}{L_2} + \dots + \frac{\Delta H_n}{L_n} \quad (13)$$

Keterangan:

i = Kemiringan sungai

L = Jarak Antar Patok (m)

Setelah kemiringan, dihitung debit banjir rencana:

$$A = (B + m \times H) \times H \quad (14)$$

Keterangan:

A = Luas areal saluran (m³)

B = Lebar saluran (m)

m = Kemiringan talud

H = Tinggi air di dalam saluran (m)

$$P = B + (2 \times H) \times m^2 \times i \quad (15)$$

Keterangan:

P = Keliling basah saluran (m)

$$R = \frac{A}{P} \quad (16)$$

Keterangan:

R = Jari-jari hidrolik (m)

$$V = \frac{1}{R} \times R^3 \times i^{0.5} \quad (17)$$

Keterangan:

V = Kecepatan aliran (m/s)

$$Q = A \times V \quad (18)$$

Keterangan:

Q = Debit Banjir Rencana (m³/s)

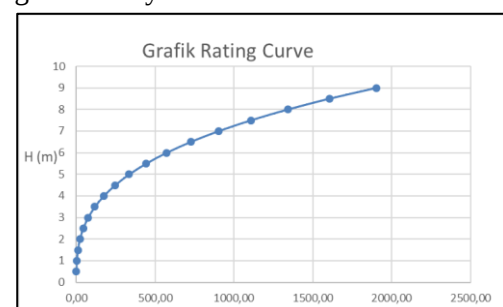
Sehingga dapat dijadikan tabel perhitungan seperti pada tabel 6:

Tabel 6 Perhitungan Debit Banjir

P (m)	R (m)	n	I	V (m/s)	Q (m3/s)
21,02	0,48	0,02	0,02	0,03	0,38
22,02	0,95	0,02	0,02	0,14	2,96
23,02	1,40	0,02	0,02	0,30	9,80
24,02	1,83	0,02	0,02	0,52	22,87
25,02	2,24	0,02	0,02	0,78	44,03
26,02	2,65	0,02	0,02	1,08	75,15
27,02	3,04	0,02	0,02	1,43	118,04
28,02	3,42	0,02	0,02	1,81	174,53
29,02	3,79	0,02	0,02	2,23	246,45
30,02	4,16	0,02	0,02	2,68	335,66
31,02	4,52	0,02	0,02	3,16	444,04
32,02	4,87	0,02	0,02	3,67	573,49
33,02	5,21	0,02	0,02	4,21	725,98
34,02	5,55	0,02	0,02	4,78	903,48
35,02	5,88	0,02	0,02	5,37	1108,0
36,02	6,21	0,02	0,02	5,99	1341,7
37,02	6,54	0,02	0,02	6,63	1606,6
38,02	6,86	0,02	0,02	7,29	1905,0

Sumber: Perhitungan, 2025

Dari tabel 6 dan gambar grafik rating curve, dapat disimpulkan bahwa pada saat tinggi banjir di atas sungai 3,5 meter, maka debit banjirnya adalah 118,04 m³/s. Dapat diamati gambarannya melalui Gambar 11:



Gambar 11. Grafik Rating Curve

Sumber: Hasil Perhitungan, 2025

Selanjutnya ditentukan perencanaan mercu:

Lebar bendung = 20 m
Lebar pintu pembilas = 4 m
Tebal pilar mercu = 1.5 m
Tebal pilar total = 4.5 m
Lebar Mercu = B – (Bp total+Tp total)
= 20 – (4 + 4.5)
= 11.5 m

(Q) Debit Banjir Rencana 104.6 m³/s
(Cd) Koefisien Debit 1,215
(g) Gaya Gravitasi Bumi 9,81 m/s
(Be) Lebar Efektif Bendung 11,267 m
(H1) Tinggi Energi Air Banjir di atas mercu 2,913 m

$$Q = Cd \times \frac{2}{3} \times \left(\frac{2}{3} \times g \right)^{\frac{1}{2}} \times Be \times H_1^{\frac{3}{2}} \quad (19)$$

$$Q = Cd \times \frac{2}{3} \times (2/3 \times g)^{1/2} \times Be \times H_1^{3/2}$$

$$= (1.215045 \times 0.66 \times (0.66 \times 9.810.5) \times (2,911.5))$$

$$= 1.215045 \times 0.67 \times 3$$

$$\times 11.267 \times 4.97$$

Q = 116.03993 m³/s

Keterangan

Q = Debit banjir hitungan (m³/s)

