

Desain Kapasitas Penampang Dan Analisa Anggaran Biaya Normalisasi Sungai Sampean Kabupaten Bondowoso

Sampean River Normalization Cost Capacity Design And Budget Analysis Bondowoso District

Rangga Ade Putra¹; Nanang Saiful Rizal^{2*}; Totok Dwi Kuryanto³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email : ranggaadeputra99@gmail.com

²Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember* Koresponden Author
Email : nanangsaifulrizal@unmuhjember.ac.id

³Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email : totok@unmuhjember.com

Abstrak

Sungai induk yang melewati Kabupaten Bondowoso adalah Sungai Sampean. Debit banjir puncak Sungai Sampean pada lokasi penelitian didapatkan dari hasil perhitungan sebesar 798,51 m³/s dengan periode ulang 25 tahun. Sesuai hasil analisa kapasitas penampang Sungai Sampean dengan bantuan program HEC-RAS versi 6.2, didapatkan beberapa titik yang mengalami banjir yaitu pada Sta 14, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 5, 4, dan 3. Banjir terparah terjadi pada River Sta 10 yang mengalami limpasan di kedua sisi tebingnya dengan tebing kiri setinggi 1,27 m dan tebing kanan setinggi 1,17 m. Langkah yang dapat diambil guna mengatasi titik genangan banjir pada daerah penelitian yaitu dengan cara normalisasi sungai. Dengan cara mengeruk dasar sungai dan melebarkan sungai dapat menurunkan tinggi muka air secara efektif, sehingga tidak terjadi genangan atau luapan air. Biaya yang dibutuhkan untuk melakukan pekerjaan normalisasi dan pembangunan dinding penahan tanah adalah senilai Rp. 22,671,066,000.00 (Dua Puluh Dua Milyar Enam Ratus Tujuh Puluh Satu Juta Enam Puluh Enam Ribu Rupiah). Biaya yang dibutuhkan untuk mengganti kerugian tanah atau lahan masyarakat yang terdampak banjir adalah senilai Rp. 2.024.147.000 (Dua miliar dua puluh empat juta seratus empat puluh tujuh ribu rupiah).

Keywords : *Hidrologi; Hec-Ras; Rencana Anggaran Biaya (RAB)*

Abstrack

The main river that passes through Bondowoso Regency is the Sampean River. The peak flood discharge of the Sampean River at the study site was obtained from the calculation results of 798.51 m³/s with a return period of 25 years. In accordance with the results of the analysis of the cross-sectional capacity of the Sampean River with program assistance HEC-RAS version 6.2, several points experienced flooding, namely at Sta 14, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 5, 4, and 3. The worst flooding occurred at River Sta 10 which experienced runoff on both sides of the cliff with the left cliff is 1.27 m high and the right cliff is 1.17 m high. Steps that can be taken to overcome flood inundation points in the study area are by way of normalizing the river. By dredging the riverbed and widening the river, it can effectively lower the water level, so that no inundation or overflow occurs. The cost required to carry out normalization work and construction of retaining walls is Rp. 28,375,638,000.00 (Twenty Eight Billion Three Hundred Seventy Five Million Six Hundred Thirty Eight Thousand Rupiah). The cost required to replace the loss of land or community land affected by the flood is Rp. 2,024,147,000 (two billion twenty four million one hundred forty seven thousand rupiah).

Keywords : *Hydrology; Hec-Ras; Budget Plan*

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bondowoso merupakan salah satu kota yang berada di Provinsi Jawa Timur yang dilewati oleh aliran sungai. Sungai induk yang melewati Kabupaten Bondowoso adalah Sungai Sampean. Daerah yang rawan banjir pada wilayah Kabupaten Bondowoso, khususnya kawasan-kawasan yang berada di sepanjang aliran Sungai Sampean. Banjir yang terjadi bisa disebabkan oleh beberapa kemungkinan. Antara lain adalah karena kiriman dan genangan. Banjir kiriman disebabkan karena peningkatan debit air sungai yang mengalir dan berkurangnya kapasitas pengaliran atau daya tampung pada saluran sungai. Sehingga air sungai meluap dan menggenangi daerah disekitarnya. Banjir jenis ini juga bisa diakibatkan oleh adanya aliran air yang cukup kencang yang berasal dari dataran tinggi yang tidak mampu di tampung oleh saluran air (sungai) di dataran rendah. Sedangkan banjir genangan disebabkan oleh kenaikan air laut yang semakin lama akan mengalir dan menggenangi dataran rendah.

Berdasarkan uraian diatas, maka perlu dilakukan analisa mengenai kapasitas penampang dinding penahan tanah Sungai Sampean yang ada Kota Bondowoso untuk mengetahui berapa besar kenaikan muka air banjir di sungai tersebut dan bagaimana langkah yang akan dilakukan sebagai upaya penyelesaian masalah banjir tersebut. Dalam hal ini akan dilakukan analisa debit banjir di DAS Sampean dengan menggunakan program *HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System)* versi 6.2.

B. Rumusan Masalah

Sesuai dengan latar belakang, maka dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kondisi kapasitas penampang sungai pada saat berada di puncak debit banjir yang terjadi di Sungai Sampean Kabupaten Bondowoso ?
2. Langkah apa yang dapat dilakukan untuk mengatasi titik genangan banjir pada daerah penelitian ?

3. Berapakah biaya yang dibutuhkan untuk melakukan pekerjaan normalisasi sungai dan pembangunan dinding penahan tanah, beserta biaya yang dibutuhkan untuk mengganti kerugian lahan masyarakat yang terdampak luapan banjir sebelum dilakukan normalisasi sungai ?

C. Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini, adapun hal-hal yang perlu dibatasi :

1. Studi kasus ini hanya meninjau Sungai Sampean sepanjang 1,3 km. Diukur dari Bendung Sampean Baru menuju arah hulu sungai.
2. Menganalisa lokasi penelitian ditinjau dengan menggunakan program aplikasi *HEC-RAS 6.2*.
3. Tidak memperhitungkan sedimentasi atau pendangkalan sungai.
4. Data yang dibutuhkan didapatkan dari data primer dan data sekunder Sistem aliran drainase tertutup.
5. Dinding Penahan Tanah yang dibangun hanya pada titik sungai yang masih melimpas setelah di lakukan normalisasi.

D. Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini antara lain :

1. Menganalisa debit banjir puncak yang terjadidi Sungai Sampean Kabupaten Bondowoso.
2. Mengevaluasi kapasitas tampungan penampang Sungai Sampean dengan program aplikasi *HEC-RAS 6.2*.
3. Memberi solusi dalam menanggulangi titik genangan banjir yang terjadi pada Sungai Sampean.
4. Menghitung rencana anggaran biaya yang dibutuhkan untuk normalisasi sungai dengan di tambahkan bangunan Dinding Penahan Tanah. Dan juga menghitung biaya untuk mengganti kerugian tanah atau lahan masyarakat yang terdampak banjir sebelum dilakkan normalisasi.

E. Manfaat

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah :

1. Dengan bantuan program *HEC-RAS 6.2*, dapat membantu memodelkan aliran sungai sesuai dengan kondisi lapangan secara efisien.
2. Memberi informasi dengan detail mengenai kapasitas penampang Sungai Sampean.
3. Memberikan solusi dalam penanggulangan titik banjir yang terjadi pada Sungai Sampean.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Analisa Hidrologi

1. Hidrologi

Secara umum Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari masalah keberadaan air di bumi (siklus air) dan hidrologi memberikan alternatif bagi pengembangan sumber daya air bagi pertanian dan industri. Menurut *Federal Council for science and technollogy USA 1959*, Hidrologi merupakan ilmu yang mempelajari proses terjadi, peredaran dan distribusi, sifat alam dan kimia air di bumi serta reaksinya terhadap lingkungan dan hubungannya dengan kehidupan. Sedangkan pengertian hidrologi menurut Ray K. Linsley dan Yandi Hermawan (1986), konsep hidrologi merupakan ilmu yang berhubungan dengan air di bumi tentang mengenai peristiwa, sirkulasi serta distribusinya, sifat fisika serta kimia lalu respon pada lingkungan yang termasuk keterikatannya berdasarkan kehidupan.

2. Curah Hujan

Curah Hujan (*Presipitasi*) ialah istilah yang sering digunakan untuk menyatakan uap air yang mengkondensasi dan jatu dari atmosfer ke bumi dalam segala bentuknya dalam rangkaian siklus hidrologi (Suripin, 2004). Jika uap air yang jatuh berbentuk cair disebut hujan (*rainfall*) dan jika berbentuk padat disebut salju (*snow*). Hujan merupakan faktor terpenting dalam analisis hidrologi. Kejadian hujan dapat dipisahkan menjadi dua kelompok, yaitu hujan aktual dan hujan rancangan.

3. Analisa rekuensi

Analisa frekuensi ialah analisa data hidrologi yang menggunakan statistika dengan tujuannya digunakan sebagai perkiraan jumlah curah hujan selama periode ulang tertentu.

Parameter – parameter yang berhubungan dengan analisa data didalam statistik yaitu :

a. Harga Rata-Rata (*Mean*)

$$X = \frac{\sum R_i}{n}$$

b. Standard Deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (R_i - R)^2}{n-1}}$$

c. Koefisien Kemencengan (*Skewness*)

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)\sigma^3} \sum (R_i - R)^3$$

d. Koefisien Kurtosis (Ck)

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)\sigma^4} \sum (R_i - R)^4$$

e. Koefisien Variasi

$$C_v = \frac{s}{x}$$

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, Cv = 0,6
3	Distribusi Gumbel	Cs < 1,1396, Ck < 5,4002
4	Distribusi Log Pearson III	Cs < 0

Sumber : Soemarto, 1999

4. Uji Kesesuaian Distribusi

a. Uji *Chi-Square* / Uji Kuadrat

Uji *Chi Square* / Uji Chi Kuadrat digunakan untuk menguji apakah distribusi pengamatan dapat disamakan dengan baik oleh distribusi teoritis. Perhitungannya dengan menggunakan persamaan berikut :

$$X^2 = \sum_i^k \frac{(Of - Ef)^2}{Ef}$$

Dengan :

X² = Nilai *Chi Square*

K = Jumlah data

Of = Frekuensi yang dibaca pada kelas yang sama

Ef = Frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya

b. Uji *Smirnov Kolmogorof*

Uji *Smirnov Kolmogorof* adalah uji distribusi terhadap penyimpangan data ke arah horizontal untuk mengetahui suatu data sesuai dengan jenis sebaran teoritis yang dipilih atau tidak. Uji *Smirnov Kolmogorof* sering juga disebut uji kecocokan *non-parametric*, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

5. Koefisien Pengaliran (C)

Untuk menghitung debit banjir puncak, diperlukan data koefisien limpasan (*run off coefficient*). Koefisien limpasan ialah persentase banyaknya air yang bisa meluap melewati permukaan tanah dari jumlah total air hujan yang turun di kawasan. Semakin kedap permukaan tanah, maka semakin besar koefisien limpasannya. Nilainya tergantung pada sifat tanah, kemiringan lahan, dan jenis penutupan lahan.

Tabel 2. Koefisien pengaliran (C)

No.	Kondisi Daerah Aliran	Koefisien Aliran (C)
1	Permukiman Padat	0.40 – 0.60
2	Pegunungan	0.75 – 0.90
3	Persawahan	0.45 – 0.60
4	Perbukitan	0.70 – 0.80
5	Kebun	0.20 – 0.40
6	Industri	0.60 – 0.90
7	Jalan Beton dan Aspal	0.70 – 0.95
8	Hutan	0.20 – 0.35

Sumber : Soewarno, 1995

6. Analisa Debit Banjir Rencana Metode HSS Nakayasu

Adalah metode lama yang masih digunakan hingga sekarang untuk memperkirakan debit banjir puncak. Adapun rumus yang digunakan dalam metode ini adalah sebagai berikut :

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

Dengan :

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

R_o = Hujan satuan (mm)

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

A = Luas daerah pengaliran sampai outlet (km^2)

