

ANALISIS TINGGI MUKA AIR BANJIR DI SUNGAI BELUTU DENGAN PEMODELAN HEC-RAS 5.0.7 KECAMATAN SEI RAMPAH KABUPATEN SERDANG BEDAGAI

Muhammad Aryananda¹, Rumilla Harahap², Jupriah Sarifah³

^{1,2,3}Universitas Islam Sumatera Utara

Email: aryanandamuhammad@gmail.com

Abstrak: Ketika musim hujan di akhir tahun, Sungai Belutu sering sekali meluap dan menimbulkan bencana banjir. Menurut masyarakat sekitaran sungai, luapan banjir terjadi dengan durasi waktu yang cukup lama yaitu, kurang lebih terjadi banjir selama sebulan, dan paling cepat 2 pekan airnya surut dikarenakan sungai tersebut dangkal dan bantaran sungai yang sudah tidak terawat sehingga daya tampung air tidak memadai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ketinggian muka banjir dan solusi untuk mengatasi masalah banjir di Sungai Belutu, Kecamatan Sei Rampah, Kabupaten Serdang Bedagai. Penelitian ini menerapkan pendekatan berbasis kuantitatif. Metode yang digunakan untuk menganalisis banjir rencana adalah Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu (HSS Nakayasu) kala ulang 100 tahun dan analisis hidrolika menggunakan *software Hec-Ras 5.0.7*. Hasil analisis banjir rencana sungai Belutu kalau ulang 100 tahun (Q_{100}) adalah $183.233 \text{ m}^3/\text{dtk}$ dan hasil running *software Hec-Ras 5.0.7*, menunjukkan bahwa dari total keseluruhan tinggi muka air kala 10 tahun mengalami kenaikan muka air banjir $\pm 1 \text{ m}$ dari dasar sungai, sehingga diperlukan pembangunan tanggul setinggi $+1 \text{ m}$ di pada penampang sungai.

Kata Kunci: Banjir, HSS Nakayasu, HecRas 5.0.7, Debit Banjir, Tinggi Air.

Abstract: During the rainy season at the end of the year, the Belutu River frequently overflows and causes flooding disasters. According to communities living around the river, flood inundation lasts for a relatively long duration, approximately one month, and at the fastest, the water recedes within two weeks. This condition is caused by the shallow riverbed and poorly maintained riverbanks, resulting in inadequate water storage capacity. This study aims to determine the flood water level and provide solutions to overcome flooding problems in the Belutu River, Sei Rampah District, Serdang Bedagai Regency. This research applied a quantitative-based approach. The method used to analyze the design flood was the Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph (HSS Nakayasu) with a 100-year return period, while hydraulic analysis was conducted using *HEC-RAS 5.0.7* software. The results of the design flood analysis for the Belutu River with a 100-year return period (Q_{100}) showed a discharge of $183.233 \text{ m}^3/\text{s}$. The

simulation results using HEC-RAS 5.0.7 indicated that the total flood water level for the 10-year return period increased by approximately 1 m from the riverbed elevation. Therefore, the construction of embankments with a height of +1 m along the river cross-sections is required.

Keywords: *Flood, HSS Nakayasu, HEC-RAS 5.0.7, Flood Discharge, Water Surface Elevation.*

PENDAHULUAN

Indonesia yang beriklim tropis banjir sering berlangsung ketika hujan melanda. Apalagi ketika kedahsyatan hujan terbilang tinggi yang mengguyur suatu wilayah, air meluap dan mengakibatkan banjir. Hujan seringkali menjadi penyebabnya banjir karena intensitas hujan yang tinggi dan saluran yang tidak berfungsi maksimal.

Dalam penelitian ini, Sungai Belutu di Kecamatan Sei Rampah, Kabupaten Serdang Bedagai ini menjadi sampel daerah yang sering mengalami masalah banjir pada akhir tahun. Kecamatan Sei Rampah adalah kecamatan yang berada di Kabupaten Serdang Bedagai, provinsi Sumatera Utara. Kecamatan Sei Rampah terdapat aliran sungai yang mengalir, yaitu Sungai Belutu. Sungai Belutu merupakan sungai yang ada di Serdang Bedagai yang aliran air nya bermuara langsung ke laut Bedagai.

Sungai Belutu merupakan sungai yang termasuk dalam penyusunan pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Belawan-Ular-Padang yang terdiri dari 6 Daerah Aliran Sungai (DAS) yaitu, DAS Belawan, DAS Deli, DAS Serdang, DAS Ular, DAS Belutu/Bedagai, dan DAS Padang dan melintasi 4 kabupaten dan 2 kota yaitu, Kabupaten Serdang Bedagai, Kabupaten Deli Serdang, Kabupaten Simalungun, Kabupaten Karo dan Kota Medan dan Tebing Tinggi.

Ketika musim hujan di akhir tahun, Sungai Belutu sering sekali meluap dan menimbulkan bencana banjir. Menurut masyarakat sekitaran sungai, luapan banjir terjadi dengan durasi waktu yang cukup lama yaitu, kurang lebih terjadi banjir selama sebulan, dan paling cepat 2 pekan airnya surut. Apalagi ketika pasang air laut naik, air meluap dan membanjiri sekitaran pemukiman masyarakat dikarenakan sungai tersebut dangkal dan bantaran sungai yang sudah tidak terawat sehingga daya tampung air tidak memadai.

Menurut Gubernur Kabupaten Serdang Bedagai dalam Medan Tribun.com, sudah 40 tahun Sungai Belutu ini tidak ada di normalisasi, sehingga adanya sedimentasi yang menyebabkan pendangkalan Sungai, sehingga menyebabkan banjir. Banjir dengan ketinggian 50-100 cm melanda tiga kecamatan, yakni Sei Rampah, Tanjung Beringin, dan Tebing Tinggi. Terkhusus di wilayah Desa Sei Rampah, yang menjadi daerah langganan banjir akibat luapan air Sungai Belutu. Terutama di daerah permukiman disepanjang bantaran muara Sei Belutu.

Hal-hal diatas yang menjadi latar belakang saya untuk meneliti permasalahan banjir di Muara Sungai Belutu di kecamatan Sei Rampah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis curah hujan untuk memperoleh debit banjir rencana sampai 100 tahun mendatang dengan metode Satuan Sintetik Nakayasu (HSS Nakayasu) dengan data curah hujan maksimum 10 tahun terakhir, serta menganalisis tinggi muka air banjir untuk mengatasi permasalahan banjir dengan menggunakan *software HEC-RAS* versi 5.0.7.

Pada kepentingan pengelolaan banjir, HEC-RAS dapat digunakan untuk memodelkan aliran sungai dan memprediksi ketinggian air pada berbagai kondisi. Dengan demikian, dapat diketahui area yang berpotensi terkena banjir dan memungkinkan pemerintah atau instansi terkait untuk melakukan persiapan dan mitigasi yang diperlukan. Ini merupakan salah satu kelebihan dalam analisis banjir dengan menggunakan Hec-Ras dibandingkan dengan aplikasi lain. Software analisis banjir lain hanya dapat memunculkan peta genangan banjir saja, tidak dapat memunculkan berapa tinggi muka air banjir yang terjadi pada suatu daerah yang terkena banjir.

Masalah

Dalam penelitian ini, didapatkan rumusan masalah berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil simulasi aliran banjir pada Sungai Belutu?
2. Berapa panjang segmen Sungai Belutu yang menjadi area analisis?
3. Bagaimana hasil analisis frekuensi curah hujan untuk kala ulang hingga 100 tahun?
4. Berapa besar debit banjir rencana yang diperoleh?

TINJAUAN PUSTAKA

1. Banjir

Bencana alam dengan berlebihnya kondisi air yang tertampung, sehingga air terhambat dan meluap serta menggenangi daerah sekitarnya disebut sebagai bencana banjir. Banjir disebabkan kurangnya kapasitas penampang saluran air sehingga air meluap. (Suripin, 2004).

Tingkat kewaspadaan banjir pada suatu daerah yang sering tergenang banjir dapat diidentifikasi dari karakteristik wilayahnya, seperti bentuk lahan, badan sungai kanan dan kiri, dan rawa/semak belukar yang menjadi daerah yang rawan dilanda banjir, dikarenakan daerah tersebut adalah daerah yang curam serta ada cekungan pada lereng tersebut. (Rizka Amalia, 2018).