Setelah itu, direncanakan kolam loncat dengan mencari kedalaman konjugasi dan kedalaman air di awal loncatan dengan rumus:

$$V_1 = \left(2g \left(\frac{2}{3} \times H_1 + Z \right) \right)^{\frac{1}{2}} \quad (20)$$

Keterangan:

V1 = Kecepatan awal loncatan (m/s)

Z = Tinggi kolam loncat air (elevasi mercu – elevasi kolam loncat air) (m)

$$\frac{y_2}{y_1} = \dots \frac{1}{2} (\sqrt{1 + 8Fr^2} - 1) \quad (21)$$

Keterangan:

y2 = Kedalaman konjugasi (m)

y1 = Kedalaman air di awal loncatan air (m)

Fr = Bilangan Froude

$$Fr = \frac{V_1}{(g \times y_1)^{\frac{1}{2}}} \quad (22)$$

$$= 5,8847 / (10 \times 0.9856)^{0.5}$$

$$= 1,8745$$

$$Y_2/Y_1 = 0.5 \times ((1 + 8 \times 1.872)^{0.5}) - 1$$

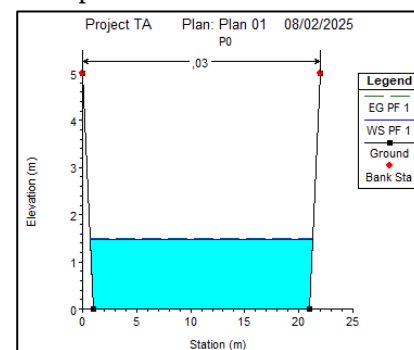
$$= 2.198$$

$$Y_2 = 2.1976 \times 0.9856$$

$$= 2.166 \text{ m}$$

E. HEC-RAS

Simulasi numerik menggunakan HEC-RAS 6.6 dilakukan untuk memodelkan kinerja hidrolik bendung berdasarkan desain yang telah ditentukan. Pemodelan ini menghasilkan data profil muka air dan tekanan hidrodinamik untuk evaluasi keamanan struktur, identifikasi zona rawan erosi, dan verifikasi compliance terhadap standar teknis. Dapat diamati hasil dari HEC-RAS pada Gambar 12 dan 13:



Gambar 12. Cross section

Sumber: HEC-RAS, 2024

HEC-RAS Plan: plan1 River: Sungai Wringin Reach: 1 Profile: PF 1												Reload Data
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	20	PF 1	104,00	0,00	7,12		7,14	0,000059	0,69	151,61	22,00	0,08
1	19	PF 1	104,00	0,00	7,12		7,14	0,000059	0,69	151,55	22,00	0,08
1	18	PF 1	104,00	0,00	7,11		7,14	0,000059	0,69	151,48	22,00	0,08
1	17	PF 1	104,00	0,00	7,11		7,13	0,000059	0,69	151,42	22,00	0,08
1	16	PF 1	104,00	0,00	7,11		7,13	0,000059	0,69	151,35	22,00	0,08
1	15	PF 1	104,00	0,00	7,10		7,13	0,000059	0,69	151,28	22,00	0,08
1	14	PF 1	104,00	0,00	7,10		7,12	0,000059	0,69	151,22	22,00	0,08
1	13	PF 1	104,00	0,00	7,10		7,12	0,000059	0,69	151,15	22,00	0,08
1	12	PF 1	104,00	0,00	7,09		7,12	0,000059	0,69	151,09	22,00	0,08
1	11	PF 1	104,00	0,00	7,09		7,12	0,000059	0,69	151,02	22,00	0,08
1	10	PF 1	104,00	0,00	7,09		7,11	0,000059	0,69	150,96	22,00	0,08
1	9	PF 1	104,00	0,00	7,09		7,11	0,000059	0,69	150,89	22,00	0,08
1	8	PF 1	104,00	0,00	7,08		7,11	0,000060	0,69	150,82	22,00	0,08
1	7	PF 1	104,00	0,00	7,08		7,10	0,000060	0,69	150,76	22,00	0,08
1	6	PF 1	104,00	0,00	7,08		7,10	0,000060	0,69	150,69	22,00	0,08
1	5	PF 1	150,00	0,00	7,05		7,10	0,000126	1,00	150,01	22,00	0,12
1	4.5	PF 1	150,00	0,00	7,05	1,68	7,09	0,000121	0,97	155,01	22,00	0,12
1	4.4	Inl Struct										
1	4	PF 1	150,00	0,00	1,78	1,78	2,65	0,008722	4,14	36,24	20,71	1,00
1	3	PF 1	150,00	0,00	1,78	1,78	2,65	0,008722	4,14	36,24	20,71	1,00
1	2	PF 1	150,00	0,00	1,78	1,78	2,65	0,008722	4,14	36,24	20,71	1,00
1	1	PF 1	150,00	0,00	1,78	1,78	2,65	0,008722	4,14	36,24	20,71	1,00
1	0	PF 1	150,00	0,00	1,78	1,78	2,65	0,008722	4,14	36,24	20,71	1,00