C = Koefisien pengaliran

7. Perhitungan Curah Hujan Efektif Periode Ulang

Distribusi hujan yang sering muncul di Indonesia berdasarkan hujan terkonsentrasi 6 jam, dikarenakan indonesia ialah negara dengan iklim tropis yang mempunyai 2 musim yaitu musim hujan serta musim kemarau. Perhitungan hujan rerata (R_t) sampai jam ke - t adalah :

$$R_{t_1} = (R_{24} / 6) \times (6 / 1)^{2/3} = 0,5438 \times R_{24}$$

$$R_{t_2} = (R_{24} / 6) \times (6 / 2)^{2/3} = 0,3442 \times R_{24}$$

$$R_{t_3} = (R_{24} / 6) \times (6 / 3)^{2/3} = 0,2633 \times R_{24}$$

$$R_{t_4} = (R_{24} / 6) \times (6 / 4)^{2/3} = 0,2178 \times R_{24}$$

$$R_{t_5} = (R_{24} / 6) \times (6 / 5)^{2/3} = 0,1880 \times R_{24}$$

$$R_{t_6} = (R_{24} / 6) \times (6 / 6)^{2/3} = 0,1667 \times R_{24}$$

B. Analisa Hidroloka

1. Hidrolika

Analisa hidrolika berfungsi guna menentukan profil penampang sungai saat kondisi sebenarnya terhadap banjir rancangan serta hasil pemantauan yang didapatkan. Analisa hidrolika digunakan di semua penampang sungai untuk memperoleh kondisi sungai dengan kondisi yang sebenarnya, yaitu untuk menentukan tempat mana saja yang terjadi luapan banjir dan titik mana saja yang tidak terjadi luapan banjir. Karena dengan analisa hidrolika bisa mengetahui tinggi muka air di sepanjang alur sungai yang diteliti atau profil memanjang sungainya.

2. *HEC-RAS*

HEC-RAS merupakan sebuah program aplikasi untuk memodelkan aliran sungai, *River Analysis System (RAS)*, yang dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center (HEC)* yang dimana satu divisi di dalam *Institute for Water Resource (IWR)*, dibawah *US Army Corps of Engineers (USACE)*.

C. Normalisasi

Normalisasi sungai ialah upaya yang dilaksanakan untuk memperbaiki bentuk penampang sungai, yaitu dengan cara melebarkan sungai serta menambah kedalaman sungai dengan cara menggali dasar sungai

supaya kapasitas sungai dapat bertambah untuk menampung debit banjir.

D. Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah lepas atau alami dan mencegah keruntuhan tanah yang miring atau lereng yang kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri. Tanah yang tertahan memberikan dorongan secara aktif pada struktur dinding sehingga struktur cenderung akan terguling atau akan tergeser. Fungsi dari dinding penahan tanah yaitu untuk menahan tanah serta mencegahnya dari kelongsoran. Baik akibat berat tanah itu sendiri, beban air hujan maupun akibat beban yang bekerja di atasnya.

1. Jenis – Jenis Dinding Penahan Tanah
 - a. Tipe Gravitasi (*Gravity Wall*)
 - b. Tipe Kantilever (*Cantilever Retaining Wall*)
 - c. Tipe *Counterfort*
 - d. Tipe *Buttress*
 - e. Tipe *Revetment*
2. Stabilitas Dinding Penahan Tanah
 - a. Stabilitas Terhadap Guling

$$FS_{\text{guling}} = \frac{\sum MR}{\sum Mo} > 1,5$$
 - b. Stabilitas Terhadap Geser

$$FS_{\text{geser}} = \frac{\sum FR}{\sum Fd} > 1,5$$

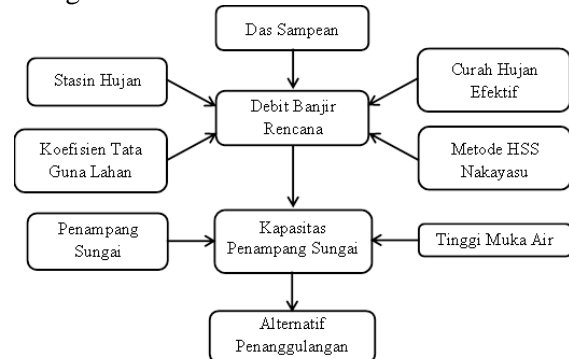
E. Rencana Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perkiraan nilai uang dari suatu kegiatan (proyek) yang telah memperhitungkan gambar-gambar bestek serta rencana kerja, daftar upah, daftar harga bahan, buku analisis, daftar susunan rencana biaya, serta daftar jumlah tiap jenis pekerjaan (J. A. Mukomoko, 1980). Sebelum proses pekerjaan normalisasi sungai dilaksanakan, dilakukan perhitungan rencana anggaran biaya terlebih dahulu. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui alat apa saja yang digunakan, durasi pekerjaan, dan tentunya jumlah biaya yang diperlukan untuk melaksanakan pekerjaan normalisasi sungai dan juga pembangunan dinding penahan tanah.

3. METODOLOGI PENELITIAN

A. Kerangka Konsep Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan penelitian yang telah dijelaskan di atas, maka di dapat kerangka konsep penelitian sebagai berikut :



Gambar 1. Kerangka Konsep Penelitian

Sumber : Pengolahan data, 2022

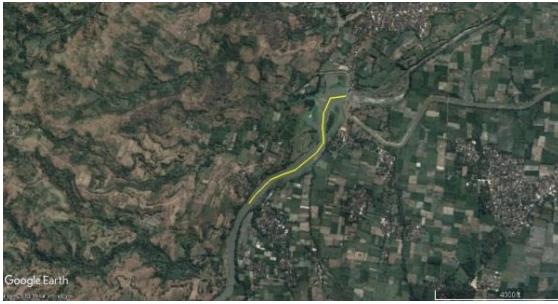
B. Hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan penelitian serta kerangka konsep penelitian yang telah dijelaskan di atas, maka dapat dikemukakan hipotesis sebagai berikut :

1. Banjir yang terjadi, diduga akibat dari debit banjir yang tinggi sehingga air meluap.
2. Diduga kapasitas penampang pada aliran Sungai Sampean tidak mampu menampung debit banjir yang datang.
3. Solusi penanggulangan yang dapat dilakukan yaitu dengan cara normalisasi sungai dan juga pembangunan dinding penahan tanah.