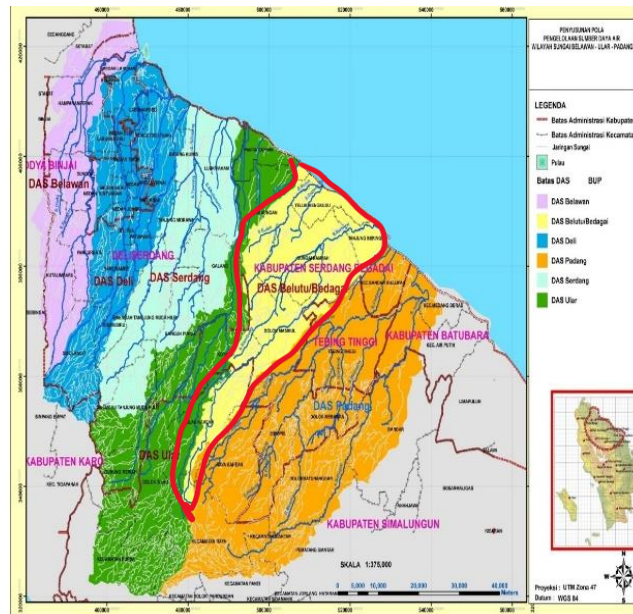
2. Hec-Ras

Istiarto (2014) menyatakan bahwa *Hydraulic Engineering Center-River Analysis System (HEC-RAS)* adalah sebuah aplikasi yang dirancang untuk menggambarkan aliran di sungai. Program *River Analysis System (RAS)* ini dikembangkan oleh *Hydraulic Engineering Center (HEC)*, sebuah divisi di *Institute For Water Resources (IWR)* di bawah *United States Army Corps of Engineering (USACE)*. Hec-Ras merupakan model aliran satu dimensi baik yang bersifat permanen maupun tidak permanen (*steady and unsteady flow*).

Pada kepentingan pengelolaan banjir, HEC-RAS dapat digunakan untuk memodelkan aliran sungai dan memprediksi ketinggian air pada berbagai kondisi. Dengan demikian, dapat diketahui area yang berpotensi terkena banjir dan memungkinkan pemerintah atau instansi terkait untuk melakukan persiapan dan mitigasi yang diperlukan. Ini merupakan salah satu kelebihan dalam analisis banjir dengan menggunakan Hec-Ras dibandingkan dengan aplikasi lain. Software analisis banjir lain hanya dapat memunculkan peta genangan banjir saja, tidak dapat memunculkan berapa tinggi muka air banjir yang terjadi pada suatu daerah yang terkena banjir

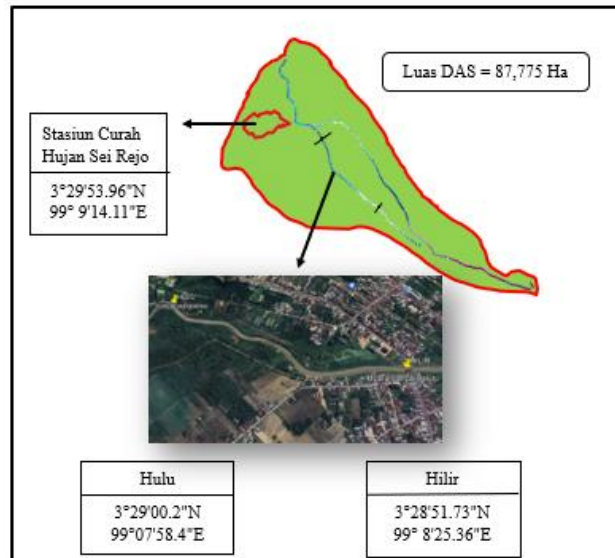
METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Sungai Belutu, di Kecamatan Sei Rampah, Kabupaten Serdang Bedagai tepatnya di cakupan wilayah pola DAS Belawan-Ular-Padang.



Gambar 1. Peta Pola DAS Belawan-Ular-Padang
Sumber Kementerian PUPR

Wilayah Penelitian yang diambil pada penelitian ini adalah wilayah Kecamatan Sei Rampah, Kabupaten Serdang Bedagai, tepatnya di Sungai Belutu. Kecamatan Sei Rampah adalah kecamatan yang berada di Kabupaten Serdang Bedagai, provinsi Sumatera Utara. Kecamatan Sei Rampah terdapat aliran sungai yang mengalir, yaitu Sungai Belutu. Sungai Belutu merupakan sungai yang ada di Serdang Bedagai yang aliran airnya bermuara langsung ke laut Bedagai.



Gambar 2. Lokasi Penelitian
Sumber Hasil Dokumen Pribadi

Dimana Peta DAS Belutu ini terdapat pos stasiun curah hujan yang terletak pada garis $3^{\circ}29'53.96''$ LU dan $99^{\circ} 9'14.11''$ BT. Lokasi DAS Belutu ini terletak di titik $3^{\circ}29'00.2''$ LU $99^{\circ}07'58.4''$ BT di sisi hulu, dan di titik $3^{\circ}28'51.73''$ LU $99^{\circ} 8'25.36''$ BT di sisi hilir. Luas DAS ini sebesar 87,775 Ha.

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini berupa studi pustaka dan pengumpulan data. Studi pustaka terhadap sumber referensi yang berhubungan dengan penelitian. Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data curah hujan maksimum 10 tahun terakhir yang di dapat dari BMKG Sampali Sumatera Utara, kemudian data tata guna lahan, dan data cross dan long section Sungai Belutu yang di dapat dari Balai Wilayah Sungai Sumatera II.

Analisis

Metode pengolahan data yang digunakan pada penelitian ini

a. Analisis Hidrologi

Dalam ilmu hidrologi terdapat empat metode yang umumnya digunakan dalam analisis perhitungan curah hujan, keempat metode distribusi tersebut adalah distribusi Normal, Log Normal, Log Pearson III, dan Gumbel. (Bambang Triadmodjo, 2008).

1. Distribusi Frekuensi Curah Hujan

a. Metode Gumbel

$$X_T = X + s \cdot K \dots\dots\dots (1)$$

dengan :

X_T = Besarnya hujan rencana untuk periode ulang T tahun

X = Nialai tengah sampel

s = Standar deviasi sampel

K = Faktor Frekuensi

b. Log *Pearson type III*

$$\log X_T = \log X_r + K \cdot \log S_x \dots\dots(2)$$

dengan :

X_T = Besarnya hujan rencana untuk periode ulang T tahun

K = faktor frekuensi yang merupakan fungsi periode ulang dan tipe distribusi

c. Distribusi normal

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S_d \dots\dots\dots (3)$$

dengan:

X_T = Besarnya hujan rencana untuk periode ulang T tahun

\bar{X} = Nilai tengah sampel

S_d = Standar deviasi sampel

K_T = Faktor Frekuensi

d. Distribusi Log Normal

$$\log X_T = \log X_r + K \cdot \log S_x \dots\dots (4)$$

dengan:

K = Variabel Standar, Besarnya bergantung pada koefisien kemiringan

Untuk menentukan distribusi yang akan dipilih, dilakukan 4 metode berikut:

a. Standar deviasi (S)

Standar deviasi adalah besar perbedaan dari nilai sampel terhadap nilai rata-rata.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (5)$$

b. Koefisien kemencengan/*Skewness*

Koefisien kemencengan adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidak simetrisan dari suatu bentuk distribusi.

$$C_S = \frac{n \sum_{i=1}^i (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)(S)^3} \dots\dots\dots (6)$$

c. Koefisien kurtosis (Ck)

$$C_K = \frac{n^2 \sum_{i=1}^i (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)(S)^4} \dots\dots\dots (7)$$

d. Koefisien variasi (Cv)

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitungan suatu distribusi.

$$C_V = \frac{S}{\bar{X}} \dots\dots\dots (8)$$

Dengan:

C_S = koefisien kecepatan (*skewnes*)

C_K = koefisien kepuncakan (*kurtosis*)

C_V = koefisien variasi

S = Standar deviasi

n = jumlah data

X_i = data hujan

\bar{X} = nilai rata – rata dari X

2. Uji Kesesuaian Distribusi Curah Hujan

a. Metode *Chi-Kuadrat* (χ^2)

Dalam perhitungan metode *chi-kuadrat* (χ^2), digunakan persamaan Chi-kuadrat sebagai berikut:

$$\chi^2 = \frac{(Of - Ef)^2}{Ef} \dots\dots\dots (9)$$

Dengan:

Ef = (frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelas nya)

Of = frekuensi yang diamati pada kelas yang sama)

3. Perhitungan Koefisien Limpasan

$$C = C \times A$$

dengan :

C = Koefisien Limpasan

A = Luas Area

4. Intensitas Curah Hujan

Diestimasikan menggunakan persamaan Mononobe. Berikut persamaan mononobe:

$$I = \left(\frac{R_{24}}{24}\right) \times \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} \dots\dots\dots(10)$$

Dengan:

I = intersitas curah hujan(mm/jam)

R24 = curah hujan maksimum dalam 1 hari (mm)

t = lamanya curah hujan (jam)

5. Debit Banjir Rancangan Dengan Metode Satuan Sintetik Nakayasu (HSS Nakayasu)

Untuk menggunakan metode ini, ketika merancang hidrograf banjir di sungai tertentu, memerlukan dalam penemuan karakteristik atau parameter dari Sungai tersebut (Wayan Sutapa, 2012). Berikut karakteristik sungai tersebut:

- 1) Waktu yang diperlukan dari awal hujan hingga mencapai puncak hidrograf. (*time to peak scx8U*)
- 2) Waktu yang dibutuhkan dari saat pusat berat hujan hingga pusat berat hidrograf terjadi. (*Time lag*)
- 3) Waktu yang diperlukan untuk hidrograf. (*time base of hydrograph*)
- 4) Luas Daerah aliran sungai
- 5) Panjang sungai utama (*length of the longest channel*)
- 6) Koefisien pengaliran

Formula dari HSS Nakayasu adalah :

$$Q_p = \frac{C.A.R_o}{3,60 (0.30 T_p + T_o)} \dots\dots\dots (11)$$

Dengan:

Qp = Debit puncak banjir
(m³/detik)

R0 = Hujan Satuan (mm)

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

T0.3 = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30% dari debit puncak

A = Luas daerah tangkapan sampai outlet

C = koefisien pengaliran

Analisis Hidrolika

Langkah-langkah yang dilakukan untuk analisis hidrolika adalah sebagai berikut:

- a. Persiapan Skema Sungai
- b. Pengumpulan data Geometri Sungai (Secara Melintang dan memanjang)
- c. Pengumpulan data Debit aliran Sungai (Flow data)
- d. Perhitungan tinggi muka air banjir

Berikut adalah Data-data yang diperlukan:

- a. Data koordinat dari garis tengah sungai atau tebing sungai yang sedang dianalisis untuk menyusun skema sungai.
- b. Lokasi percabangan sungai dan posisi jembatan.
- c. Data potongan memanjang sungai yang mencakup jarak sepanjang garis tengah, tebing kiri dan kanan, serta elevasi dasar. Data melintang sungai yang diperoleh dari hasil pemetaan topografi sungai.
- d. Posisi batas tepi sungai (tebing kiri dan kanan) pada data penampang melintang.
- e. Nilai koefisien kekasaran *manning* (n) untuk alur sungai dan pinggiran sungai

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Hidrologi

1. Analisis Frekuensi Curah Hujan

Tabel 1. Curah Hujan Sei Rejo

No.	Tahun	Max Tahunan
1.	2015	102 mm
2.	2016	102 mm
3.	2017	105 mm
4.	2018	85 mm
5.	2019	99 mm
6.	2020	97 mm
7.	2021	115 mm
8.	2022	94 mm
9.	2023	126 mm
10.	2024	120 mm
	Total	1045 mm
	Rata-rata	104.5 mm

Sumber : BMKG Sampali

Diperoleh hasil perhitungan dari keempat distribusi, yaitu distribusi gumbel, log normal, log *pearson type* III, dan normal. Kemudian hasil perhitungan distribusi tersebut dapat direkap seperti pada table berikut:

Tabel 2. Analisis Frekuensi Hujan

No.	Kala Ulang	Analisis Frekuensi Hujan Rencana (mm)			
	T	Gumbel	Log Pearson III	Normal	Log Normal
1.	2	102.81	103.52	104.50	103.84
2.	5	117.71	114.61	114.99	114.71
3.	10	127.58	121.10	120.48	120.85
4.	25	140.05	128.61	125.83	127.14
5.	50	149.30	133.77	130.09	132.40
6.	100	158.48	138.69	133.59	136.87

Sumber : Hasil Analisis

Terdapat beberapa parameter statistik yang dimiliki oleh setiap distribusi yaitu, standar deviasi(Sd), koefisien variasi (Cv), koefisien asimetri (Cs) dan koefisien kurtois (Ck). Berikut adalah rekap hasil perhitungan parameter statistik yang telah dihitung:

Tabel 3. Hasil Parameter Statistik

No.	Jenis Distribusi	Cv	Cs	Ck
1.	Gumbel	0.1195	0.4018	0.3631
2.	Log Pearson III	0.0255	0.1573	0.0000
3.	Normal	0.1195	0.4018	0.3631
4.	Log Normal	0.0255	0.1573	0.0000

Sumber : Hasil Analisis

2. Uji Keseuaian Distribusi

Tabel 4. Nilai Perbandingan Parameter Statistik

No.	Jenis Distribusi	Syarat Distribusi	Hasil Perhitungan Data	Keterangan Pemenuhan
1.	Gumbel	$C_s \approx 1,1396$ $C_k \approx 5,4002$	$C_s = 0,402$ $C_k = 0,363$	✗ Tidak memenuhi
2.	Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$	$C_s = 0,4018$ $C_k = 0,3631$	✗ Tidak memenuhi
3.	Log Normal	$C_s \approx 3C_v + C_v^3$ $C_k \approx C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$	$C_s = 0,1573$ $C_k = 0,0000$	✗ Tidak memenuhi
4.	Log Pearson III	$C_s \neq 0$	$C_s = 0,1573$	✓ Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis

Dari hasil perhitungan perbandingan dari parameter statistik pada tabel 4, dapat disimpulkan bahwa metode log *pearson type* III adalah perhitungan distribusi yang terpilih.

a. Metode Chi-Kuadrat

Tabel 5. Rekap Hasil Perhitungan Distribusi

Kelas	Interval	Ef	Of	Of-Ef	$\frac{(Of - Ef)^2}{Ef}$
1	>114.5732	2	3	1	0.5
2	114.5732 - 105.2118	2	1	-1	0.5
3	99.0763 - 105.2118	2	3	1	0.5
4	93.8871 - 99.0763	2	2	0	0
5	<93.8871	2	1	-1	0.5
		10	10		2
$X^2 < X^2_{cr}$					Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis

Dari persyaratan $X^2 < X^2_{cr}$ yaitu $4 < 5,991$. Maka hasil untuk perhitungan *chi-kuadrat log pearson type III* memenuhi.

b. Perhitungan Koefisien Limpasan

Berikut adalah zona penggunaan lahan pada DAS Belutu di Kec. Sei Rampah Kabupaten Serdang Bedagai:

Tabel 6. Zona Penggunaan Lahan DAS Belutu

No.	Jenis Penutupan Lahan	Luas Area (km ²)	Koefisien Limpasan	C x A
1	Semak Belukar	2.62	0.20	0.524
2	Hutan Rawa Belukar	0.05	0.20	0.01
3	Hutan Lahan Kering Skunder	1.28	0.15	0.192
4	Hutan Mangrove Skunder	0.26	0.20	0.052
5	Hutan Tanaman Industri	0.13	0.25	0.0325
6	Pemukiman	0.64	0.55	0.352
7	Perairan	0.11	0.95	0.1045
8	Perkebunan	35.94	0.30	10.782
9	Lahan Kering Campur Semak	35.82	0.25	8.955
10	Pertanian Lahan Kering	5.59	0.35	1.9565
11	Rawa	0.20	0.80	0.16
12	Sawah	16.14	0.60	9.684
13	Tambak	0.66	0.85	0.561
14	Lahan Terbuka	0.54	0.40	0.216
Jumlah		99.98		33.5815
Rata-Rata		7.141428571		2.3986786
Total				0.336

Sumber : Hasil Analisis

$$C_{rerata} = \frac{\text{Luas Area}}{C \times A}$$

$$C_{rerata} = \frac{99,98}{33,58} = 0,336$$

3. Analisa Intensitas Curah Hujan

Tabel 7. Hasil Instensitas Curah Hujan

Periode Ulang	Intensitas (I)					
	2	5	10	25	50	100
R24 (mm)	103.52	114.61	121.10	128.61	133.77	138.69
t	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam
1	35.888	39.734	41.984	44.585	46.377	48.080
2	22.608	25.031	26.448	28.087	29.216	30.288
3	17.253	19.102	20.184	21.434	22.296	23.114
4	14.242	15.769	16.661	17.694	18.405	19.080
5	12.274	13.589	14.358	15.248	15.861	16.443
6	10.869	12.034	12.715	13.503	14.045	14.561
7	9.807	10.858	11.473	12.184	12.674	13.139
8	8.972	9.934	10.496	11.146	11.594	12.020
9	8.295	9.183	9.703	10.304	10.719	11.112
10	7.732	8.561	9.045	9.606	9.992	10.358
11	7.256	8.033	8.488	9.014	9.376	9.721
12	6.847	7.581	8.010	8.506	8.848	9.173
13	6.491	7.187	7.594	8.064	8.388	8.696
14	6.178	6.840	7.228	7.675	7.984	8.277
15	5.901	6.533	6.903	7.330	7.625	7.905
16	5.652	6.258	6.612	7.022	7.304	7.572
17	5.428	6.010	6.350	6.744	7.015	7.272
18	5.225	5.785	6.113	6.491	6.752	7.000
19	5.040	5.580	5.896	6.262	6.513	6.752
20	4.871	5.393	5.698	6.051	6.294	6.525
21	4.715	5.220	5.516	5.857	6.093	6.317
22	4.571	5.061	5.347	5.679	5.907	6.124
23	4.437	4.913	5.191	5.513	5.734	5.945
24	4.313	4.776	5.046	5.359	5.574	5.779

Sumber : Hasil Pehitungan

Menurut Lubis (1992) intensitas hujan (mm/jam) dapat diturunkan dari data curah hujan harian (mm) empirik menggunakan metode mononobe sebagai berikut:

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

Periode Ulang (T) 2 Tahun :

$$I = \frac{103.52}{24} \left(\frac{24}{1}\right)^{\frac{2}{3}} = 33.888 \text{ mm/jam}$$

$$I = \frac{103.52}{24} \left(\frac{24}{10}\right)^{\frac{2}{3}} = 7.732 \text{ mm/jam}$$

$$I = \frac{103.52}{24} \left(\frac{24}{22}\right)^{\frac{2}{3}} = 4.776 \text{ mm/jam}$$

Tabel 8. Hasil Distribusi Jam-jaman

Kala Ulang	Curah Hujan (mm)	Hujan Efektif jam ke -					
		1	2	3	4	5	6
T		55%. R24	15%. R24	11%. R24	7%. R24	7%. R24	5%. R24
2	103.52	56.969	15.495	11.387	7.246	7.246	5.176
5	114.61	63.074	17.155	12.608	8.023	8.023	5.731
10	121.10	66.645	18.126	13.321	8.477	8.477	6.055
25	128.61	70.774	19.249	14.147	9.002	9.002	6.430
50	133.77	73.619	20.023	14.715	9.364	9.364	6.689
100	138.69	76.322	20.758	15.255	9.708	9.708	6.934

Sumber : Hasil Analisis

4. Debit Banjir Rancangan Dengan Metode Satuan Sintetik Nakayasu (HSS Nakayasu)

Data karakteristik DAS Belutu yang diketahui:

- a. Luas DAS (A) = 60,715 Km²
- b. Panjang Sungai Utama (L) = 12 Km
- c. Kemiringan Sungai (S) = 0.018
- d. Koefisien pengaliran (C) = 0,336
- e. Tinggi Hujan Satun (Ro) = 1 mm

Dari data diatas dapat dihitung parameter yang digunakan dalam metode nakayasu dan diperoleh hasil besar nilai hidrograf satuan sintetik nakayasu sebagai berikut:

- a. Parameter Waktu Kelambatan (Tg)

$$t_g = 0,4 + 0,058 \times L$$

$$t_g = 0,4 + 0,058 \times 12.000$$

$$t_g = 1.096 \text{ jam}$$

- b. Parameter Durasi Hujan (T_r)

$$T_r = 0,75 \times t_g$$

$$T_r = 0,75 \times 1.096$$

$$T_r = 0,822 \text{ jam}$$

- c. Parameter Waktu Puncak (T_p)

$$T_p = t_g + (0.8 \times T_r)$$

$$T_p = 1.096 + (0,8 \times 0,822)$$

$$T_p = 1,753 \text{ jam}$$

- d. Parameter Waktu Saat Debit Sama Dengan

0,3 kali Debit Puncak ($T_{0,3}$)

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

Koefisien pembanding diambil $\alpha = 2$ (untuk daerah pengaliran biasa, (CD.Soemarto 1986)

$$T_{0,3} = 2 \times 1.096$$

$$T_{0,3} = 2.192 \text{ jam}$$

- e. Debit Puncak (Q_p) :

Curah hujan spesifik (R_0) = 1 mm

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

$$Q_p = \frac{5,715 \times 60,715 \times 1}{3,6 \times (0,3 \times 1,753 \times 2.192)}$$

$$Q_p = 35,461 \text{ m}^3/\text{s}$$

- f. Base Flow (Q_B) :

$$Q_B = 0,5 \times Q_p$$

$$Q_B = 0,5 \times 0,324$$

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

- g. Menentukan bagian lengkung naik (*Rising climb*) hidrograf satuan (Q_t) : Bagian kurva naik ($0 < t < T_p$)

$$Q_t = Q_P \times \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,4}$$

$$Q_t = 0,324 \times \left(\frac{1}{1,753}\right)^{2,4}$$

$$Q_t = 0,084 \text{ m}^3/\text{s}$$

- h. Menentukan bagian lengkung turun (*Decreasing limb*) hidrograf satuan (Q_{d1}) : Bagian kurva turun (Q_{d1}) : $0 < t < (t_p + T_{0,3})$

$$Q_{d1} = Q_P \times 0,3 \frac{t - T_p}{t_{0,3}}$$

$$Q_{d1} = 0,324 \times 0,3 \frac{2 - 1,753}{2.192}$$

$$Q_{d1} = 0,283 \text{ m}^3/\text{s}$$

- i. Bagian kurva turun (Q_{d2}) : $T_p + t_{0,3} < t < T_p + t_{0,3} + 1,5 t_{0,3}$

$$Q_{d2} = Q_P \times 0,3 \frac{t - T_p + 0,5 \times t_{0,3}}{1,5 t_{0,3}}$$

$$Q_{d2} = 1.258 \times 0,3 \frac{4 - 1.753 + 0,5 \times 2.192}{1,5 \times 2.192}$$

$$Q_{d2} = 0.095 \text{ m}^3/\text{s}$$

- j. Bagian kurva turun (Q_{d3}) : $t > T_p + t_{0,3} + 1,5 t_{0,3}$

$$Q_{d3} = Q_P \times 0,3 \frac{t - T_p + 0,5 \times t_{0,3}}{2 \times t_{0,3}}$$

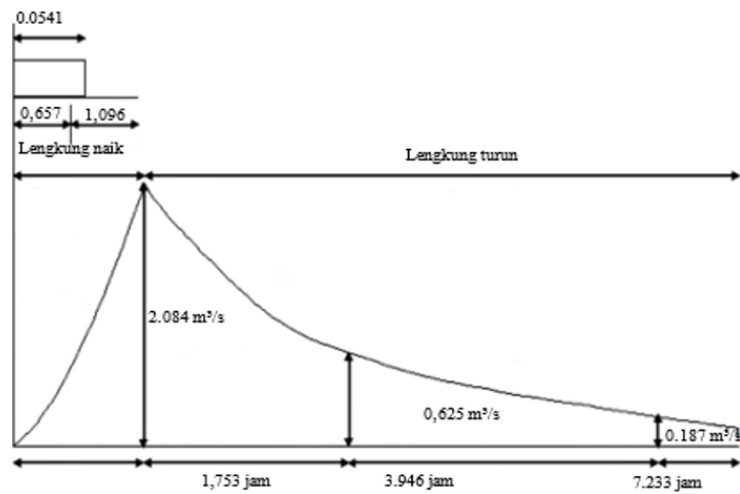
$$Q_{d3} = 1.258 \times 0,3 \frac{8 - 1.753 + 0,5 \times 2.192}{2 \times 2.192}$$

$$Q_{d3} = 0.023 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dari perhitungan diatas, berikut hasil rekap perhitungan unit hidrograf Nakayasu seperti pada tabel 9 berikut:

Tabel 9. Hasil Ordinat Hidrograf

	t (jam)	(Qt) m ³ /det
Qa	0	0
	1	0.541358467
	1.7536	2.08409841
Qd1	2	1.820296237
	3	1.050999472
	3.946	0.625092173
Qd2	4	0.612898335
	5	0.424973705
	6	0.294669833
	7	0.204319254
Qd3	7.2336	0.187568857
	8	0.151968077
	9	0.115473567
	10	0.087743064
	11	0.066671927
	12	0.050660937
	13	0.038494921
	14	0.029250524
	15	0.02222613
	16	0.016888616
	17	0.012832885
	18	0.00975112
	19	0.007409429
	20	0.005630085
	21	0.004278043
	22	0.003250688
	23	0.002470049
24	0.001876877	



Gambar 3. Grafik HSS Nakayasu

Sumber : Hasil Analisis

Dapat kita lihat bahwa grafik hubungan Q dan t terus meningkat seiring berjalannya waktu hingga mencapai puncak pada puncak dengan debit 0,584 m³/dtk di waktu 1,7536 jam. Setelah itu grafiknya pun perlahan menurun seiring berjalannya waktu.

