

Analisis Dan Evaluasi Kapasitas Penampang Sungai Dengan Solusi Penanganannya Pada Sungai Bedadung Di Kabupaten Jember

Analysis And Evaluation Of The Cross-Sectional Capacity Of The River With Its Handling Solutions On The Bedadung River in Jember Regency

Radis Alvin Ramadhan¹, Noor Salim², Pujo Priyono³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : radisalvin33@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : noorsalim@unmuhjember.ac.id

³Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : pujo@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Daerah Aliran Sungai (DAS) Bedadung merupakan salah satu DAS terluas di Kabupaten Jember bahkan di Jawa Timur yang memiliki luas mencapai 499,5 km². Lokasi penelitian berada pada Sungai Bedadung Jember pada koordinat 8°08'27"S 113°44'03"E. Permasalahan banjir pada DAS Bedadung ini di analisis dengan memakai software HEC-RAS versi 6.1 yang digunakan untuk menganalisa debit banjir puncak, mengevaluasi kapasitas penampang sungai dan solusi penanganannya. Didapatkan 3 hasil dari penelitian yaitu yang pertama debit banjir puncak Sungai Bedadung Jember sebesar 401,02 m³/s dengan periode ulang 10 tahun. Kedua, hasil analisis kapasitas penampang Sungai Bedadung didapat beberapa titik yang mengalami luapan banjir yaitu pada *River Sta* 13, 12, 11, 10 dan 4. Banjir terparah terjadi pada *Sta* 11 dengan limpasan banjir di tebing kiri 0,74 meter dan tebing kanan 1,38 meter. Ketiga, solusi penanganan yaitu normalisasi tetapi penurunan muka air banjir tidak terlalu signifikan maka dilanjutkan dengan solusi penanganan selanjutnya yaitu penambahan tanggul setinggi 2 m dengan jagaan, lebar mercu 3 m dengan kemiringan 1 : 1. Sedangkan untuk penanganan tebing untuk mengurangi gerusan pada tebing ditambahkan bangunan krib sebanyak 25 buah dengan panjang krib 4 m dan jarak antar krib 6,4 m.

Kata kunci: DAS Bedadung, HEC-RAS, Debit Banjir, Normalisasi.

Abstract

The Bedadung Watershed (DAS) is one of the widest watersheds in Jember Regency and even in East Java which has an area of 499.5 km². The research location is on the Bedadung River, Jember at coordinates 8°08'27"S 113°44'03"E. The flood problem in the Bedadung watershed was analyzed using the HEC-RAS software version 6.1 which was used to analyze peak flood discharge, evaluate the study, the first being the peak flood discharge of the Bedadung Jember River of 401.02 m³/s with a return period of 10 years. Second, the results of the analysis of the cross-sectional capacity of the Bedadung River obtained several points that experienced flooding, namely at *River Sta* 13, 12, 11, 10 and 4. The worst flood occurred at *Sta* 11 with flood runoff on the left bank of 0.74 meters and the right bank of 1.38 meters. Third, the handling solution is normalization but the decrease in the flood water level is not too significant, then proceed with the next handling solution, namely the addition of a 2 meters high embankment with guard, 3 meters wide crest with a 1 : 1 slope. As for the handling of the cliffs to reduce scouring on the cliffs, 25 groynes were added with a groin of 4 meters and a distance between cribs 6.4 meters.

Keywords: Bedadung Watershed (DAS), HEC-RAS, Floods Discharge, Normalization.

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Daerah Aliran Sungai (DAS) Bedadung adalah salah satu kawasan DAS terluas di Kabupaten Jember bahkan di Jawa Timur dengan luas mencapai 499,5 km². Lokasi penelitian berada pada Sungai Bedadung Jember pada koordinat 8°08'27"S 113°44'03"E. Banjir ialah peristiwa bencana alam dimana aliran air meluap atau melimpah hingga menggenangi daratan. Banjir terjadi karena beberapa faktor antara lain, pertama faktor manusia dan kedua faktor alami oleh alam. Permasalahan Banjir yang terjadi di Kota Jember perlu dilakukan analisis untuk mengetahui berapa besar kenaikan muka air banjir pada DAS Bedadung. Langkah yang akan dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan banjir ini terutama pada Sungai Bedadung yaitu dengan cara menganalisis kenaikan muka air banjir sungai dengan memakai software HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center's – River Analysis System*) Versi 6.1. Penggunaan software HEC-RAS versi 6.1 merupakan bentuk tiruan atau simulasi dengan kondisi yang terjadi di lapangan sebenarnya dan dapat memudahkan peneliti untuk menganalisa kenaikan muka air banjir pada DAS Bedadung Jember.

B. Rumusan Masalah

1. Berapakah debit banjir puncak yang terjadi pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Bedadung ?
2. Bagaimana kondisi kapasitas penampang Sungai Bedadung ?
3. Solusi apa yang harus dilakukan untuk menanggulangi titik genangan banjir pada DAS Bedadung ?

C. Tujuan Penelitian

1. Menganalisa debit banjir puncak yang terjadi pada Sungai Bedadung.
2. Mengevaluasi kapasitas penampang Sungai Bedadung dengan Software HEC-RAS versi 6.1.
3. Menentukan solusi yang dilakukan untuk menanggulangi titik genangan banjir pada Sungai Bedadung.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Analisa Hidrologi

• Analisa Curah Hujan

Adapun 3 cara untuk mengetahui tinggi curah hujan rerata pada suatu daerah yaitu :

- a. Metode Rata – Rata Aljabar (Aritmatik)
- b. Metode *Polygon Thiessen*
- c. Metode Isohyet

Dalam menghitung curah hujan rerata daerah, penulis memakai metode *Polygon Thiessen*.

• Analisa Frekuensi

Analisa frekuensi ialah sebuah analisa data hidrologi dengan memakai statistika yang tujuannya digunakan untuk memperkirakan sebuah besaran hujan atau debit dengan periode ulang tertentu. Parameter yang diketahui pada statistik yaitu :

- a. Harga Rata – Rata (*Mean*)

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

- b. Simpangan Baku

$$s = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{1/2}$$

- c. Koefisien Variasi

$$Cv = \frac{s}{\bar{x}}$$

- d. Koefisien Kemencengan (*Skewness*)

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3}$$

- e. Koefisien Kurtosis

$$Ck = \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} x \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{s_y^4} -$$

$$\frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)}$$

Menurut Soemarto (1987) ada 4 jenis sebaran yang sering dipakai untuk analisa frekuensi data hidrologi di Indonesia, yaitu:

- a. Distribusi Normal
- b. Distribusi Log Normal
- c. Distribusi Gumbel
- d. Distribusi Log Pearson Type III

Tabel 1. Kriteria Pemilihan Distribusi

No	Jenis Distribusi	Syarat
1	Distribusi Normal	Cs = 0, Ck = 3
2	Distribusi Log Normal	Cs = 3, Cv = 0,6
3	Distribusi Gumbel	Cs < 1,1396, Ck < 5,4002
4	Distribusi Log Pearson III	Cs < 0

Sumber : Soemarto, 1999

• **Uji Kesesuaian Distribusi**

Ada dua jenis pengujian parameter distribusi frekuensi, Metode *Chi-Square* dan Metode *Smirnov-Kolmogorof*.

a. Metode *Chi-Square*

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f}$$

b. Metode *Smirnov-Kolmogorof*

Dalam statistika, uji *smirnov-kolmogorof* dipakai untuk membedakan antara distribusi berdasarkan data yang diamati sebenarnya dengan distribusi berdasarkan populasi atau sampel yang diasumsikan atau diharapkan.