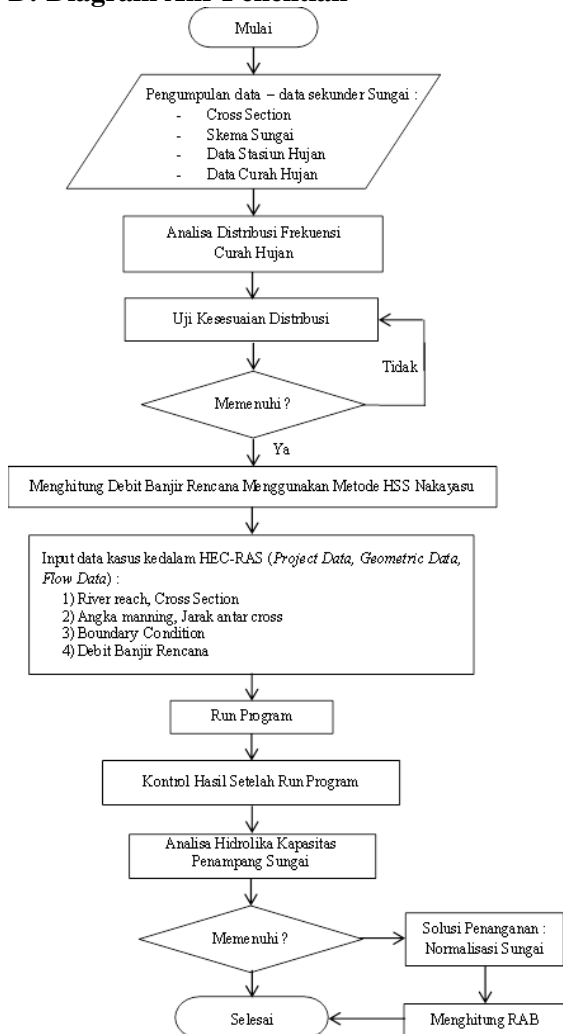
C. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini yaitu Sungai Sampean yang berada di Kabupaten Bondowoso. Ditinjau sepanjang 1,3 Km dari Bendungan Sampean Baru menuju ke arah hulu sungai, dengan titik koordinat 7°49'33.7" LS dan 113°56'14.4" BT sampai 7°49'58.3" LS dan 113°55'49.4" BT.



Gambar 2. Lokasi Penelitian
 Sumber : Google Earth, 2022

D. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian (*Flow Chart*)
 Sumber : Pengolahan data, 2022

E. Pengumpulan Data

Untuk melaksanakan penelitian ini, diperlukan beberapa data. Data didapat dari

berbagai sumber, berupa data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Data primer yang diperoleh langsung dari lapangan yang dijadikan sebagai data dasar. Data yang diperoleh berupa dokumentasi foto kondisi langsung di lokasi penelitian.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang sudah ada, yang dikumpulkan oleh lembaga atau instansi terkait. Dalam penelitian ini data sekunder didapat dari UPT. PSDA Kabupaten Bondowoso. Data tersebut diantaranya adalah data curah hujan, koordinat stasiun hujan, peta topografi dan peta DAS Sampean.

F. Memeriksa Kapasitas Tampungan

Kapasitas tampungan akan dimunculkan oleh program *HEC-RAS*. Apabila kapasitas sungai atau saluran mencukupi, maka penelitian dianggap telah selesai. Namun apabila permukaan air telah melebihi penampang sungai yang ada berarti kapasitas sungai atau saluran dapat dikatakan banjir.

G. Penanggulangan Banjir dengan Program *HEC-RAS*

Alternatif yang dapat digunakan untuk menanggulangi banjir pada Sungai Sampean menggunakan program *HEC-RAS* dapat dilakukan dengan cara normalisasi sungai dengan metode pengerukan tanah yang ada pada dasar sungai.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa dan Evaluasi Kapasitas Penampang Sungai Sampean

Pada pembahasan kali ini, penulis akan menganalisa kapasitas penampang pada Sungai Sampean Bondowoso, dengan panjang sungai yang diteliti $\pm 1,3$ Km di ukur dari Bendung Sampean Baru menuju ke arah hulu sungai.

Debit yang akan digunakan adalah debit banjir dengan kala ulang 25 Tahun. Untuk melakukan evaluasi kapasitas penampang Sungai Sampean, penulis menggunakan program bantuan *HEC-RAS* versi 6.2.

B. Analisa Hidrologi

1. Persiapan Data-Data Curah Hujan

Tabel 3. Rekapitulasi Data Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan di 4 Stasiun

CURAH HUJAN HARIAN MAKSIMUM (mm)					
No	Tahun	Taal	Bluncong	Wonoboyo	Wonosari 1
		R1	R2	R3	R4
1	2011	45.0	95.0	100.0	44.0
2	2012	60.0	92.0	50.0	92.0
3	2013	169.0	205.0	130.0	132.0
4	2014	44.0	90.0	60.0	118.0
5	2015	65.0	133.0	60.0	118.0
6	2016	87.0	84.0	150.0	83.0
7	2017	73.0	123.0	100.0	65.0
8	2018	94.0	190.0	120.0	76.0
9	2019	133.0	147.0	60.0	107.0
10	2020	59.0	120.0	80.0	93.0
Rerata		82.9	127.9	91.0	92.8

Sumber: Hasil Perhitungan, 2021

2. Analisa Curah Hujan

Untuk menghitung hujan maksimum rata-rata pertahun dari 4 stasiun, penulis menggunakan metode *Polygon Thiessen*. Untuk mencari luas area, penulis menggunakan program aplikasi *Google Earth*.



Gambar 4. *Polygon Thiessen* Menggunakan *Google Earth*

Sumber : Aplikasi *Google Earth*, 2022

Tabel 4. Luas Area Poligon

No.	Nama Stasiun Hujan	Luas Area Poligon (Km ²)
1	Ta'al	433.56
2	Bluncong	144.04

3	Wonoboyo	69.02
4	Wonosari 1	555.81

Sumber : Hasil Perhitungan, 2022

3. Analisa Hujan Rancangan

Untuk menentukan metode yang sesuai, maka terlebih dahulu harus dihitung besarnya parameter statistik yaitu koefisien kemencengan (*Skewness*) atau C_s dan koefisien kepuncakan (*Kurtosis*) atau C_k .