Tabel 9. Hidrograf banjir rancangan nakayasu kala ulang 2 Tahun

Kala Ulang 2 Tahun									
t (jam)	HS (m)	Distribusi Hujan Jam-jaman Hidrograf Satuan (m ³ /det)						Qb (m ³ /det)	Qtotal (m ³ /det)
		jam ke 1	jam ke 2	jam ke 3	jam ke 4	jam ke 5	jam ke 6		
		56.97	15.40	11.39	7.25	7.25	5.18		
0	0.00	0						1.04	1.04
1	0.54	30.84	0.00					1.04	31.88
1.7536	2.08	118.73	8.39	0.00				1.04	128.16
2	1.82	103.70	32.29	6.16				1.04	143.20
3	1.05	59.87	28.20	23.73	0.00			1.04	112.85
3.946	0.63	35.61	16.28	20.73	3.92	0.00		1.04	77.59
4	0.61	34.92	9.69	11.97	15.10	3.92	0.00	1.04	76.64
5	0.42	24.21	9.50	7.12	13.19	15.10	2.80	1.04	72.96
6	0.29	16.79	6.58	6.98	7.62	13.19	10.79	1.04	62.99
7	0.20	11.64	4.57	4.84	4.53	7.62	9.42	1.04	48.65
7.2336	0.19	10.69	3.17	3.36	4.44	4.53	5.44	1.04	32.66
8	0.15	8.66	2.91	2.33	3.08	4.44	3.24	1.04	25.69
9	0.12	6.58	2.35	2.14	2.14	3.08	3.17	1.04	20.50
10	0.09	5.00	1.79	1.73	1.48	2.14	2.20	1.04	15.38
11	0.07	3.80	1.36	1.31	1.36	1.48	1.53	1.04	11.88
12	0.05	2.89	1.03	1.00	1.10	1.36	1.06	1.04	9.48
13	0.04	2.19	0.78	0.76	0.84	1.10	0.97	1.04	7.69
14	0.03	1.67	0.60	0.58	0.64	0.84	0.79	1.04	6.14
15	0.02	1.27	0.45	0.44	0.48	0.64	0.60	1.04	4.92
16	0.02	0.96	0.34	0.33	0.37	0.48	0.45	1.04	3.99
17	0.01	0.73	0.26	0.25	0.28	0.37	0.35	1.04	3.28
18	0.01	0.56	0.20	0.19	0.21	0.28	0.26	1.04	2.74
19	0.01	0.42	0.15	0.15	0.16	0.21	0.20	1.04	2.33
20	0.01	0.32	0.11	0.11	0.12	0.16	0.15	1.04	2.02
21	0.00	0.24	0.09	0.08	0.09	0.12	0.12	1.04	1.79
22	0.00	0.19	0.07	0.06	0.07	0.09	0.09	1.04	1.61
23	0.00	0.14	0.05	0.05	0.05	0.07	0.07	1.04	1.47
24	0.00	0.11	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	1.04	1.37
			0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	1.04	1.21
				0.02	0.02	0.03	0.03	1.04	1.15
					0.02	0.02	0.02	1.04	1.11
						0.01	0.02	1.04	1.09
						0.01	0.01	1.04	1.07
							0.01	1.04	1.05
									143.200

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 10. Hidrograf banjir rancangan nakayasu kala ulang 5 Tahun

Kala Ulang 5 Tahun									
t (jam)	HS (m)	Distribusi Hujan Jam-jaman Hidrograf Satuan (m ³ /det)						Qb (m ³ /det)	Qtotal (m ³ /det)
		jam ke 1	jam ke 2	jam ke 3	jam ke 4	jam ke 5	jam ke 6		
		63.07	17.16	12.61	8.02	8.02	5.73		
0	0.00	0.00						1.04	1.04
1	0.54	34.15	0.00					1.04	35.19
1.7536	2.08	131.45	9.29	0.00				1.04	141.78
2	1.82	114.81	35.75	6.83				1.04	158.43
3	1.05	66.29	31.23	26.28	0.00			1.04	124.84
3.946	0.63	39.43	18.03	22.92	4.24	0.00		1.04	83.79
4	0.61	38.66	10.72	13.25	16.72	4.34	0.00	1.04	84.74
5	0.42	26.80	10.51	7.88	14.60	16.72	3.10	1.04	80.67
6	0.29	18.59	7.29	7.73	8.43	14.60	11.94	1.04	69.63
7	0.20	12.89	5.06	5.36	5.02	8.43	10.43	1.04	48.22
7.2336	0.19	11.83	3.51	3.72	4.92	5.02	6.02	1.04	36.05
8	0.15	9.59	3.22	2.58	3.41	4.92	3.58	1.04	28.33
9	0.12	7.28	2.61	2.36	2.36	3.41	3.51	1.04	22.58
10	0.09	5.55	1.98	1.92	1.84	2.36	2.44	1.04	16.91
11	0.07	4.21	1.51	1.46	1.50	1.84	1.69	1.04	13.04
12	0.05	3.20	1.14	1.11	1.22	1.50	1.17	1.04	10.38
13	0.04	2.43	0.87	0.84	0.93	1.22	1.07	1.04	8.40
14	0.03	1.84	0.66	0.64	0.70	0.93	0.87	1.04	6.69
15	0.02	1.40	0.50	0.49	0.53	0.70	0.66	1.04	5.33
16	0.02	1.07	0.38	0.37	0.41	0.53	0.50	1.04	4.30
17	0.01	0.81	0.29	0.28	0.31	0.41	0.38	1.04	3.52
18	0.01	0.62	0.22	0.21	0.23	0.31	0.29	1.04	2.92
19	0.01	0.47	0.17	0.16	0.18	0.23	0.22	1.04	2.47
20	0.01	0.36	0.13	0.12	0.14	0.18	0.17	1.04	2.13
21	0.00	0.27	0.10	0.09	0.10	0.14	0.13	1.04	1.87
22	0.00	0.21	0.07	0.07	0.08	0.10	0.10	1.04	1.67
23	0.00	0.16	0.06	0.05	0.06	0.08	0.07	1.04	1.52
24	0.00	0.12	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06	1.04	1.40
			0.03	0.03	0.03	0.05	0.04	1.04	1.23
				0.02	0.03	0.03	0.03	1.04	1.16
					0.02	0.03	0.02	1.04	1.11
						0.02	0.02	1.04	1.10
							0.01	1.04	1.07
									1.05
									158.435

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 11. Hidrograf banjir rancangan Nakayasu kala ulang 10 Tahun

t (jam)	HS m/det	Kala Ulang 10 Tahun						Qb (m ³ /det)	Qtotal (m ³ /det)
		Distribusi Hujan Jam-jam n Hidrograf Satuan (m ³ /det)							
		jam ke 1	jam ke 2	jam ke 3	jam ke 4	jam ke 5	jam ke 6		
0	0.00	0						1.04	1.04
1	0.54	36.08	0.00					1.04	37.12
1.7536	2.08	138.89	9.81					1.04	149.75
2	1.82	121.31	37.78	0.00				1.04	160.13
3	1.05	70.04	33.00	7.21	0.00			1.04	111.29
3.946	0.63	41.66	19.05	27.76	4.59	0.00		1.04	94.10
4	0.61	40.85	11.33	24.25	17.67	4.59	0.00	1.04	99.72
5	0.42	28.32	11.11	14.00	15.43	17.67	3.28	1.04	90.85
6	0.29	19.64	7.70	8.33	8.91	15.43	12.62	1.04	73.67
7	0.20	13.62	5.34	8.16	5.30	8.91	11.02	1.04	53.40
7.2336	0.19	12.50	3.70	5.66	5.20	5.30	6.36	1.04	39.77
8	0.15	10.13	3.40	3.93	3.60	5.20	3.78	1.04	31.08
9	0.12	7.70	2.75	2.72	2.50	3.60	3.71	1.04	24.05
10	0.09	5.85	2.09	2.50	1.73	2.50	2.57	1.04	18.28
11	0.07	4.44	1.59	2.02	1.59	1.73	1.78	1.04	14.21
12	0.05	3.38	1.21	1.54	1.29	1.59	1.24	1.04	11.28
13	0.04	2.57	0.92	1.17	0.98	1.29	1.14	1.04	9.10
14	0.03	1.95	0.70	0.89	0.74	0.98	0.92	1.04	7.22
15	0.02	1.48	0.53	0.67	0.57	0.74	0.70	1.04	5.74
16	0.02	1.13	0.40	0.51	0.43	0.57	0.53	1.04	4.61
17	0.01	0.86	0.31	0.39	0.33	0.43	0.40	1.04	3.75
18	0.01	0.65	0.23	0.30	0.25	0.33	0.31	1.04	3.10
19	0.01	0.49	0.18	0.22	0.19	0.25	0.23	1.04	2.61
20	0.01	0.38	0.13	0.17	0.14	0.19	0.18	1.04	2.23
21	0.00	0.29	0.10	0.13	0.11	0.14	0.13	1.04	1.95
22	0.00	0.22	0.08	0.10	0.08	0.11	0.10	1.04	1.73
23	0.00	0.16	0.06	0.07	0.06	0.08	0.08	1.04	1.56
24	0.00	0.13	0.04	0.06	0.05	0.06	0.06	1.04	1.44
			0.03	0.04	0.04	0.05	0.04	1.04	1.25
				0.03	0.03	0.04	0.03	1.04	1.17
					0.03	0.02	0.03	1.04	1.14
						0.02	0.02	1.04	1.10
							0.02	1.04	1.07
							0.01	1.04	1.05
								1.04	1.05
									160.133