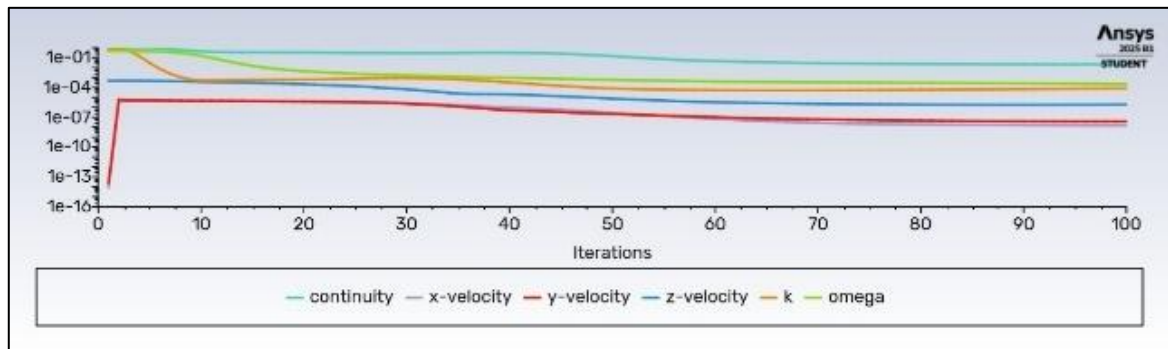
Gambar 13. Hasil Perhitungan HEC-RAS

Sumber: HEC-RAS, 2025

F. ANSYS

Simulasi ANSYS dilakukan secara bertahap untuk menganalisis pengaruh bendung terhadap aliran sungai. Tahapan meliputi:

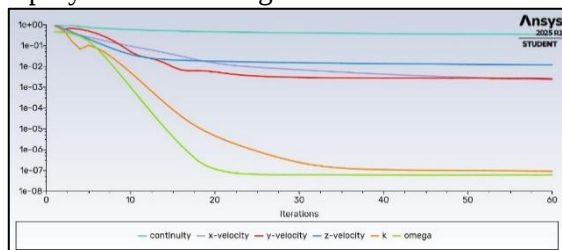
Model dasar: Simulasi aliran tanpa bendung (saluran 50 m, debit 116 m³/s, kecepatan 1.089 m/s) yang hasilnya diproyeksikan dalam grafik di Gambar 14:



Gambar 14. Grafik Aliran Stabil Iterasi 100

Sumber: ANSYS, 2025

Model bendung: Penambahan mercu beton dengan dimensi desain hidrolik yang hasilnya diproyeksikan dalam grafik di Gambar 15:



Gambar 15. Grafik Aliran Setelah Ditambahkan Mercu Iterasi 20 Kali

Sumber: ANSYS, 2025

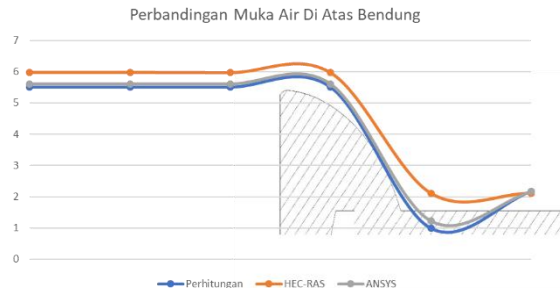
Hasil simulasi menunjukkan perubahan aliran setelah iterasi, termasuk profil tekanan dan deformasi. Analisis menggunakan persamaan hidrostatik untuk konversi tekanan ke tinggi muka air.