• **Analisa Debit Banjir Rencana Metode HSS Nakayasu**

Di kawasan dimana data hidrologi tidak bisa didapatkan untuk menurunkan hidrograf satuan, maka dibuat hidrograf satuan sintesis yang didasari oleh karakteristik fisik dari DAS. Hidrograf satuan sintesis Nakayasu dikembangkan berdasarkan beberapa sungai di Jepang (Soemarto, 1987). Untuk menghitung metode HSS Nakayasu menggunakan rumus :

$$Q_p = \frac{C \cdot A \cdot R_0}{3,6(0,3 \cdot T_p + T_{0,3})}$$

Dimana :

- Q_p = debit banjir puncak (m³/det)
- R_0 = hujan satuan (mm)
- T_p = tenggang waktu dari awal mula hujan hingga puncak banjir (jam)
- $T_{0,3}$ = waktu yang dibutuhkan oleh penurunan debit, dari puncak hingga 30% dari debit puncak
- C = koefisien pengaliran
- A = luas daerah tangkapan

B. Analisa Hidrolika

• **Hidrolika**

Analisa hidrolika digunakan pada semua penampang sungai untuk memperoleh kondisi sungai dengan kondisi yang sebenarnya, yaitu untuk menentukan lokasi mana saja yang terjadi luapan banjir dan titik mana saja yang tidak terjadi luapan banjir.

• **HEC-RAS**

HEC – RAS ialah singkatan dari (*Hydraulic Engineering Center-River Analysis System*). Software ini dirancang oleh *Hydrologic Engineering Center* (HEC) yang merupakan satu divisi dalam *Institute for Water Resources*, di bawah *US Army Corps of Engineers* (USAGE). HEC-RAS ialah perangkat lunak yang dirancang untuk penggunaan yang interaktif dalam situasi serta kondisi yang berbeda – beda. Penggunaan HEC-RAS digunakan untuk menghitung profil muka air dengan pemodelan aliran *steady* dan *unsteady*, serta penghitungan transport sedimen. Elemen terpenting dalam perangkat lunak HEC-RAS ialah ketersediaan geometri saluran, baik memanjang maupun melintang.

• **Profil Muka Air Pada Aliran Unsteady**

Unsteady Flow Simulation yaitu perangkat lunak yang mampu menggambarkan aliran tak permanen (Unsteady) satu dimensi di sungai yang mempunyai alur lengkap. Setiap aliran yang terjadi pada bagian dihitung dengan menggunakan persamaan Manning :

$$Q_t = \frac{1}{n} \times A \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

Dimana :

- n = Koefisien kekasaran manning
- A = Luas bagian penampang
- R = Jari-jari hidrolis
- S = Kelandaian energi

• **Normalisasi**

Normalisasi sungai ialah upaya yang dilaksanakan untuk memperbaiki bentuk penampang sungai, yaitu dengan cara memperlebar sungai serta menambah kedalaman sungai dengan cara menggali dasar sungai supaya kapasitas sungai dapat bertambah untuk menampung debit banjir.

• **Penambahan Tanggul**

Menurut Kodoatie (2013), tanggul berguna dalam melokasikan banjir di sungai, sehingga luapan banjir tidak meluap ke bagian tebing kanan dan tebing kiri sungai. Terdapat beberapa bagian dari tanggul seperti berikut :

a. Bagian – Bagian Tanggul

Pada tanggul terdapat bagian - bagian seperti, mercu, lereng, tinggi jagaan dll.

b. Tinggi Jagaan Tanggul

Tinggi jagaan adalah tambahan tinggi pada tanggul untuk menampung loncatan air dari permukaan air sungai yang sedang mengalir. Loncatan ini dapat terjadi diakibatkan adanya ombak, gelombang, loncatan hidrolis pada saat terjadi banjir.

Tabel 2. Tinggi Jagaan Tanggul

No	Debit Banjir Rencana (m ³ /s)	Jagaan (m)
1	< 200	0,6
2	200 - 500	0,8
3	500 - 2000	1,0
4	2000 - 5000	1,2
5	5000 - 10000	1,5
6	>10000	2,0

Sumber : Sosrodarsono, 1994

c. Lebar Mercu Tanggul

Tabel 3. Lebar Mercu Tanggul

No	Debit Banjir Rencana (m ³ /s)	Jagaan (m)
1	< 500	3,0
2	500 - 2000	4,0
3	2000 - 5000	5,0
4	5000 - 10000	6,0
5	>10000	7,0

Sumber : Sosrodarsono, 1994

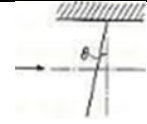
• **Penambahan Bangunan Krib**

Krib ialah bangunan yang dirancang mulai dari tebing sungai ke arah tengah, kegunaan utama bangunan krib adalah mengurangi kecepatan aliran sungai sepanjang tebing sungai, mempercepat sedimentasi dan menjamin keamanan tanggul atau tebing terhadap gerusan yang diakibatkan oleh aliran sungai. Bangunan Krib sendiri dapat banyak membantu untuk perkuatan tebing dan tanggul pada sungai, karena tebing dan tanggul pada

sungai mudah tergerus yang mengakibatkan tanah diatasnya bisa saja terjadi longsor.

Tabel 4. Arah Aliran Dan Arah Sudut Sumbu Krib

Lokasi Pembuatan Krib Di Sungai	Arah Aliran Di Sudut Sumbu Krib α
Bagian Lurus	10°-15°
Bagian Luar	5°-15°
Bagian Dalam	0°-10°



Sumber : Sosrodarsono, 2009

Jarak antara (interval) krib biasanya ditetapkan sedemikian rupa sehingga arus sungai diujung krib yang lebih dulu dapat diterima oleh krib yang dilindungi di sebelah hilir krib pertama.

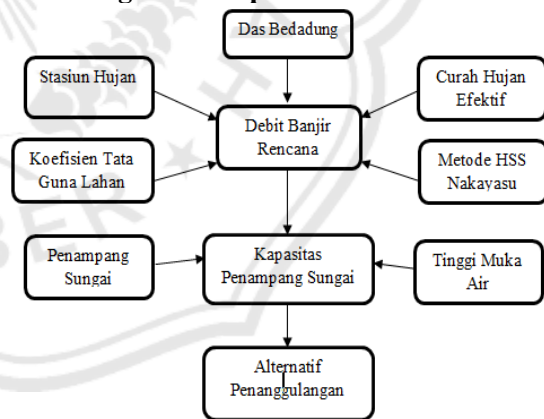
Tabel 5. Hubungan Antar Panjang Dan Lebar Krib

Lokasi Pembuatan Krib Di Sungai	Hubungan Antara Interval (D) dan Panjang (L)
Bagian Lurus	$D = (1,7-2,3) L$
Belokan Luar	$D = (1,4-1,8) L$
Belokan Dalam	$D = (2,8-3,6) L$

Sumber : Sosrodarsono, 2009

3. METODELOGI

A. Kerangka Konsep Penelitian



Gambar 1. Kerangka Konsep Penelitian

B. Hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan penelitian dan kerangka konsep penelitian yang sudah dipaparkan, maka dapat diungkapkan hipotesis sebagai berikut :

1. Banjir yang terjadi, diduga diakibatkan oleh debit banjir yang tinggi sehingga air sungai meluap.

2. Diduga kapasitas penampang Sungai Bedadung tidak mampu menampung debit banjir yang datang.
3. Solusi penanggulangan dapat dilakukan penambahan tanggul, normalisasi ataupun penambahan krib.