Tabel 5. Rekapitulasi Curah Hujan Tahun 2011-2020

No.	Tahun	R_i	P	$(R_i - R)$	$(R_i - R)^2$	$(R_i - R)^3$	$(R_i - R)^4$
1	2011	53.68	9.09	-39.65	1571.91	-62322.26	2470913.6
2	2012	78.05	18.18	-15.28	233.50	-3568.07	54522.8
3	2013	153.97	27.27	60.64	3677.13	222978.44	13521259.8
4	2014	84.63	36.36	-8.70	75.64	-657.87	5721.7
5	2015	97.36	45.45	4.03	16.21	65.24	262.7
6	2016	88.41	54.55	-4.92	24.24	-119.37	587.8
7	2017	76.84	63.64	-16.49	271.93	-4484.17	73945.1
8	2018	98.67	72.73	5.34	28.52	152.30	813.3
9	2019	118.47	81.82	25.14	631.87	15883.16	399253.9
10	2020	83.23	90.91	-10.10	102.07	-1031.20	10418.1
Jumlah		933.317			6633.02	166896.20	16537698.8
Rerata/R		93.332					

Sumber : Pengolahan data, 2022

Langkah selanjutnya adalah analisa distribusi frekuensi dari data rekapitulasi curah hujan, dengan perhitungan sebagai berikut :

a. Harga Rata-Rata (*Mean*)

$$R = \frac{\sum R_i}{n} = \frac{933,317}{10} = 93,332 \text{ mm}$$

b. Standard Deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (R_i - R)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{6633,02}{10-1}} = 27,148 \text{ mm}$$

c. Koefisien Kemencengan (*Skewness*)

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)\sigma^3} \sum (R_i - R)^3 = \frac{10}{(10-1)(10-2) 27,148^3} 166896,20 = 1,159 \text{ mm}$$

d. Koefisien Kurtosis (Ck)

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)\sigma^3} \sum (R_i - R)^4$$

$$= \frac{10^2}{(10-1)(10-2)(10-3)27,148^3}$$

$$= 2,306 \text{ mm}$$

e. Koefisien Variasi

$$C_v = \frac{s}{x}$$

$$= \frac{27,148}{93,332}$$

$$= 0,291$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai sebagai berikut :

- Nilai Koefisien Kemencengan (Cs) = 27,148 mm
- Nilai Koefisien Kurtosis (Ck) = 2,306 mm

Tabel 6. Kriteria Pemilihan Distribusi

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Normal	Cs = 0	Cs = 1,159	Tidak Memenuhi
		Ck = 3	Ck = 2,306	
2	Log Normal	Cs = 3	Cs = 1,159	Tidak Memenuhi
		Cv = 0,6	Cv = 0,291	
3	Gumbel	Cs < 1,1396	Cs = 1,159	Tidak Memenuhi
		Ck < 5,4002	Ck = 2,306	
4	Log Pearson III	Tanpa batasan	Cs = 1,159	Memenuhi
		Tanpa batasan	Ck = 2,306	

Sumber : Hasil perhitungan, 2022

4. 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 7.** Perhitungan Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi *Chi-Square*

Batas Kelas	Fe	Ft	Fe - Ft	(Fe-Ft) ² /Ft
0 - 73.800	1	2.5	-1.5	0.90
73.800 - 89.243	5	2.5	2.5	2.50
89.243 - 109.078	2	2.5	-0.5	0.10
> 109.078	2	2.5	-0.5	0.10
	10	10		3.60

Sumber : Hasil perhitungan, 2022

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai *Chi-Square* (X²) hitung sebesar 3,60, dan nilai X² Kritis sebesar 3,841. Karena nilai X² hitung < X² kritis maka uji kesesuaian Distribusi *Log Pearson Type III* dapat diterima.

5. Perhitungan Hidrograf Banjir

Untuk menentukan hidrograf satuan Daerah Aliran Sungai Sampean akan dipergunakan Metode Nakayasu. Dimana pendekatan tersebut akan dipilih yang sesuai dengan karakteristik banjir di sungai yang bersangkutan. Dalam penggunaan metode HSS Nakayasu, diperlukan beberapa karakteristik parameter daerah alirannya sebagai berikut :

A = 1202,43 Km²

L = 70 Km

Ro = 1 mm

C = 0,47

α = 1,79

- a. Mencari nilai waktu konsentrasi (t_g) (Untuk L > 15 Km)

$$t_g = 0,47 + (0,058 \times L)$$

$$= 0,47 + (0,058 \times 70)$$

$$= 4,460 \text{ Jam}$$

- b. Mencari Nilai Satuan Waktu Dari Curah Hujan (t_r)

$$t_r = 0,5 \times t_g$$

$$= 0,5 \times 4,460$$

$$= 2,230 \text{ Jam}$$

- c. Mencari Waktu Permulaan Banjir Sampai Puncak Hidrograf Banjir (t_p)

$$t_p = t_g + 0,8 t_r$$

$$= 4,460 + (0,8 \times 2,230)$$

$$= 6,244 \text{ Jam}$$

- d. Mencari Waktu Dari Puncak Banjir Sampai 0,3 Kali Puncak Banjir (T_{0,3})

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

$$= 1,79 \times 4,460$$

$$= 8,005 \text{ Jam}$$

- e. Mencari Parameter Q_p (Debit Puncak Banjir) :

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

$$= \frac{0,47 \cdot 1202,43 \cdot 1}{3,6 \cdot (0,3(6,244) + (8,005))}$$

$$Q_p = 15,891 \text{ m}^3/\text{det}$$

Mencari Ordinat Hidrograf

- a. Pada kurva naik sebelum mencapai debit puncak (Q_p)

$$\text{Interval} = (0 < t < T_p)$$

$$= (0 < t < 6,244)$$

$$Q_t = Q_p \frac{t^{2,4}}{T_p}$$

$$Q_2 = 15,891 \frac{(2)^{2,4}}{(6,244)} = 1,034 \text{ m}^3/\text{det}$$

b. Pada kurva turun (Q_d)

$$\begin{aligned} \text{Interval} &= (T_p < t < T_p + T_{0,3}) \\ &= (6,244 < t < (6,244 + 8,005)) \\ &= (6,244 < t < 14,249) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_d &= Q_p + 0,3^{(t-T_p)/T_{0,3}} \\ Q_d &= 15,891 \times 0,3^{(8-6,244)/8,005} \\ &= 12,203 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

c. Pada kurva turun (Q_t)

$$\begin{aligned} \text{Interval} &= (T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}) \\ &= (6,244 + 8,005 < t < 6,244 + 8,005 + \\ &\quad (1,5 \times 8,005)) \\ &= (14,249 < t < 26,258) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_t &= Q_p \times 0,3^{[(t-T_p)+(0,5T_{0,3})]/(1,5T_{0,3})} \\ Q_{16} &= 15,891 \\ &\quad \times 0,3^{[(16-6,244)+(0,5 \times 8,005)]/(1,5 \times 8,005)} \\ Q_{16} &= 4,00 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

d. Pada kurva turun (Q_t)

$$\begin{aligned} \text{Interval} &= t > T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3} \\ &= (t > 26,258) \\ Q_t &= Q_p \times 0,3^{[(t-T_p)+(1,5T_{0,3})]/(2T_{0,3})} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{28} &= 15,891 \\ &\quad \times 0,3^{[(28-6,244)+(1,5 \times 8,005)]/(1,5 \times 8,005)} \end{aligned}$$