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 12. Hidrograf banjir rancangan nakayasu kala ulang 25 Tahun

t (jam)	HS m/det	Kala Ulang 25 Tahun						Qb (m ³ /det)	Qtotal (m ³ /det)
		Distribusi Hujan Jam-jam n Hidrograf Satuan (m ³ /det)							
		jam ke 1	jam ke 2	jam ke 3	jam ke 4	jam ke 5	jam ke 6		
0	0.00	0.00						1.04	1.04
1	0.54	38.31	0.00					1.04	39.36
1.7536	2.08	147.50	10.42					1.04	158.96
2	1.82	128.83	40.12	0.00				1.04	169.99
3	1.05	74.38	35.04	7.66	0.00			1.04	118.12
3.946	0.63	44.24	20.23	29.48	4.87	0.00		1.04	99.87
4	0.61	43.38	12.03	25.75	18.76	4.87	0.00	1.04	105.84
5	0.42	30.08	11.80	14.87	16.39	18.76	3.48	1.04	96.42
6	0.29	20.86	8.18	8.84	9.46	16.39	13.40	1.04	78.17
7	0.20	14.46	5.67	8.67	5.63	9.46	11.70	1.04	56.64
7.2336	0.19	13.28	3.93	6.01	5.52	5.63	6.76	1.04	42.17
8	0.15	10.76	3.61	4.17	3.83	5.52	4.02	1.04	32.94
9	0.12	8.17	2.93	2.89	2.65	3.83	3.94	1.04	25.43
10	0.09	6.21	2.22	2.65	1.84	2.65	2.73	1.04	19.35
11	0.07	4.72	1.69	2.15	1.69	1.84	1.89	1.04	15.02
12	0.05	3.59	1.28	1.63	1.37	1.69	1.31	1.04	11.91
13	0.04	2.72	0.98	1.24	1.04	1.37	1.21	1.04	9.60
14	0.03	2.07	0.74	0.94	0.79	1.04	0.98	1.04	7.60
15	0.02	1.57	0.56	0.72	0.60	0.79	0.74	1.04	6.03
16	0.02	1.20	0.43	0.54	0.46	0.60	0.56	1.04	4.83
17	0.01	0.91	0.33	0.41	0.35	0.46	0.43	1.04	3.92
18	0.01	0.69	0.25	0.31	0.26	0.35	0.33	1.04	3.23
19	0.01	0.52	0.19	0.24	0.20	0.26	0.25	1.04	2.70
20	0.01	0.40	0.14	0.18	0.15	0.20	0.19	1.04	2.30
21	0.00	0.30	0.11	0.14	0.12	0.15	0.14	1.04	2.00
22	0.00	0.23	0.08	0.10	0.09	0.12	0.11	1.04	1.77
23	0.00	0.17	0.06	0.08	0.07	0.09	0.08	1.04	1.60
24	0.00	0.13	0.05	0.06	0.05	0.07	0.06	1.04	1.46
			0.04	0.05	0.04	0.05	0.05	1.04	1.26
				0.03	0.03	0.04	0.04	1.04	1.18
					0.03	0.02	0.03	1.04	1.15
						0.02	0.02	1.04	1.10
							0.02	1.04	1.07
							0.01	1.04	1.05
								1.04	1.05
									169.990

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 13. Hidrograf banjir rancangan nakayasu kala ulang 50 Tahun

Kala Ulang 50 Tahun									
t (jam)	HS m/det	Distribusi Hujan Jam-jam Hidrograf Satuan (m ³ /det)						Qb (m ³ /det)	Qtotal (m ³ /det)
		jam ke 1	jam ke 2	jam ke 3	jam ke 4	jam ke 5	jam ke 6		
0	0.00	73.62	20.02	14.72	9.36	9.36	6.69	1.04	1.04
1	0.54	39.85	0.00					1.04	40.90
1.7536	2.08	153.43	10.84					1.04	165.31
2	1.82	134.01	41.73	0.00				1.04	176.78
3	1.05	77.37	36.45	7.97	0.00			1.04	122.83
3.946	0.63	46.02	21.04	30.67	5.07	0.00		1.04	103.84
4	0.61	45.12	12.52	26.79	19.52	5.07	0.00	1.04	110.05
5	0.42	31.29	12.27	15.47	17.05	19.52	3.62	1.04	100.25
6	0.29	21.69	8.51	9.20	9.84	17.05	13.94	1.04	81.27
7	0.20	15.04	5.90	9.02	5.85	9.84	12.18	1.04	58.87
7.2336	0.19	13.81	4.09	6.25	5.74	5.85	7.03	1.04	43.82
8	0.15	11.19	3.76	4.34	3.98	5.74	4.18	1.04	34.22
9	0.12	8.50	3.04	3.01	2.76	3.98	4.10	1.04	26.43
10	0.09	6.46	2.31	2.76	1.91	2.76	2.84	1.04	20.09
11	0.07	4.91	1.76	2.24	1.76	1.91	1.97	1.04	15.58
12	0.05	3.73	1.33	1.70	1.42	1.76	1.37	1.04	12.35
13	0.04	2.83	1.01	1.29	1.08	1.42	1.25	1.04	9.94
14	0.03	2.15	0.77	0.98	0.82	1.08	1.02	1.04	7.87
15	0.02	1.64	0.59	0.75	0.62	0.82	0.77	1.04	6.23
16	0.02	1.24	0.45	0.57	0.47	0.62	0.59	1.04	4.98
17	0.01	0.94	0.34	0.43	0.36	0.47	0.45	1.04	4.04
18	0.01	0.72	0.26	0.33	0.27	0.36	0.34	1.04	3.32
19	0.01	0.55	0.20	0.25	0.21	0.27	0.26	1.04	2.77
20	0.01	0.41	0.15	0.19	0.16	0.21	0.20	1.04	2.36
21	0.00	0.31	0.11	0.14	0.12	0.16	0.15	1.04	2.04
22	0.00	0.24	0.09	0.11	0.09	0.12	0.11	1.04	1.80
23	0.00	0.18	0.07	0.08	0.07	0.09	0.09	1.04	1.62
24	0.00	0.14	0.05	0.06	0.05	0.07	0.07	1.04	1.48
			0.04	0.05	0.04	0.05	0.05	1.04	1.27
				0.04	0.03	0.04	0.04	1.04	1.19
				0.03	0.02	0.03	0.03	1.04	1.15
					0.02	0.02	0.02	1.04	1.10
						0.02	0.02	1.04	1.08
							0.01	1.04	1.05
									176.780

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 14. Hidrograf banjir rancangan nakayasu kala ulang 100 Tahun

Kala Ulang 100 Tahun									
t (jam)	HS m/det	Distribusi Hujan Jam-jam Hidrograf Satuan (m ³ /det)						Qb (m ³ /det)	Qtotal (m ³ /det)
		jam ke 1	jam ke 2	jam ke 3	jam ke 4	jam ke 5	jam ke 6		
0	0.00	76.32	20.76	15.26	9.71	9.71	6.93	1.04	1.04
1	0.54	41.32	0.00					1.04	42.36
1.7536	2.08	159.06	11.24					1.04	171.34
2	1.82	138.93	43.26	0.00				1.04	183.23
3	1.05	80.21	37.79	8.26	0.00			1.04	127.30
3.946	0.63	47.71	21.82	31.79	5.26	0.00		1.04	107.62
4	0.61	46.78	12.98	27.77	20.23	5.26	0.00	1.04	114.05
5	0.42	32.43	12.72	16.03	17.67	20.23	3.75	1.04	103.89
6	0.29	22.49	8.82	9.54	10.20	17.67	14.45	1.04	84.22
7	0.20	15.59	6.12	9.35	6.07	10.20	12.62	1.04	61.00
7.2336	0.19	14.32	4.24	6.48	5.95	6.07	7.29	1.04	45.39
8	0.15	11.60	3.89	4.50	4.13	5.95	4.33	1.04	35.44
9	0.12	8.81	3.15	3.12	2.86	4.13	4.25	1.04	27.36
10	0.09	6.70	2.40	2.86	1.98	2.86	2.95	1.04	20.79
11	0.07	5.09	1.82	2.32	1.82	1.98	2.04	1.04	16.12
12	0.05	3.87	1.38	1.76	1.48	1.82	1.42	1.04	12.77
13	0.04	2.94	1.05	1.34	1.12	1.48	1.30	1.04	10.27
14	0.03	2.23	0.80	1.02	0.85	1.12	1.05	1.04	8.12
15	0.02	1.70	0.61	0.77	0.65	0.85	0.80	1.04	6.42
16	0.02	1.29	0.46	0.59	0.49	0.65	0.61	1.04	5.13
17	0.01	0.98	0.35	0.45	0.37	0.49	0.46	1.04	4.15
18	0.01	0.74	0.27	0.34	0.28	0.37	0.35	1.04	3.40
19	0.01	0.57	0.20	0.26	0.22	0.28	0.27	1.04	2.83
20	0.01	0.43	0.15	0.20	0.16	0.22	0.20	1.04	2.40
21	0.00	0.33	0.12	0.15	0.12	0.16	0.15	1.04	2.08
22	0.00	0.25	0.09	0.11	0.09	0.12	0.12	1.04	1.83
23	0.00	0.19	0.07	0.09	0.07	0.09	0.09	1.04	1.64
24	0.00	0.14	0.05	0.07	0.05	0.07	0.07	1.04	1.50
			0.04	0.05	0.04	0.05	0.05	1.04	1.28
				0.04	0.03	0.04	0.04	1.04	1.19
				0.03	0.02	0.03	0.03	1.04	1.16
					0.02	0.02	0.02	1.04	1.11
						0.02	0.02	1.04	1.08
							0.01	1.04	1.06
									183.233

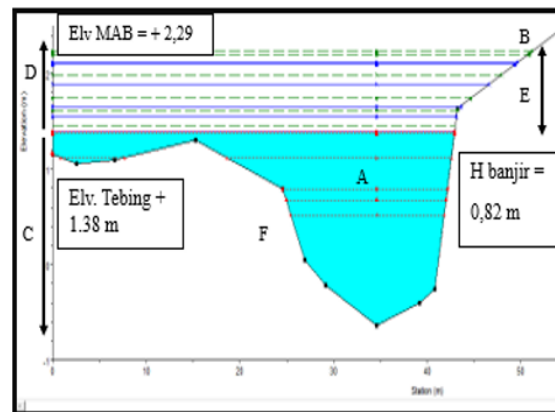
Sumber: Hasil Analisis

Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika yang dilaksanakan pada penelitian ini menggunakan software sebagai alat bantu dalam melakukan analisis profil muka air banjir dan penampangnya. Salah satu aplikasi yang digunakan dalam studi kasus ini adalah *Hec-Ras*. Dalam penelitian ini *Hec-Ras* digunakan sebagai bahan dalam analisis hidrolika. *Hec-Ras* yang dilaksanakan pada penelitian ini menggunakan versi 5.0.7.