C. Lokasi Penelitian

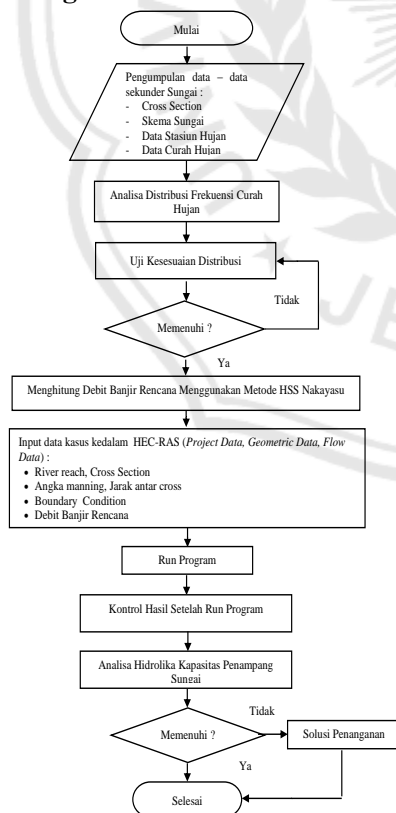
Lokasi penelitian di sungai Bedadung yang termasuk dalam Daerah Aliran Sungai (DAS) Bedadung berada pada kabupaten Jember pada koordinat 8°08'27"S 113°44'03"E.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

Sumber : Google Earth

D. Kerangka Penelitian



Gambar 3. Diagram Alur

Sumber : Pengolahan Data

4. Hasil Pembahasan

A. Analisa Dan Evaluasi Kapasitas Penampang Sungai Bedadung Jember

Sungai Bedadung Jember merupakan sungai terbesar di Kabupaten Jember. Panjang sungai ini dari hulu sampai ke hilir ± 161 Km. Pembahasan penelitian kali ini, penulis akan menganalisa dan mengevaluasi kapasitas penampang sungai Bedadung Jember sepanjang 1,25 Km. Karena di sepanjang sungai bedadung yang diteliti tersebut adalah kawasan yang sering terjadi banjir.



Gambar 4. Penampang Sungai Bedadung

Sumber : Dokumentasi Pribadi 2021

B. Analisa Hidrologi

• Persiapan Data – Data Curah Hujan

Data curah hujan yang dipakai adalah curah hujan harian dari 4 stasiun penakar hujan terdekat pada lokasi penelitian selama 10 tahun mulai dari tahun 2011 s/d 2020. Tujuannya supaya analisa penanganan banjir ini dapat mendekati kondisi sebenarnya dengan yang ada di lapangan.

Tabel 6. Rekapitulasi Data Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan Di 4 Stasiun

No	Tahun	STASIUN CURAH HUJAN (mm)			
		SUKOWONO R1	BINTORO R2	AJUNG R3	SUKOREJO R4
1	2011	97	60	131	92
2	2012	81	65	109	82
3	2013	99	47	128	75
4	2014	150	54	312	128
5	2015	85	38	92	96
6	2016	90	42	91	105
7	2017	107	65	123	81
8	2018	71	236	190	75
9	2019	111	236	117	91
10	2020	99	95	92	111

Sumber : Pengolahan Data 2021

• **Analisis Curah Hujan**

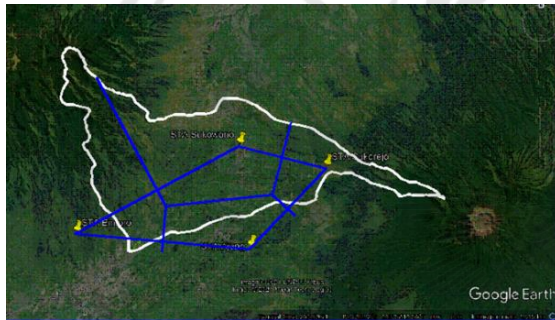
Data yang diambil didapatkan dari 4 stasiun penakar terdekat pada lokasi penelitian. Stasiun penakar yang dipakai disajikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 7. Stasiun Hujan Di Sekitar Lokasi Penelitian

No	Nama Stasiun Hujan
1	Sukowono
2	Bintoro
3	Ajung
4	Sukorejo

Sumber : *Pengolahan Data 2021*

Menghitung curah hujan maksimum rerata pertahun, penulis memakai metode *Polygon Thiessen*. Sedangkan untuk menentukan luas area menggunakan program aplikasi *Google Earth*.



Gambar 4. *Polygon Thiessen*

Sumber : *Google Earth 2021*

Hasil perhitungan luas area menggunakan program aplikasi *Google Earth*. Perhitungan tersebut dilakukan dengan cara membuat garis – garis poligon pada masing – masing area dalam program aplikasi *Google Earth*.

Tabel 8. Luas Area Polygon

No	Nama Stasiun Hujan	Luas Area Poligon (km ²)
1	Sukowono	135.74
2	Bintoro	84.77
3	Ajung	23.24
4	Sukorejo	52.55

Sumber : *Pengolaan Data 2021*

• **Analisa Frekuensi**

Setelah didapatkan data curah hujan rerata daerah memakai metode *Polygon Thiessen*, langkah selanjutnya mengetahui metode analisa distribusi frekuensi dengan menghitung besarnya parameter statistik koefisien

kemencengan (*Skewness*) atau *Cs* dan koefisien kepuncakan (*Kurtosis*) atau *Ck*.

Tabel 9. Perhitungan Untuk Menentukan Metode Analisa Distribusi Frekuensi

No	Tahun	R _i	P	(R _i - R)	(R _i - R) ²	(R _i - R) ³	(R _i - R) ⁴
1	2011	88.19	9.09	-11.46	131.29	-1504.38	17237.59
2	2012	78.80	18.18	-20.86	435.00	-9072.77	189228.62
3	2013	82.14	27.27	-17.51	306.66	-5370.04	94037.91
4	2014	131.34	36.36	31.69	1004.04	31814.78	1008103.76
5	2015	74.05	45.45	-25.60	655.32	-16775.8	429448.26
6	2016	79.01	54.55	-20.65	426.28	-8801.23	181715.05
7	2017	91.63	63.64	-8.02	64.40	-516.81	4147.43
8	2018	128.25	72.73	28.60	817.73	23383.92	668687.25
9	2019	143.69	81.82	44.03	1938.88	85373.96	3759244.72
10	2020	99.43	90.91	-0.22	0.05	-0.01	0.00
Jumlah		996.53			5779.66	98531.63	6351850.58
Rerata		99.65					

Sumber : *Pengolahan Data 2021*

Langkah selanjutnya menentukan analisa distribusi frekuensi dari tabel di atas.

- Harga Rata – Rata (*Mean*)

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i$$

$$\bar{x} = \frac{1}{10} \times 996,53$$

$$= 99,65 \text{ mm}$$

- Standart Deviasi

$$s = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (R_i - R)^2 \right]^{1/2}$$

$$s = \left[\frac{1}{10-1} \times 5799,66 \right]^{1/2}$$

$$= 25,34 \text{ mm}$$

- Koefisien Kemencengan (*Skewness*)

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (R_i - R)^3}{(n-1)(n-2)s^3}$$

$$Cs = \frac{10 \times 98531,63}{(10-1)(10-2) \times 25,34^3}$$

$$= 0,84 \text{ mm}$$

- Koefisien Kurtosis

$$Ck = \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \times \frac{\sum_{i=1}^n (R_i - R)^4}{s^4} - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)}$$

$$Ck = \frac{10(10+1)}{(10-1)(10-2)(10-3)} \times \frac{6351850,58}{25,34^4} - \frac{3(10-1)^2}{(10-2)(10-3)}$$

$$Ck = - 0,98 \text{ mm}$$

Tabel 10. Kriteria Pemilihan Distribusi

No	Jenis Distribusi	Perhitungan	Syarat	Keterangan
1	Distribusi Normal	Cs = 0,84	Cs = 0	Tidak Memenuhi
2	Distribusi Log Normal	Cs = 0,84 Cv = 0,254	Cs = 2,5.Cv	Tidak Memenuhi
3	Distribusi Gumbel	Cs = 0,84 Ck = - 0,98	Cs = 1,1396 ; Ck = 5,4002	Tidak Memenuhi
4	Distribusi Log Pearson Type III	Cs = 0,84 Ck = - 0,98 Cv = 0,254	Tanpa Batasan	Memenuhi

Sumber : Pengolahan Data 2021

Karena pemilihan distribusi memenuhi untuk *Log Pearson Type III* maka dilanjutkan dengan metode distribusi *Log Pearson Type III*.