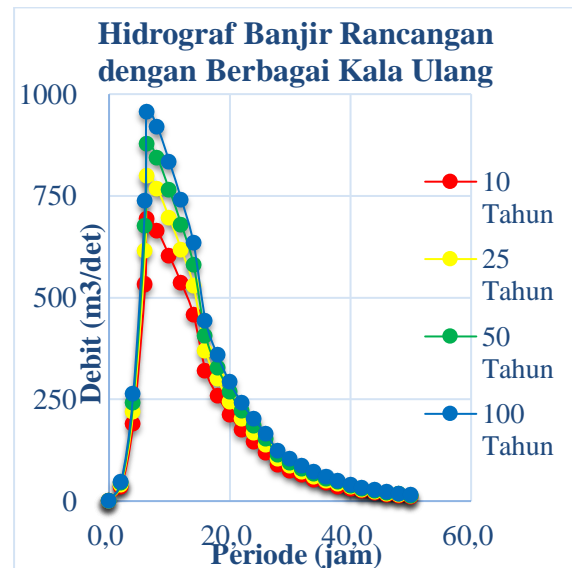
$$Q_{28} = 1,201 \text{ m}^3/\text{det}$$

Tabel 8. Ordinat Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

t (jam)	Q (m ³ /dt)	Keterangan
0.00	0.000	bagian lengkung naik untuk t < T _p
2.00	1.034	
4.00	5.457	
6.00	14.441	
6.24	15.891	debit puncak
8.00	12.203	untuk T _p < t < T _p + T _{0.3}
10.00	9.033	
12.00	6.687	
14.00	4.950	
14.25	4.767	
16.00	4.000	T _p +T _{0.3} < t < T _p +1.5T _{0.3}
18.00	3.273	
20.00	2.678	
22.00	2.192	
24.00	1.794	

t (jam)	Q (m ³ /dt)	Keterangan
26.00	1.468	bagian lengkung turun untuk t > T _p + 2.5T _{0.3}
26.26	1.430	
28.00	1.201	
30.00	0.983	
32.00	0.804	
34.00	0.658	
36.00	0.539	
38.00	0.441	
40.00	0.361	
42.00	0.295	
44.00	0.241	
46.00	0.198	
48.00	0.162	
50.00	0.132	

Sumber : Hasil perhitungan, 2022



Gambar 5. Grafik Banjir Rancangan dengan Berbagai Periode Ulang

Sumber : Hasil Perhitungan, 2022

C. Analisa Hidrolika

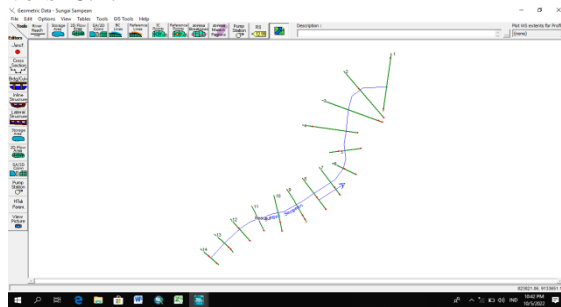
1. Input Data

Data yang harus dimasukkan untuk menganalisis kapasitas penampang Sungai sampean yaitu :

- Koefisien *manning* bantaran kanan, kiri dan saluran utama.

- b. Jarak bantaran kanan, kiri serta saluran utama dengan *Cross Section* berikutnya.
- c. Data debit banjir rancangan yang didapatkan dari penggunaan Metode HSS Nakayasu.
- d. Kondisi batas (*Reach Boundary Condition*) Sungai Sampean pada titik awal.
- e. Koefisien kontraksi dan ekspansi memakai data yang telah ada secara otomatis oleh program aplikasi *HEC-RAS* 6.2, yaitu sebesar 0,1 serta 0,3.
- f. Data *Cross Section* atau penampang melintang sungai.

Berikut ini adalah bentuk atau alur sungai yang telah digambar pada aplikasi *HEC-RAS* versi 6.2.

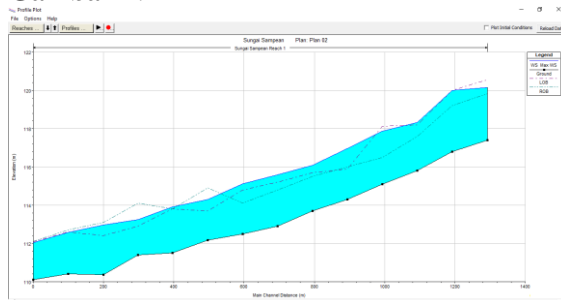


Gambar 6. Skema Sungai Sampean Bondowoso

Sumber : Program Aplikasi *HEC-RAS*, 2022

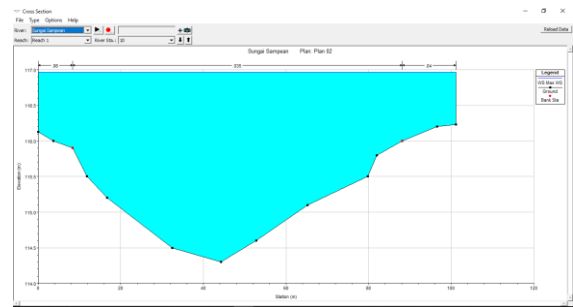
2. Hasil Output

Dari hasil program aplikasi *HEC-RAS* didapatkan beberapa titik yang mengalami limpasan, titik yang mengalami limpasan diantaranya adalah River Sta 14, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, dan 3. Adapun hasil dari analisa profil muka air Sungai Sampean disajikan pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Analisa Profil Muka Air Sungai Sampean