Tabel 7 Tinggi Banjir di Atas Mercu

Tekanan (N/m ²)	ρ (kg/m ³)	g (m/s ²)	h (m)
55000	1000	9.81	5.61
55000	1000	9.81	5.61
55000	1000	9.81	5.61
55000	1000	9.81	5.61

12110	1000	9.81	1.23
21210	1000	9.81	2.16

Sumber: Hasil Perhitungan, 2025



Gambar 14. Grafik Perbandingan Muka Air Di Atas Bendung

Sumber: Excel, 2025

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Kadaan hidrologi pada Bendung Wringin dengan jumlah stasiun hujan sebanyak 4 stasiun dengan kala hujan 10 tahun yang diestimasi sejak tahun 2013 hingga tahun 2022 memiliki rata-rata curah hujan maksimum pada tiap stasiun hujannya: 101, 105, 96 dan 107. Dilakukan uji kesesuaian distribusi Smirnov Kolmogorov, Chi Kuadrat dan Mononobe sehingga ditemukan curah hujan rencana pada tiap-tiap periode ulang tahunan; 2 tahun sebesar 98.31 mm, 5 tahun sebesar 110.46 mm, 10 tahun sebesar 119.26 mm, 25 tahun sebesar 131.09 mm, 50 tahun sebesar 140.35 mm dan 100 tahun sebesar 149.98 mm. Dilakukan analisis debit banjir Nakayasu yang menunjukkan waktu naik 1,73 jam, sedangkan HSS Snyder sebesar 2,88 jam untuk mencapai debit puncak.
2. Terdapat tiga cara dalam mengidentifikasi hidrolika pada Bendung Wringin, yakni dilakukan perhitungan hidrolika dengan rumus yang tersedia sebelum dilakukan simulasi, dengan rincian kemiringan sungai 0.024 m, debit banjir rencana 118,04 m³/s serta perencanaan mercu dengan dua pintu pembilas. Dari perhitungan, didapatkan tinggi muka air pada titik V1 (Yu) setinggi 0.99 m dan tinggi konjugasi kolam loncat air (Y2) setinggi 2.17 m. Dalam perhitungan dan

simulasi HEC-RAS, didapatkan hasil tinggi muka air di atas mercu bendung berada pada 5.98 m dan muka air pada titik V1 (Yu) setinggi 2.11 m dan tinggi konjugasi kolam loncat air (Y2) setinggi 2.17 m.

3. ANSYS mengolah data secara terpisah dengan jumlah percobaan (iterasi) sebanyak 20 pengulangan. Pada aliran tenang tanpa hambatan, didapatkan tinggi muka air di atas bendung setinggi 5.61 m sedangkan setelah diletakkan mercu bendung, ketinggian air pada Yu mengalami penurunan antara 0.73 m hingga 1.74 m dan pada Y2 stagnan pada 2.16 m. Dalam pengelolaan kedua software yang dibandingkan, terdapat kelebihan dan kelemahan tersendiri pada setiap aspeknya. Keduanya memiliki fungsi masing-masing, namun akurasi data yang dihasilkan ANSYS lebih akurat dengan skala penelitian kecil. Sedangkan HEC-RAS mampu menyimulasikan aliran air secara keseluruhan.

B. Saran

Pengerjaan tugas akhir ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam penggunaan aplikasi terkait yakni HEC-RAS dan juga ANSYS dalam penanganan hidrolika. Dalam penelitian ini, diutamakan pada fungsionalitas aplikasi pada perbandingan pengelolaan hidrolika dan perbandingan muka air di atas bendung. Segala aspek dari penelitian ini baik data hidrologi, perhitungan analisis debit banjir metode Nakayasu maupun perhitungan hidrolika beserta simulasinya dapat dijadikan acuan untuk perhitungan perencanaan pada Sungai Wringin. Fungsi yang berbeda dapat menjadi patokan untuk penelitian selanjutnya untuk lebih bijak dalam memilih aplikasi yang akan digunakan untuk kasus penelitian yang akan dikerjakan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Abdi Chooplou, C., Ghodsian, M., & Vaghefi, M. 2024. Influence of Outlet Keys Slope on Downstream Bed Topography in Trapezoidal Piano Key Weirs: An Experimental Investigation. *Results in Engineering*, 24, 103173.