Tabel 11. Perhitungan CH Rancangan Metode *Log Pearson Type III*.

No	Tahun	R (mm)	Log R	Log R - Log Rr	(Log R - Log Rr) ²	(Log R - Log Rr) ³	(Log R - Log Rr) ⁴
1	2011	88.19	1.945	-0.041	0.002	-0.0001	0.000003
2	2012	78.80	1.897	-0.090	0.008	-0.0007	0.000066
3	2013	82.14	1.915	-0.072	0.005	-0.0004	0.000027
4	2014	131.34	2.118	0.132	0.017	0.0023	0.000301
5	2015	74.05	1.870	-0.117	0.014	-0.0016	0.000188
6	2016	79.01	1.898	-0.089	0.008	-0.0007	0.000063
7	2017	91.63	1.962	-0.025	0.001	0.0000	0.000000
8	2018	128.25	2.108	0.121	0.015	0.0018	0.000217
9	2019	143.69	2.157	0.171	0.029	0.0050	0.000849
10	2020	99.43	1.998	0.011	0.000	0.0000	0.000000
n =	10						
Jumlah		996.527	19.867	0.000	0.099	0.0055	0.0017
Rata-rata	Log Rr		1.987				

Sumber : Pengolahan Data 2021

Berdasarkan hasil tabel diatas maka nilai S dan Cs dapat dicari dengan rumus.

- Mencari Nilai Standart Deviasi (S)

$$s = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\log R_i - \log R)^2 \right]^{1/2}$$

$$s = \left[\frac{1}{10-1} \times 0,099 \right]^{1/2}$$

$$= 0,1047$$

- Mencari Nilai Koefisien *Skewness* (Cs)

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log R_i - \log R)^3}{(n-1)(n-2)s^3}$$

$$C_s = \frac{10 \times 0,0055}{(10-1)(10-2)0,1047^3}$$

$$= 0,6701$$

Tabel 12. Hasil Perhitungan Nilai K Untuk Distribusi *Log Pearson Type III*

Kala Ulang	G	Dari Tabel		K
		Koef	%Peluang	
2	0.6701	0.80	-0.132	-0.1106
		0.60	-0.099	
5	0.6701	0.80	0.780	0.7930
		0.60	0.800	
10	0.6701	0.80	1.336	1.3308
		0.60	1.328	
25	0.6701	0.80	1.993	1.9579
		0.60	1.939	
50	0.6701	0.80	2.453	2.3919
		0.60	2.359	
100	0.6701	0.80	2.891	2.8026
		0.60	2.755	

Sumber : Pengolahan Data 2021

Tabel 13. Analisa Probabilitas Hujan Dengan Distribusi *Log Pearson Type III*.

Tr (Tahun)	Pr (%)	Sy	K	K.Sy	Log Rt	Rt (mm)
2	50	0.1047	-0.111	-0.012	1.975	94.436
5	20	0.1047	0.793	0.083	2.070	117.417
10	10	0.1047	1.331	0.139	2.126	133.669
25	4	0.1047	1.958	0.205	2.192	155.483
50	2	0.1047	2.392	0.250	2.237	172.630
100	1	0.1047	2.803	0.293	2.280	190.596

Sumber : Pengolahan Data 2021

Hasil perhitungan hujan rancangan *Log Pearson Type III* untuk distribusi frekuensi periode 10 tahun.

$$\log R_{T10 \text{ Tahun}} = \log R_{\text{Rerata}} + (K \times S)$$

$$\log R_{T10 \text{ Tahun}} = 1,987 + 0,139$$

$$\log R_{T10 \text{ Tahun}} = 2,126$$

$$R_{T10 \text{ Tahun}} = 133,669 \text{ mm}$$

• Uji Kesesuaian Distribusi

Dari dua metode statistik Uji *Chi-Square* dan Uji *Smirnov Kolmogorof*, penulis menggunakan Metode Uji *Chi - Square*. Berikut adalah hasil perhitungan Metode Uji *Chi - Square* untuk Distribusi *Log Pearson Type III* :

Tabel 14. Perhitungan Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Batas Kelas	Oj	Ej	Oj - Ej	(Oj-Ej) ² /Ej
0 - 81.293	3	2.5	0.5	0.10
81.293 - 94.436	3	2.5	0.5	0.10
94.436 - 113.231	1	2.5	-1.5	0.90
> 113.231	3	2.5	0.5	0.10
Jumlah	10	10		1.20

Sumber : Pengolahan Data 2021

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan nilai *Chi - Square* (X^2) hitung sebesar 1,20, sedangkan untuk nilai 5% (X_{Cr}) = 5,991 dan nilai 1% (X_{Cr}) = 9,210, Karena nilai ($X^2 < X_{Cr}$) maka dari pengujian kesesuaian penyebaran Distribusi *Log Pearson Type III* memenuhi sesuai dengan syarat (dapat diterima).

• **Perhitungan Debit Banjir Rencana**

Setelah didapatkan hasil perhitungan ordinat hidrograf banjir kemudian dapat dilanjutkan dengan perhitungan debit banjir rencana dengan periode ulang. Diambil periode ulang 10 tahun dengan metode HSS Nakayasu.

Tabel 15. Hidrograf Debit Banjir Rencana Dengan Periode Ulang 10 Tahun

t (jam)	U (t,1) (m ³ /dt)	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Jumlah (m ³ /dt)
		46.341 (mm/jam)	29.193 (mm/jam)	22.278 (mm/jam)	18.390 (mm/jam)	15.848 (mm/jam)	14.034 (mm/jam)	
0	0.00	0.00						0
1.0	0.90	41.92	0.00					41.92
1.901	4.23	195.85	123.37	0.00				319.22
2.0	4.10	189.99	119.69	91.34	0.00			401.02
3.0	3.02	139.87	88.11	67.24	55.51	0.00		350.73
4.0	2.22	102.97	64.87	49.50	40.86	35.21	0.00	293.41
5.0	1.64	75.80	47.75	36.44	30.08	25.92	22.96	238.96
6.0	1.20	55.80	35.15	26.83	22.15	19.08	16.90	175.92
7.0	1.00	46.29	29.16	22.25	18.37	15.83	14.02	145.91
8.0	0.81	37.74	23.77	18.14	14.98	12.91	11.43	118.96
9.0	0.66	30.77	19.38	14.79	12.21	10.52	9.32	96.99
10.0	0.54	25.08	15.80	12.06	9.95	8.58	7.60	79.08
11.0	0.44	20.45	12.88	9.83	8.12	6.99	6.19	64.47
12.0	0.36	16.67	10.50	8.02	6.62	5.70	5.05	52.57
13.0	0.29	13.59	8.56	6.54	5.40	4.65	4.12	42.86
14.0	0.24	11.08	6.98	5.33	4.40	3.79	3.36	34.94
15.0	0.20	9.04	5.69	4.34	3.59	3.09	2.74	28.49
16.0	0.16	7.37	4.64	3.54	2.92	2.52	2.23	23.23
17.0	0.13	6.01	3.78	2.89	2.38	2.05	1.82	18.94
18.0	0.11	4.90	3.09	2.35	1.94	1.67	1.48	15.44
19.0	0.09	3.99	2.52	1.92	1.58	1.37	1.21	12.59
20.0	0.07	3.26	2.05	1.57	1.29	1.11	0.99	10.26
21.0	0.06	2.65	1.67	1.28	1.05	0.91	0.80	8.37
22.0	0.05	2.16	1.36	1.04	0.86	0.74	0.66	6.82
23.0	0.04	1.76	1.11	0.85	0.70	0.60	0.53	5.56
24.0	0.03	1.44	0.91	0.69	0.57	0.49	0.44	4.53
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Debit Puncak Banjir Untuk Kala Ulang 10 Tahunan (m³/dt)								401.0194