Sumber : Program Aplikasi *HEC-RAS*, 2022



Gambar 8. Profil Melintang STA 10

Sumber : Program Aplikasi *HEC-RAS*, 2022

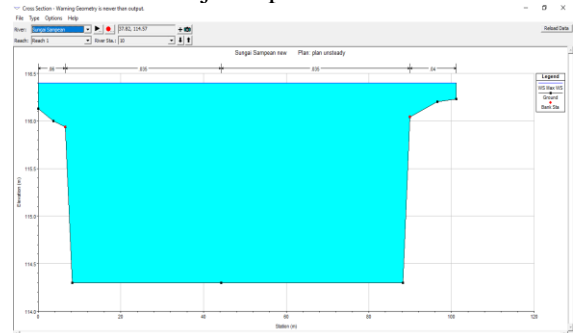
Tabel 9. Rekapitulasi Tinggi Muka Air Banjir (Eksisting)

River Sta	Elevasi Muka Air Banjir	Elevasi Tebing Kiri	Tinggi Banjir (m)	Keterangan	Elevasi Tebing	Tinggi Banjir (m)	Keterangan
14	120.25	120.56	-	Aman	119.83	0.42	Meluber
13	120.09	120.20	-	Aman	119.20	0.89	Meluber
12	118.55	118.20	0.35	Meluber	117.60	0.95	Meluber
11	118.04	118.50	-	Aman	116.50	1.54	Meluber
10	117.17	115.90	1.27	Meluber	116.00	1.17	Meluber
9	116.21	115.70	0.51	Meluber	115.50	0.71	Meluber
8	115.78	115.20	0.58	Meluber	114.80	0.98	Meluber
7	115.28	114.80	0.48	Meluber	114.10	1.18	Meluber
6	114.30	113.70	0.60	Meluber	114.90	-	Aman
5	114.08	113.80	0.28	Meluber	113.80	0.28	Meluber
4	113.32	112.90	0.42	Meluber	114.10	-	Aman
3	113.00	112.40	0.60	Meluber	113.10	-	Aman
2	112.67	112.80	-	Aman	112.80	-	Aman
1	112.15	112.40	-	Aman	112.40	-	Aman

Sumber : Hasil Perhitungan, 2022

D. Normalisasi Sungai

Adapun hasil dari profil muka air Sungai Sampean setelah dilakukan normalisasi disajikan pada **Gambar 9** dan untuk hasil output rekapitulasi banjir setelah dilakukan normalisasi disajikan pada **Tabel 10**.



Gambar 9. Profil Melintang STA 10 Setelah Normalisasi Sungai

Sumber : Program Aplikasi *HEC-RAS*, 2022

Tabel 10. Rekapitulasi Tinggi Muka Air Banjir Setelah Normalisasi

River Sta	Elevasi Muka Air Banjir	Elevasi Tebing Kiri	Tinggi Banjir (m)	Ket.	Elevasi Tebing Kanan	Tinggi Banjir (m)	Ket.
14	120.80	120.56	0.24	Meluber	120.42	0.38	Meluber
13	118.72	120.00	-	Aman	119.23	-	Aman
12	117.85	118.29	-	Aman	117.69	0.16	Meluber
11	117.14	118.12	-	Aman	116.77	0.37	Meluber
10	116.40	115.94	0.46	Meluber	116.04	0.36	Meluber
9	115.42	115.70	-	Aman	115.50	-	Aman
8	114.74	115.23	-	Aman	114.81	-	Aman
7	114.40	114.95	-	Aman	114.22	0.18	Meluber
6	113.82	113.79	0.03	Meluber	114.91	-	Aman
5	112.87	113.80	-	Aman	113.81	-	Aman
4	112.45	113.03	-	Aman	114.10	-	Aman
3	112.28	112.50	-	Aman	113.10	-	Aman
2	111.97	112.60	-	Aman	112.70	-	Aman
1	111.43	112.09	-	Aman	112.10	-	Aman

Sumber : Hasil Perhitungan, 2022

E. Dinding Penahan Tanah

Stabilitas Dinding Penahan Tanah yaitu terdiri dari perhitungan stabilitas terhadap geser dan stabilitas terhadap guling. setelah di lakukan control cek geser maupun control cek guling, nilai gaya geser dan guling pada penulangan DPT tersebut dinyatakan Aman.

1. Faktor Keamanan Terhadap Guling :

$$= \frac{\sum \text{Momen Penahan}}{\sum \text{Momen Guling}}$$

$$= 2,83 / 0,87$$

$$= 3,24 > 1,5 \text{ (Aman)}$$

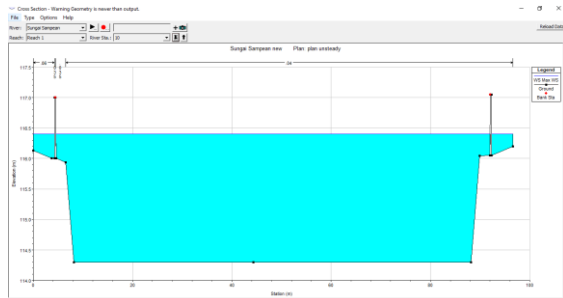
2. Faktor Keamanan untuk Geser :

$$= \frac{Pr}{(PH \cdot 1000)}$$

$$= 3.292 / 1.255$$

$$= 2,62 > 1,5 \text{ (Aman)}$$

Setelah dibangun dinding penahan tanah, air dari sungai tidak lagi meluber ke area lahan masyarakat. Hal ini di tunjukan pada **Gambar 10**.



Gambar 10. Profil Melintang STA 10 Setelah Penambahan DPT

Sumber : Program Aplikasi *HEC-RAS*, 2023

Tabel 11. Rekapitulasi Tinggi Muka Air Banjir Setelah Penambahan DPT

River Sta	Elevasi Muka Air Banjir	Elevasi Tebing Kiri	Tinggi Banjir (m)	Ket.	Elevasi Tebing Kanan	Tinggi Banjir (m)	Ket.
14	120.80	121.60	-	Aman	121.05	-	Aman
13	118.72	120.00	-	Aman	119.23	-	Aman
12	117.85	118.29	-	Aman	118.70	-	Aman
11	117.14	118.12	-	Aman	117.80	-	Aman
10	116.40	117.00	-	Aman	117.05	-	Aman
9	115.42	115.70	-	Aman	115.50	-	Aman
8	114.74	115.23	-	Aman	114.81	-	Aman
7	114.40	114.95	-	Aman	115.30	-	Aman
6	113.82	114.86	-	Aman	114.91	-	Aman
5	112.87	113.80	-	Aman	113.81	-	Aman
4	112.45	113.03	-	Aman	114.10	-	Aman
3	112.28	112.50	-	Aman	113.10	-	Aman
2	111.97	112.60	-	Aman	112.70	-	Aman
1	111.43	112.09	-	Aman	112.10	-	Aman

Sumber : Hasil Perhitungan, 2022

F. Analisa Biaya

1. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

Normalisasi Sungai dan Pembangunan DPT

Setelah dilakukan analisa dan normalisasi menggunakan bantuan aplikasi *HEC-RAS*, dapat diketahui titik mana saja yang mengalami banjir, dan juga banyaknya tanah atau sedimen yang harus diangkat, selanjutnya menghiung rencana anggaran biaya yang diperlukan untuk melakukan normalisasi dan juga pembangunan dinding penahan tanah tersebut. Dengan uraian pekerjaan dan rekapitulasi rencana anggaran biaya yang ditampilkan pada **Tabel 12**.