1. Analisis Penampang Profil Muka Air Banjir Dengan *Hec-Ras* 5.0.7

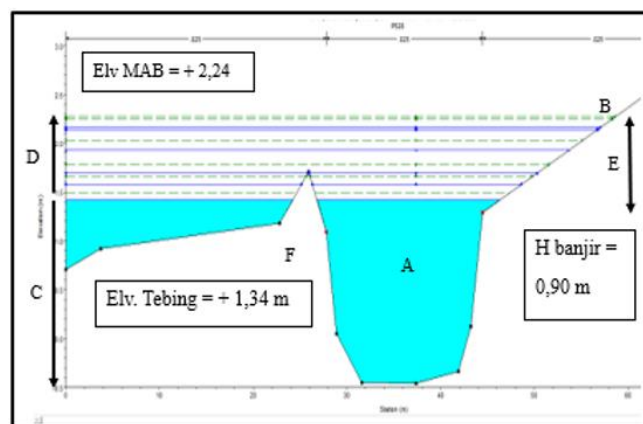
a. Profil Muka Air STA 0



Gambar 4. Hasil Running Hec-Ras STA 0

Sumber : Hasil Analisis

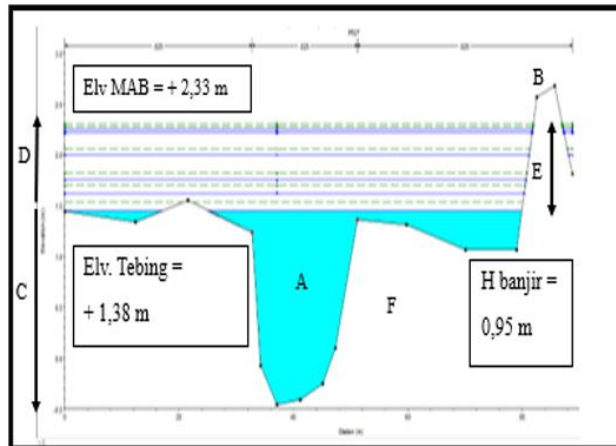
b. Profil Muka Air STA 50



Gambar 5. Hasil Running Hec-Ras STA 50

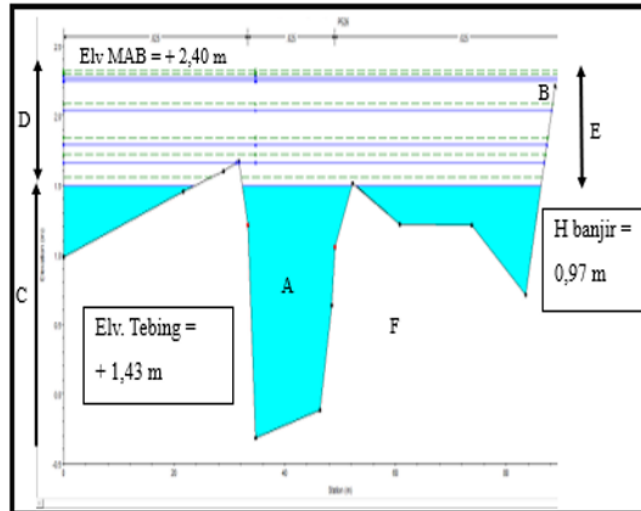
Sumber : Hasil Analisis

c. Profil Muka Air STA 100



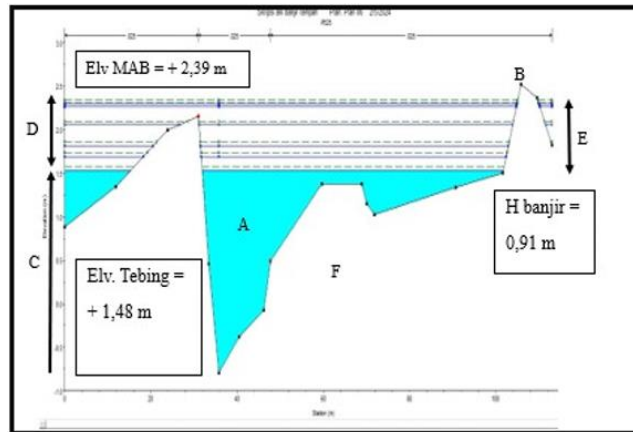
Gambar 6. Hasil Running Hec-Ras STA 100
Sumber Hasil Analisis