Sumber : *Pengolahan Data 2021*

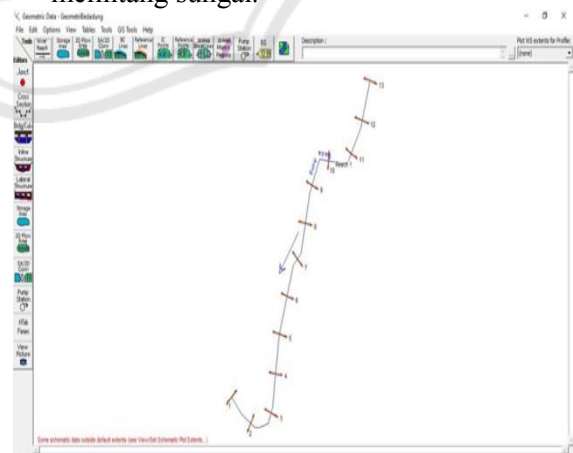
C. Analisa Hidrolika

• **Input Data**

Data – data yang harus dimasukkan untuk menganalisis kapasitas penampang sungai Bedadung yaitu :

1. Angka Manning Bantaran Kiri, Bantaran Kanan, Dan Saluran Utama.
2. Jarak bantaran kiri, kanan dan saluran utama terhadap *Cross Section* berikutnya.
3. Data debit banjir rencana yang didapatkan dari perhitungan manual dengan Metode HSS Nakayasu.
4. Kondisi batas (*Reach Boundary Condition*) Sungai Bedadung pada titik awal.
5. Koefisien kontraksi dan ekspansi memakai data yang telah ada secara otomatis oleh

6. program aplikasi *HEC-RAS* 6.1, yaitu sebesar 0,1 dan 0,3.
7. Data *Cross Section* atau penampang melintang sungai.



Gambar 5. Skema Sungai Bedadung Jember
 Sumber : *Program Aplikasi Hec-Ras*

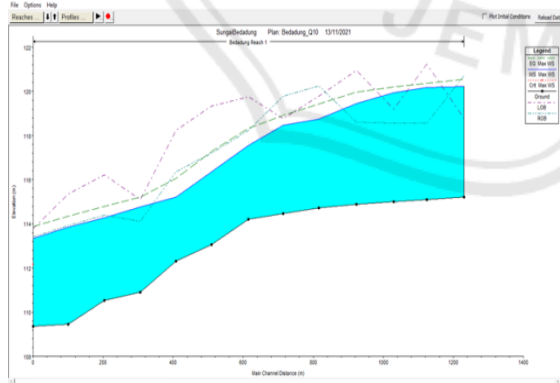
Untuk mendapatkan alur Sungai Bedadung Jember didapatkan dari *Google Hybird* yang ada pada Hec-Ras versi 6.1. Layout lokasi yang diteliti disajikan pada gambar dibawah ini.



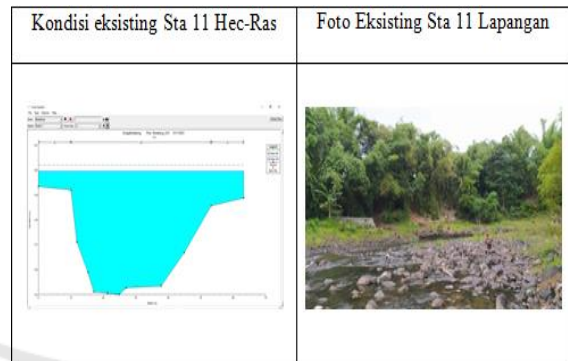
Gambar 6. Layout Lokasi Penelitian
 Sumber : *Google Earth 2021*

• **Hasil Output**

Dari hasil program aplikasi *HEC-RAS* didapatkan beberapa titik yang mengalami limpasan, titik yang mengalami limpasan diantaranya adalah River Sta 13, 12, 11, 10, dan 4. Adapun hasil dari analisa profil muka air Sungai Bedadung dapat dilihat pada gambar 6. Dan untuk limpasan banjir terparah pada Sta 11 karena terjadi limpasan di kedua sisi tebingnya. Sedangkan untuk perbandingan hasil output aplikasi Hec-Ras versi 6.1 dengan kondisi eksisting pada lapangan dengan kondisi sebenarnya disajikan pada gambar 7.



Gambar 6. Profil Muka Air Sungai Bedadung
 Sumber : *Program Aplikasi Hec-Ras*



Gambar 7. Profil Melintang River Sta 11 Dengan Foto Kondisi Eksisting
 Sumber : *Program Aplikasi Hec-Ras*

Tabel 16. Hasil Perhitungan Hidrolika Menggunakan Hec-Ras 6.1

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch Elevation (m)	W.S. Elev (m)	Cent W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude #
Reach 1	13	Max WS	399.34	115.20	120.23	120.55	0.002315	2.54	164.53	49.31	0.41	
Reach 1	12	Max WS	399.31	115.10	120.16	120.35	0.001217	1.95	213.69	58.45	0.31	
Reach 1	11	Max WS	399.25	115.00	119.94	120.20	0.001782	2.27	188.08	63.20	0.37	
Reach 1	10	Max WS	399.16	114.89	119.45	119.95	0.003188	3.16	130.77	43.89	0.53	
Reach 1	9	Max WS	399.05	114.71	118.75	119.43	0.005574	3.64	109.74	32.44	0.63	
Reach 1	8	Max WS	398.85	114.45	118.48	118.90	0.003635	2.90	137.55	40.36	0.50	
Reach 1	7	Max WS	398.82	114.21	117.56	118.32	0.008404	3.86	103.23	37.56	0.74	
Reach 1	6	Max WS	398.77	113.05	116.36	117.28	0.011500	4.24	93.99	37.03	0.85	
Reach 1	5	Max WS	398.62	112.31	115.20	116.06	0.012405	4.11	96.93	43.54	0.88	
Reach 1	4	Max WS	398.30	110.91	114.75	115.21	0.004209	3.00	136.44	51.73	0.54	
Reach 1	3	Max WS	398.27	110.53	114.27	114.78	0.004094	3.17	125.60	42.83	0.59	
Reach 1	2	Max WS	398.21	109.45	113.86	114.35	0.004402	3.11	127.86	39.49	0.55	
Reach 1	1	Max WS	398.15	109.35	113.33	112.16	0.005000	3.27	121.91	37.64	0.58	

Sumber : *Program Aplikasi Hec-Ras*

Dengan rekapitulasi tinggi muka air banjir disajikan pada tabel 17.