Tabel 12. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

NO.	URAIAN PEKERJAAN	Jumlah Harga (Rp.).
A.	PEKERJAAN NORMALISASI	
I.	PEKERJAAN UMUM DAN PERSIAPAN	132,153,651.48
II.	PEKERJAAN TANAH	18,390,162,133.42
B.	PEKERJAAN DINDING PENAHAN TANAH	
I.	PEKERJAAN PERSIAPAN	5,793,300.00
II.	PEKERJAAN TANAH	21,478,500.00
III.	PEKERJAAN BETON	1,874,796,322.95
Jumlah harga		20,424,389,907.85
(PPN) 11%		2,246,682,229.86
Total Biaya		22,671,066,137.71
JUMLAH DIBULATKAN		22,671,066,000.00

Terbilang :

NO.	URAIAN PEKERJAAN	Jumlah Harga (Rp.).
Dua Puluh Dua Milyar Enam Ratus Tujuh Puluh Satu Juta Enam Puluh Enam Ribu Rupiah		

Sumber : Hasil Perhitungan, 2022

2. Kerugian Terdampak Banjir

Sebelum dilakukan normalisasi, beberapa lahan masyarakat mengalami genangan akibat kapasitas penampang Sungai Sampean yang tidak dapat menampung debit air yang masuk, sehingga masyarakat mengalami kerugian. Maka dari itu dilakukan analisa kerugian akibat terdampak banjir. Berikut adalah analisa perhitungan kerugian masyarakat yang terdampak banjir berdasarkan luas lahan.



Gambar 11. Lahan Masyarakat yang Terdampak Banjir

Sumber : Google Earth, 2022

Dihitung nilai kerugian tanah atau lahan masyarakat terdampak banjir :

$$\begin{aligned}
 &= \text{Total Luas} \times \text{Harga Tanah per m}^2 \\
 &= 10.120,74 \times 200.000 \\
 &= \text{Rp } 2.024.147.000,00
 \end{aligned}$$

5. PENUTUP

A. Kesimpulan

Menurut analisa berdasarkan pembahasan yang sudah dilakukan pada penelitian ini, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Debit banjir puncak Sungai Sampean pada lokasi penelitian didapatkan dari hasil perhitungan sebesar 798,51 m³/s dengan periode ulang 25 tahun. Dengan hasil analisa kapasitas penampang Sungai Sampean dengan bantuan program HEC-RAS versi 6.2, didapatkan beberapa titik yang mengalami banjir yaitu pada Sta 14, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, dan 3. Banjir terparah terjadi pada River Sta 10 yang mengalami limpasan di kedua sisi tebingnya

dengan tebing kiri setinggi 1,27 m dan tebing kanan setinggi 1,17 m.

2. Langkah yang dapat diambil guna mengatasi titik genangan banjir pada daerah penelitian yaitu dengan cara normalisasi sungai. Dengan cara mengeruk dasar sungai dan melebarkan sungai dan juga membangun dinding penahan tanah pada bantaran sungai yang masih mengalami banjir/ limpasan.
3. Biaya yang dibutuhkan untuk melakukan pekerjaan normalisasi dan pembangunan dinding penahan tanah adalah senilai Rp. 22,671,066,000.00 (Dua Puluh Dua Milyar Enam Ratus Tujuh Puluh Satu Juta Enam Puluh Enam Ribu Rupiah). Dan biaya yang dibutuhkan untuk mengganti kerugian lahan masyarakat yang terdampak banjir sebelum dilakukan normalisasi adalah senilai Rp. 2.024.147.000 (dua miliar dua puluh empat juta seratus empat puluh tujuh ribu rupiah).

B. Saran

Berdasarkan pada Tugas Akhir “Desain Kapasitas Penampang Dan Analisa Anggaran Biaya Normalisasi Sungai Sampean Kabupaten Bondowoso” ini, penulis ingin memberi beberapa saran yang berkaitan dengan permasalahan tersebut. Saran yang bisa penulis paparkan antaralain :

1. Perlu melakukan pengecekan serta pemeliharaan sungai secara rutin dan berkelanjutan 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. Untuk kontrol hasil dan kesesuaian hasil output software disarankan untuk meninjau langsung dilapangan dengan menggunakan data debit jam-jaman.
4. Untuk menganalisa sungai menggunakan aplikasi HEC-RAS sebaiknya kita melakukan survey terlebih dahulu, dan juga melengkap data yang akan dimasukkan kedalam program aplikasi HEC-RAS, seperti data *cross section* sungai, skema alur

sungai, debit banjir rencana, dan lain-lain agar mendapatkan model dan hasil analisa yang lebih akurat sesuai kondisi di lapangan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anto, Wiji., 2019. *Analisis Dan Evaluasi Kapasitas Penampang Sungai Jatiroto Dengan Menggunakan Program Hec-Ras 4.1*, Jember.
- C. D. Soemarto, 1999. *Hidrologi Teknik*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Djojowiriono, Sugeng. 1984. *Manajemen Konstruksi*, Yogyakarta: KMTS Fakultas Teknik UGM.
- Kusuma, Agung Tejo., 2016, *Analisis dan Evaluasi Kapasitas Sungai Sampean Bondowoso Dengan Menggunakan Program HEC – RAS 4.1*, Jember.
- Mukomoko, J.A. 1980. *Dasar Penyusunan Anggaran Biaya Bangunan*. Jakarta: Kurnia Esa
- Soewarno, 1995, *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*, Penerbit Nova, Bandung.
- Sosrodarsono dan Takeda, 1987, *Hidrologi Untuk Pengairan*, PT. Pradnya Paramitha, Jakarta
- Suripin, 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, ANDI Offset Yogyakarta.