<https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103173>

- Andriawan, A., 2024. Penanganan Kerusakan Sungai Lusi Kabupaten Grobongan Jawa Tengah Akibat Banjir dan Erosi pada Lereng Sungai, *Jurnal Teknik Sipil: Rancang Bangun*. 10(1). 24-30.
- Aravind, E. S., Kumar, T. R. M., Kavithakani, A., & Chithra, K. 2024. Integrating ANSYS Fluent Simulation and Aspen Plus for efficient heavy metal ion removal with de-oiled cake. *Journal of Water Process Engineering*, 67(9), 106265. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2024.106265>
- Aryani, N., Ariyanti, D. O., & Ramadhan, M. 2020. Pengaturan Ideal tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai di Indonesia (Studi di Sungai Serang Kabupaten Kulon Progo). *Jurnal Hukum Ius Quia Iustum*, 27(3), 592–614. <https://doi.org/10.20885/iustum.vol27.iss3.art8>
- Bekheet, A. A., AboulAtta, N. M., Saad, N. Y., & El-Molla, D. A. 2022. Effect of the shape and type of piano key weirs on the flow efficiency. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(3), 101620. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.10.015>
- Chen, T. C., Theruvil Sayed, B., Opuencia, M. J. C., Alfilh, R. H. C., Abdulhasan, M. M., & Sadat, S. H. (2022). Prediction of the Coefficient of Pressure Fluctuations during the Hydraulic Jump Using ELM, GMDH, and M5MT. *Advances in Civil Engineering*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/2495631>
- Cheng, T., Xu, Z., Hong, S., & Song, S. 2017. Flood Risk Zoning by Using 2D Hydrodynamic Modeling: A Case Study in Jinan City. *Mathematical Problems in Engineering*, 2017(1). <https://doi.org/10.1155/2017/5659197>
- Galuh, S.D., 2021. Aplikasi Metode Log Person III Dalam Menghitung Curah Hujan Sungai Bondoyudo Perhitungan Kala Ulang 5 (Lima) Tahun. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Hexagon*.
- Kamase, M., Hendratta, L. A., & Sumarauw, J. S. F. 2017. Analisis Debit dan Tinggi Muka Air Sungai Tondano di Jembatan Desa Kuwil Kecamatan Kalawat. *Jurnal Sipil Statik*, 5(4), 175–185.
- Rahayu, L. S. N. 2024. Normalisasi Sungai Sanen Sebagai Solusi Penanganan Banjir Di Desa Wonoasri Jember Menggunakan HEC-RAS 6.3. *Jurnal Smart Teknologi*.
- Rizal, N. S. 2022. *Aplikasi HEC-RAS Versi 6.1 Untuk Rekayasa Bangunan Air*. UM Jember Press.
- Saleh, S. S., Musa, R., & As'ad, H. 2019. Kajian Karakteristik Aliran Terhadap Bangunan Pelimpah Pada Saluran Terbuka. *Jurnal Teknik Hidro*, 12, 40–52.
- Sholikha, D. E. Z., Sutoyo, S., & Rau, M. I. 2022. Pemodelan Sebaran Genangan Banjir Menggunakan HEC-RAS di Sub DAS Cisadane Hilir. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 7(2), 147–160. <https://doi.org/10.29244/jsil.7.2.147-160>
- Srishti, Paras, & Kumar, A. 2024. ANSYS Fluent-CFD analysis of a continuous single-slope single-basin type solar still. *Green Technologies and Sustainability*, 2(3), 100105. <https://doi.org/10.1016/j.grets.2024.100105>
- Syahputra, I. 2015. Kajian Hidrologi Dan Analisa Kapasitas Tampang Sungai Krueng Langsa Berbasis HEC-HMS DAN HEC-RAS. *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, 1(1), 15–28. <https://doi.org/10.30601/jtsu.v1i1.2>
- Yao, Y., Wang, L., Lv, X., Yu, H., & Li, G. 2014. Changes in stream peak flow and regulation in Naoli river watershed as a result of wetland loss. *Scientific World Journal*, 2014(209547), 1–10. <https://doi.org/10.1155/2014/209547>
- Yeganeh, M., Ghazizadeh, M. J., Saneie, M., & Zeighami, E. 2023. Comparison of

Hydraulic Performance of Triangular Side
Weirs with a Focus on the Overhang Type.
KSCE Journal of Civil Engineering,
27(10), 4263–4273.
<https://doi.org/10.1007/s12205-023-1475-0>