Tabel 17. Rekapitulasi Tinggi Muka Air Banjir (Eksisting)

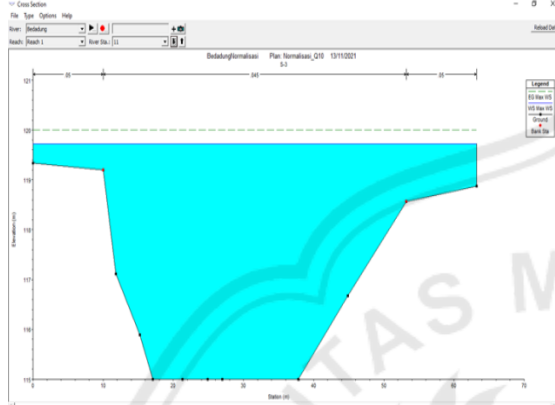
River Sta	Elevasi Muka Air Banjir	Elevasi Tebing Kiri	Tinggi Banjir (m)	Keterangan	Elevasi Tebing Kanan	Tinggi Banjir (m)	Keterangan
13	120.23	118.78	1.45	Meluber	120.72	-	Aman
12	120.16	121.23	-	Aman	118.56	1.6	Meluber
11	119.94	119.20	0.74	Meluber	118.56	1.38	Meluber
10	119.45	120.94	-	Aman	118.61	0.84	Meluber
9	118.75	119.78	-	Aman	120.24	-	Aman
8	118.48	118.76	-	Aman	119.78	-	Aman
7	117.56	119.76	-	Aman	118.23	-	Aman
6	116.36	119.32	-	Aman	117.21	-	Aman
5	115.2	118.23	-	Aman	116.53	-	Aman
4	114.75	115.10	-	Aman	114.12	0.63	Meluber
3	114.27	116.21	-	Aman	114.38	-	Aman
2	113.86	115.34	-	Aman	113.93	-	Aman
1	113.33	113.78	-	Aman	113.41	-	Aman

Sumber : *Pengolahan Data 2021*

• **Rencana Penanggulangan**

- Normalisasi

Rencana penanggulangan pertama yang dilakukan yaitu perbaikan dasar sungai untuk melihat kondisi sungai setelah dilakukannya normalisasi. Diambil contoh pada Sta 11.



Gambar 8. Profil Melintang River Sta 11 (normalisasi)

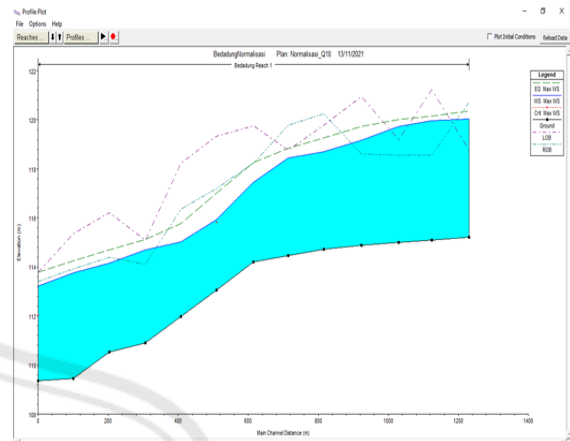
Sumber : Program Aplikasi Hec-Ras

Dengan volume galian untuk normalisasi disajikan pada tabel 18.

Tabel 18. Volume Galian Normalisasi

STA	Jarak (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)
1		3.6	363.6
	101		
2		4.6	469.2
	102		
3		1.2	123.6
	103		
4		9.5	969
	102		
5		14.3	1501.5
	105		
6		8.6	903
	105		
7		1.5	148.05
	98.7		
8		5.9	601.8
	102		
9		12.5	1350
	108		
10		5.3	561.8
	106		
11		5.3	501.91
	94.7		
12		6.6	699.6
	106		
13		4	0

Sumber : Pengolahan Data 2021



Gambar 9. Profil Muka Air Sungai Bedadung (Normalisasi)

Sumber : Program Aplikasi Hec-Ras

Dengan hasil rekapitulasi tinggi muka air banjir disajikan pada tabel 19.

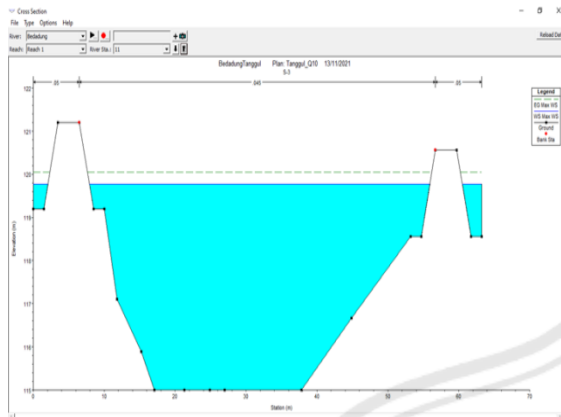
Tabel 19. Rekapitulasi Tinggi Muka Air Banjir (Normalisasi)

River Sta	Elevasi Muka Air Banjir	Elevasi Tebing Kiri	Tinggi Banjir (m)	Keterangan	Elevasi Tebing Kanan	Tinggi Banjir (m)	Keterangan
13	120.02	118.78	1.24	Meluber	120.72	-	Aman
12	119.96	121.23	-	Aman	118.56	1.4	Meluber
11	119.72	119.20	0.52	Meluber	118.56	1.16	Meluber
10	119.17	120.94	-	Aman	118.61	0.56	Meluber
9	118.7	119.78	-	Aman	120.24	-	Aman
8	118.44	118.76	-	Aman	119.78	-	Aman
7	117.45	119.76	-	Aman	118.23	-	Aman
6	115.94	119.32	-	Aman	117.21	-	Aman
5	115.03	118.23	-	Aman	116.53	-	Aman
4	114.7	115.10	-	Aman	114.12	0.58	Meluber
3	114.15	116.21	-	Aman	114.38	-	Aman
2	113.75	115.34	-	Aman	113.93	-	Aman
1	113.22	113.78	-	Aman	113.41	-	Aman

Sumber : Pengolahan Data 2021

- Penambahan Tanggul

Ada beberapa titik yang harus dilakukan penanganan dengan memberi tanggul yaitu pada Sta 13, 12, 11, 10 dan 4. Berikut ini adalah contoh profil penampang melintang yang terjadi limpasan muka air di kedua sisi tebingnya yaitu pada Sta 11.

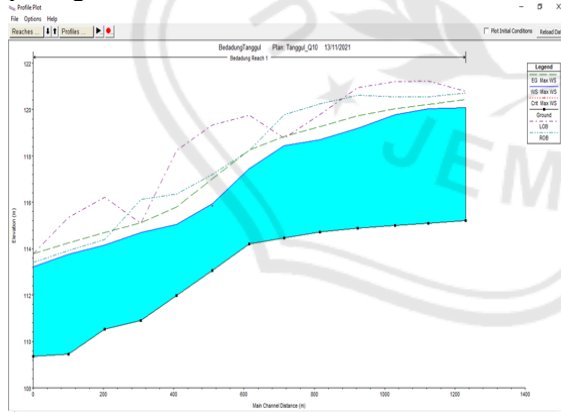


Gambar 10. Profil Melintang River Sta 11 (Tanggul)

Sumber : Program Aplikasi Hec-Ras

Untuk penambahan tanggul diambil dari elevasi muka air tertinggi yaitu pada River Sta 11 setinggi 1,16 meter yang akan digunakan untuk seluruh Sta yang mengalami limpasan. Direncanakan untuk tinggi tanggul 1,2 meter dengan tinggi jagaan 0,8 meter dan lebar mercu tanggul 3 meter, parameter yang digunakan diambil sesuai dengan ketentuan (Sosrodarsono, 1994) dan untuk kemiringan lereng direncanakan 1 : 1.

Sedangkan untuk hasil profil memanjang dan rekapitulasi tinggi muka air banjir dapat setelah diberikan tambahan tanggul disajikan pada gambar 11 dan tabel 20.



Gambar 11. Profil Memanjang Sungai Bedadung (Tanggul)

Sumber : Program Aplikasi Hec-Ras

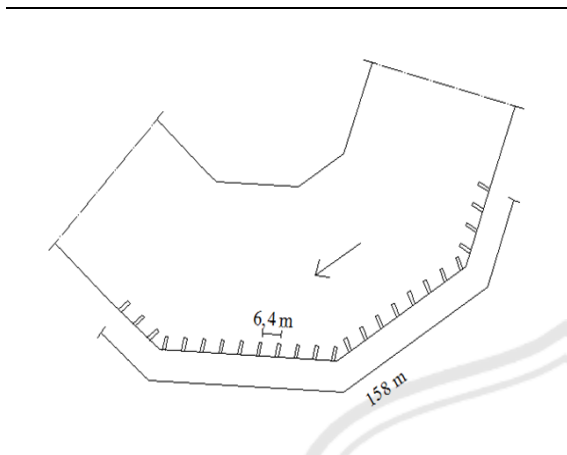
Tabel 20. Rekapitulasi Tinggi Muka Air Banjir (Tanggul)

River Sta	Elevasi Muka Air Banjir	Elevasi Tebing Kiri	Tinggi Banjir (m)	Keterangan	Elevasi Tebing Kanan	Tinggi Banjir (m)	Keterangan
13	120.02	120.78	-	Aman	120.72	-	Aman
12	119.96	121.23	-	Aman	120.56	-	Aman
11	119.72	121.20	-	Aman	120.56	-	Aman
10	119.17	120.94	-	Aman	120.78	-	Aman
9	118.7	119.78	-	Aman	120.24	-	Aman
8	118.44	118.76	-	Aman	119.78	-	Aman
7	117.45	119.76	-	Aman	118.23	-	Aman
6	115.94	119.32	-	Aman	117.21	-	Aman
5	115.03	118.23	-	Aman	116.53	-	Aman
4	114.7	115.10	-	Aman	116.12	-	Aman
3	114.15	116.21	-	Aman	114.38	-	Aman
2	113.75	115.34	-	Aman	113.93	-	Aman
1	113.22	113.78	-	Aman	113.41	-	Aman

Sumber : Pengolahan Data 2021

- Bangunan Krib
 - Penambahan Krib sungai digunakan untuk mengurangi gerusan pada tebing yang berada pada tikungan sungai. Data yang digunakan untuk penambahan bangunan krib yaitu :
 - Lebar sungai (B) : 43,2 meter
 - Nilai I/B < 10%
 Dalam perencanaan ini digunakan nilai I/B diambil = 8%, dengan menggunakan rumus :
 - Panjang Krib (I) : $8\% \times B$
: $8\% \times 50 \text{ m}$
: 4 m
 - Interval Krib (D) : $1,6 \times I$
: $1,6 \times 4$
: 6,4 m
 - Panjang tikungan luar : 158 m
 - Jumlah Krib : $158 / 6,4$
: 24,7 buah
(Diambil 25 buah)
 - Tinggi Mercu Ujung Krib : $0,5 + 6$
: 6,5 m

Untuk gambar tampak atas pemasangan krib direncanakan pada belokan luar pada belokan terakhir sungai bedadung jember dengan kemiringan 10° (Sosrodarsono, 2009).



Gambar 12. Pemasangan Krib Pada Belokan Luar Sungai
 Sumber : *Desain Autocad 2021*

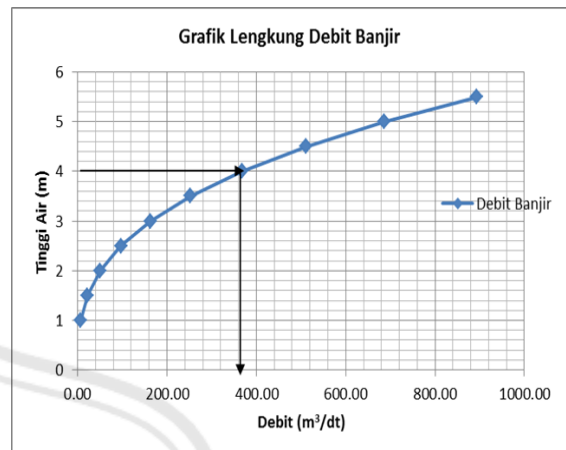
• **Kesesuaian Hasil Output Program Dengan Kondisi Di Lapangan**

Sungai Bedadung Jember pernah satu kali terjadi banjir pada tahun 2020 untuk kontrol hasil kesesuaian output aplikasi dengan kondisi di lapangan yang sebenarnya dilakukan validasi terhadap debit observasi pada saat kondisi banjir 2020 dengan debit banjir teoritis hasil dari perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu. Untuk hasil perhitungan hasil debit banjir observasi disajikan pada tabel 21 sedangkan untuk grafik lengkung debit banjir disajikan pada gambar 13.

Tabel 21. Hasil Perhitungan Tinggi Air Banjir Observasi

No.	H	B	m	A	P	R	n	I	V	Q
	(m)	(m)		(m ²)	(m)	(m)			(m/dt)	(m ³ /dt)
1	1	39.2	0.75	39.950	41.700	0.958	0.045	0.05	0.170	6.79
2	1.5	39.2	0.75	60.488	42.950	1.408	0.045	0.05	0.367	22.22
3	2	39.2	0.75	81.400	44.200	1.842	0.045	0.05	0.628	51.13
4	2.5	39.2	0.75	102.688	45.450	2.259	0.045	0.05	0.945	97.07
5	3	39.2	0.75	124.350	46.700	2.663	0.045	0.05	1.313	163.27
6	3.5	39.2	0.75	146.388	47.950	3.053	0.045	0.05	1.726	252.66
7	4	39.2	0.75	168.800	49.200	3.431	0.045	0.05	2.180	367.95
8	4.5	39.2	0.75	191.588	50.450	3.798	0.045	0.05	2.671	511.66
9	5	39.2	0.75	214.750	51.700	4.154	0.045	0.05	3.195	686.16
10	5.5	39.2	0.75	238.288	52.950	4.500	0.045	0.05	3.750	893.67

Sumber : *Pengolahan Data 2021*



Gambar 13. Grafik Lengkung Debit Banjir
 Sumber : *Pengolahan Data 2021*

Dari output tabel dan gambar grafik didapatkan nilai debit banjir sebesar 367,95 m³/detik dengan kondisi pada saat terjadi banjir di ketinggian 4 m. sedangkan untuk debit banjir teoritis HSS Nakayasu sebesar 401,02 m³/detik. Sedangkan untuk validasi titik banjir observasi dapat dilihat pada hasil output tabel 22 dan untuk hasil output teoritis dapat dilihat pada tabel 23.

Tabel 22. Tabel Output Hasil Hec-Ras Observasi

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch E	W.S. Elev	Ch W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Ch	Flow Area	Top Width	Froude #	Chi
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)		
Reach 1	13	PF 1	367.95	115.20	120.06		120.36	0.002275	2.46	156.28	49.04	0.41	
Reach 1	12	PF 1	367.95	115.10	119.97		120.15	0.001205	1.89	202.58	58.14	0.30	
Reach 1	11	PF 1	367.95	115.00	119.76		120.01	0.001804	2.21	176.58	63.20	0.37	
Reach 1	10	PF 1	367.95	114.89	119.24		119.73	0.003309	3.11	121.48	43.84	0.53	
Reach 1	9	PF 1	367.95	114.71	118.61		119.24	0.006233	3.50	105.23	31.64	0.61	
Reach 1	8	PF 1	367.95	114.45	118.28		118.69	0.003703	2.84	129.69	40.02	0.50	
Reach 1	7	PF 1	367.95	114.21	117.40		118.13	0.008560	3.79	97.18	37.05	0.75	
Reach 1	6	PF 1	367.95	113.05	116.29	115.96	117.12	0.010683	4.03	91.36	36.87	0.82	
Reach 1	5	PF 1	367.95	112.31	115.00	114.85	115.88	0.013611	4.17	88.27	41.72	0.92	
Reach 1	4	PF 1	367.95	110.91	114.60		115.03	0.004267	2.93	128.37	51.61	0.54	
Reach 1	3	PF 1	367.95	110.53	114.10		114.59	0.004162	3.10	118.53	42.35	0.59	
Reach 1	2	PF 1	367.95	109.45	113.68		114.15	0.004402	3.04	120.96	38.75	0.55	
Reach 1	1	PF 1	367.95	109.35	113.15	112.02	113.67	0.005003	3.19	115.22	36.82	0.58	

Sumber : *Pengolahan Data 2021*

Tabel 23. Tabel Output Hasil Hec-Ras Teoritis

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)	Frroude # Ch
Reach 1	13	Max WS	399.34	115.20	120.23		120.35	0.002315	2.54	164.53	49.31	0.41
Reach 1	12	Max WS	399.31	115.10	120.16		120.35	0.001217	1.95	213.69	58.45	0.31
Reach 1	11	Max WS	399.25	115.00	119.94		120.20	0.001782	2.27	188.08	63.20	0.37
Reach 1	10	Max WS	399.16	114.89	119.45		119.95	0.003188	3.16	130.77	43.89	0.53
Reach 1	9	Max WS	399.05	114.71	118.75		119.43	0.006574	3.64	109.74	32.44	0.63
Reach 1	8	Max WS	398.85	114.45	118.48		118.90	0.003635	2.90	137.55	40.36	0.50
Reach 1	7	Max WS	398.82	114.21	117.56		118.32	0.008404	3.86	103.23	37.56	0.74
Reach 1	6	Max WS	398.77	113.05	116.36		117.28	0.011500	4.24	93.99	37.03	0.85
Reach 1	5	Max WS	398.62	112.31	115.20		116.06	0.012405	4.11	96.93	43.54	0.88
Reach 1	4	Max WS	398.30	110.91	114.75		115.21	0.004209	3.00	136.44	51.73	0.54
Reach 1	3	Max WS	398.27	110.53	114.27		114.78	0.004094	3.17	125.60	42.83	0.59
Reach 1	2	Max WS	398.21	109.45	113.86		114.35	0.004402	3.11	127.86	39.49	0.55
Reach 1	1	Max WS	398.15	109.35	113.33	112.16	113.88	0.009000	3.27	121.91	37.64	0.58

Sumber : *Pengolahan Data 2021*

Dilihat dari hasil output tabel aplikasi HEC-RAS perbandingan antara debit observasi lapangan dengan debit teoritis hasil HSS Nakayasu didapatkan titik luapan banjir yang sama pada River Sta 13, 12, 11, 10 dan 4 dengan selisih kenaikan muka air banjir ± 20 cm. Permodelan menggunakan program aplikasi *HEC-RAS* sangat membantu untuk memodelkan aliran Sungai Bedadung Jember, penulis juga melakukan survey dilapangan untuk mencocokkan hasil dari output program *HEC-RAS*.

5. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan analisa dari pembahasan yang sudah dilakukan dalam penelitian ini, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Debit banjir puncak Sungai Bedadung pada lokasi penelitian didapatkan dari hasil perhitungan sebesar 401,02 m³/s dengan periode ulang 10 tahun.
2. Sesuai hasil analisa kapasitas penampang Sungai Bedadung dengan bantuan program *HEC-RAS* versi 6.1, didapatkan beberapa titik yang mengalami banjir yaitu pada Sta 13, 12, 11, 10, dan 4. Banjir terparah terjadi pada River Sta 11 yang mengalami limpasan di kedua sisi tebingnya dengan tebing kiri setinggi 0,74 m dan tebing kanan 1,38 m.
3. Alternatif solusi penanggulangan yang dilakukan yaitu normalisasi untuk dasar sungai bedadung tetapi untuk penurunan tinggi muka air banjir tidak terlalu signifikan, untuk penanggulangan

berikutnya dengan penambahan tanggul setinggi 2 m dengan jagaan, lebar mercu 3 m, dengan kemiringan lereng 1:1. Sedangkan untuk mengurangi gerusan pada tebing sungai ditambahkan bangunan krib sebanyak 25 buah dengan panjang krib 4 m dan jarak antar krib 6,4 m.

B. Saran

1. Perlu melakukan pengecekan dan pemeliharaan sungai secara rutin dan berkala supaya jika sungai mengalami masalah dapat segera dilakukan penanganan yang sesuai, agar sungai dapat berfungsi secara optimal.
2. Perlu dilakukannya perbaikan tata guna lahan pada bagian hulu sungai supaya mengurangi debit yang mengalir di bagian hilir.
3. Perlu dilakukannya perhitungan perencanaan tanggul dan krib secara detail untuk mengetahui keefektifan dan kekuatan stabilitas pada bangunan air tersebut.
4. Untuk kontrol hasil dan kesesuaian hasil output software disarankan untuk meninjau langsung dilapangan dengan menggunakan data debit jam-jaman.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anto, Wiji. (2019). "*Analisis dan Evaluasi Kapasitas Penampang Sungai Jatiroto Dengan Menggunakan Program HEC – RAS 4.1*", Jember.
- Jr, Ray K. Linsley, dkk. (1989). *Hidrologi untuk Insinyur*. Penerjemah Yandi Hermawan. Erlangga, Jakarta.
- Kodoatie, J.R. dan Syarief, R. (2005). "*Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*". Andi Offset, Yogyakarta.
- Kodoatie, Robert J. (2013). *Rekayasa dan Manajemen Banjir Kota*. Yogyakarta : Andi.
- Kusuma, Agung Tejo. (2016). "*Analisis dan Evaluasi Kapasitas Sungai Sampean Bondowoso Dengan Menggunakan Program HEC – RAS 4.1*", Jember.
- Marta, J dan Adidarma, W. (1983). *Mengenal Dasar-Dasar Hidrologi*. Bandung: Nova.
- N. Danapriatna, and R. Setiawan. (2005) *Pengantar Statistika*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Rachmad Jayadi. (2000). *Hidrologi I, Pengenalan Hidrologi, Diktat Kuliah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.*

Seyhan, Ersin. (1990). *Dasar – Dasar Hidrologi. Edisi Indonesia.* Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

Singh, V.P. (1992). *Elementary hydrology.* Pearson College Division.

Soemarto, C.D. (1987). *Hidrologi Teknik,* Penerbit Erlangga, Jakarta.

Soemarto, C.D. (1999). *Hidrologi Teknik.* Jakarta, Erlangga.

Soewarno. (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data.* Bandung, Nova.

Sosrodarsono, S. dan K. Takeda. (1987). *Hidrologi untuk Pengairan.* PT. Pradnya Paramita. Jakarta.

Sosrodarsono, S. dan Tominaga, M. (1994). *Perbaikan dan Pengaturan Sungai.* PT.Pradnya Paramita. Jakarta.

Sosrodarsono, S. dan Tominaga, M. (2009). *Perbaikan dan Pengaturan Sungai.* PT.Pradnya Paramita. Jakarta.

Sri Harto Br. (2000), *Hidrologi Teori Masalah Penyelesaian,* Nafiri Offset, Yogyakarta.

Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan.* Yogyakarta : ANDI Offset.

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

Wilson, E. M. (1972). *Engineering Hydrology.* Mc-Millan, London.