d. Profil Muka Air STA 150



Gambar 7. Hasil Running Hec-Ras STA 150
Sumber Hasil Analisis

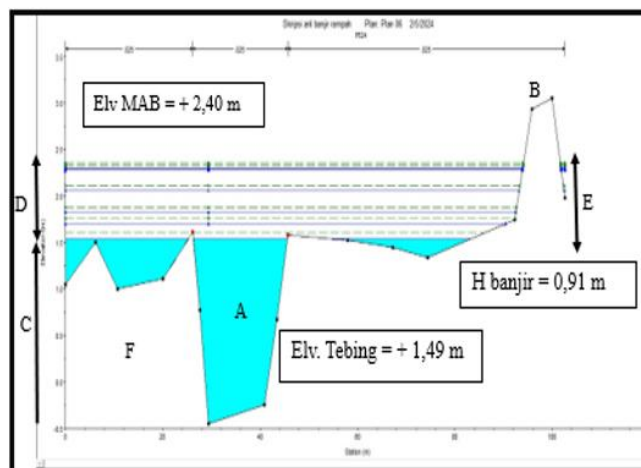
e. Profil Muka Air STA 200



Gambar 8. Hasil Running Hec-Ras STA 200

Sumber Hasil Analisis

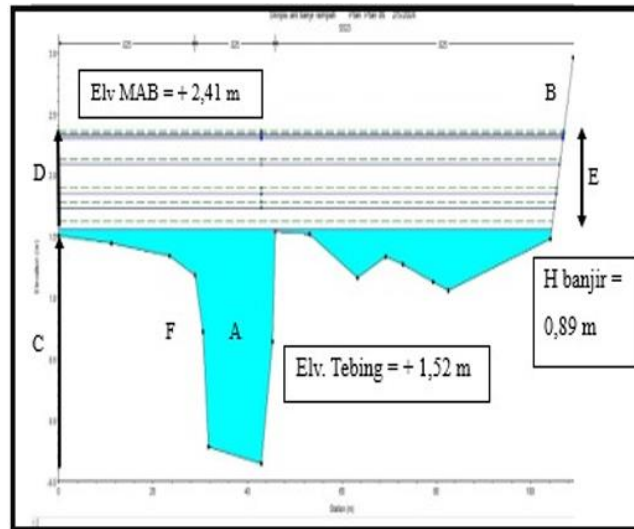
f. Profil Muka Air STA 250



Gambar 9. Hasil Running Hec-Ras STA 250

Sumber Hasil Analisis

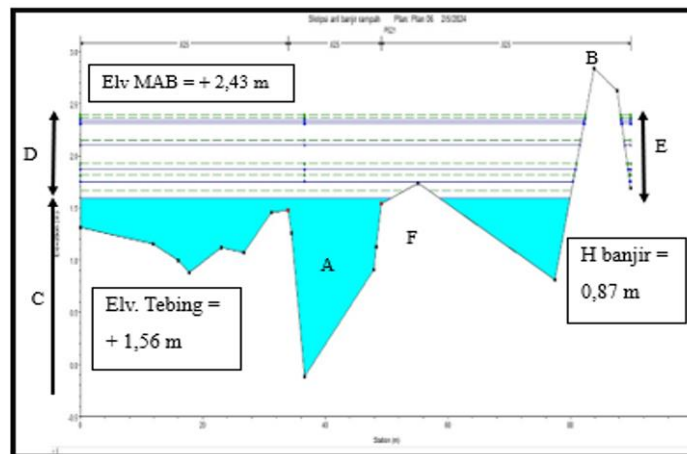
g. Profil Muka Air STA 300



Gambar 10. Hasil Running Hec-Ras STA 300

Sumber Hasil Analisis

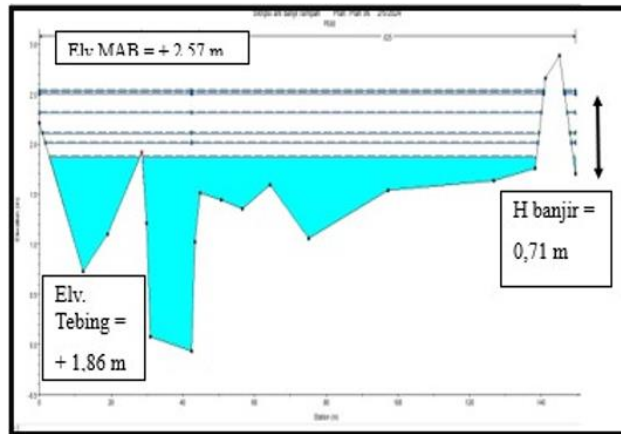
h. Profil Muka Air di STA 350



Gambar 11. Hasil Running Hec-Ras STA 350

Sumber Hasil Analisis

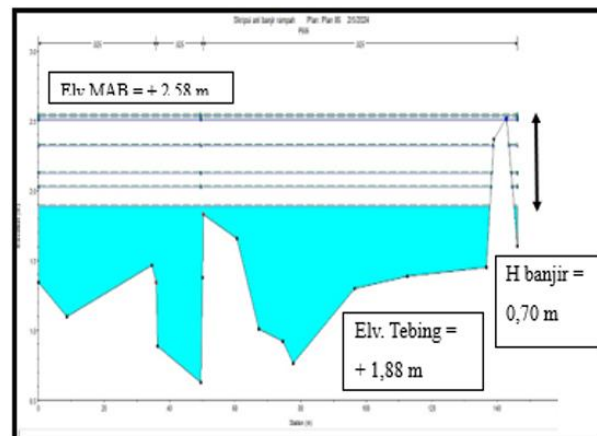
i. Profil Muka Air STA 850



Gambar 12. Hasil Running Hec-Ras STA 850

Sumber Hasil Analisis

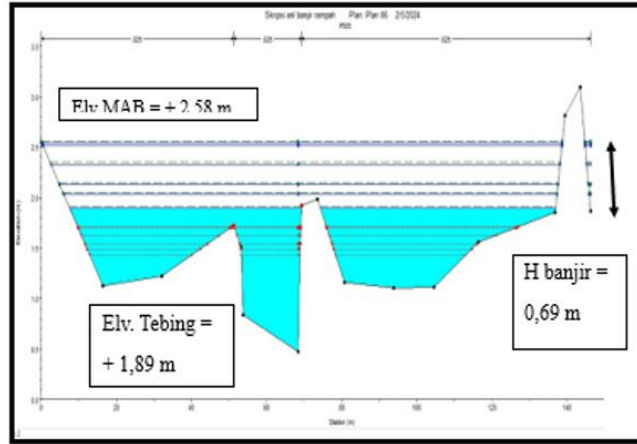
j. Profil Muka Air STA 900



Gambar 13. Hasil Running Hec-Ras STA 900

Sumber Hasil Analisis

k. Profil Muka Air STA 950



Gambar 14. Hasil Running Hec-Ras STA 950
Sumber Hasil Analisis

Tabel 15 . Tinggi Muka Air Banjir

River Station (RS) / STA	Cross Section	Q2	Q5	Q10	Q25	Q50	Q100	Tinggi Muka Air		Keterangan
								Total tinggi muka air terealisasi di Kab. Ulang 2,5,10,25,50,100		
0	P529	0.19	0.14	0.31	0.25	0.03	0.03	0.95	Nak	
50	P528	0.19	0.12	0.31	0.24	0.13	0.1	1.09	Nak	
100	P527	0.19	0.14	0.31	0.25	0.03	0.03	0.95	Nak	
150	P526	0.19	0.13	0.3	0.25	0.03	0.07	0.97	Nak	
200	P525	0.18	0.13	0.28	0.25	0.03	0.04	0.91	Nak	
250	P524	0.17	0.13	0.29	0.24	0.03	0.05	0.91	Nak	
300	P523	0.18	0.12	0.28	0.25	0.03	0.03	0.89	Nak	
350	P521	0.16	0.12	0.27	0.24	0.03	0.05	0.87	Nak	
400	P519	0.16	0.12	0.28	0.24	0.02	0.1	0.92	Nak	
450	P518	0.13	0.09	0.23	0.23	0.02	0.1	0.8	Nak	
500	P517	0.13	0.1	0.21	0.22	0.02	0.06	0.74	Nak	
550	P516	0.14	0.1	0.21	0.22	0.02	0.04	0.73	Nak	
600	P515	0.14	0.11	0.2	0.22	0.02	0.03	0.72	Nak	
650	P514	0.12	0.1	0.22	0.22	0.02	0.01	0.69	Nak	
700	P512	0.19	0.14	0.31	0.25	0.03	0.05	0.97	Nak	
750	P511	0.11	0.1	0.22	0.21	0.04	0.01	0.69	Nak	
800	P509	0.14	0.11	0.21	0.21	0.02	0.01	0.7	Nak	
850	P508	0.14	0.1	0.22	0.21	0.02	0.02	0.71	Nak	
900	P506	0.14	0.1	0.2	0.22	0.02	0.02	0.7	Nak	
950	P505	0.19	0.14	0.31	0.25	0.02	0.02	0.93	Nak	

Sumber : Hasil Analisis

Dari tabel 15 dapat dilihat ketinggian muka air banjir mengalami kenaikan di setiap cross section Sungai.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Hasil dari analisis hidrologi didapatkan bahwa perhitungan debit banjir rencana melalui dari curah hujan maksimum yang telah dianalisis dengan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu (HSS Nakayasu) adalah sebagai berikut:

$$Q_{2\text{tahun}} = 143.200 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$Q_{5\text{tahun}} = 158.435 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$Q_{10\text{tahun}} = 160.133 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$Q_{25\text{tahun}} = 169.990 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$Q_{50\text{tahun}} = 176.780 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$Q_{100\text{tahun}} = 183.233 \text{ m}^3/\text{det}$$

2. Dari hasil analisis hidrolika, melalui *software* Hec-Ras 5.0.7 dapat diketahui bahwa tinggi muka air pada setiap stasiun pengamatan (*River Station*) menunjukkan kenaikan di sepanjang penampang sungai. Tinggi muka air banjir bervariasi antara 0,69 m hingga 0,97 m. Hal ini menunjukkan bahwa pada kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun, terjadi peningkatan tinggi muka air yang relatif seragam di sepanjang alur sungai.
3. Berdasarkan curah hujan maksimum tahunan dari tahun 2015 hingga 2024, dapat disimpulkan bahwa kondisi hujan ekstrem di Kecamatan Sei Rampah menunjukkan variasi yang cukup signifikan setiap tahunnya. Nilai curah hujan maksimum tahunan berkisar antara 85 mm (paling rendah pada tahun 2018) hingga 126 mm (paling tinggi pada tahun 2023). Rata-rata curah hujan maksimum tahunan selama periode 10 tahun tersebut adalah 104,5 mm, yang menggambarkan bahwa secara umum wilayah Sei Rampah mengalami intensitas hujan maksimum tahunan di kisaran 100 mm.

Saran

1. Pihak Balai Wilayah Sungai Ditjen Kementerian PUPR atau dinas terkait, perlu melakukan pemeliharaan Garis Sepandan Sungai (GSS).
2. Agar tidak terjadinya luapan air sungai, maka diperlukan adanya pembangunan tanggul sungai setinggi \pm 1 meter.
3. Menggunakan metode atau aplikasi lain dalam menganalisis penampang sungai sebagai perbandingan dalam penelitian ini.
4. Diperlukan adanya normalisasi badan sungai agar volume air dapat tertampung sesuai dengan cuaca.
5. Penelitian ini dapat dilanjutkan dalam hal sedimentasi, agar mengetahui lebih lanjut faktor-faktor penyebab kejadian banjir di Sungai Belutu ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. (2023). *Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran sungai*. UGM PRESS.
- Amalia, M. (2022). *Rekayasa Sungai*, CV. Eureka Media Aksara, Bojongsari.
- Rahmadani, S., Harahap, R., Zulfikar, A., & Fadillia, M. (2024, January). Rainfall Analysis in Flood Prone Areas in Binjai City. In *Proceedings of the 5th International Conference on Innovation in Education, Science, and Culture, ICIESC 2023, 24 October 2023, Medan, Indonesia*.
- ANISGUSTIANI, A. (2020). *PENGENDALIAN BANJIR PADA SUNGAI DENGAN ANALISA HEC-RAS DI WILAYAH DARA KOTA BIMA* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Mataram).
- EcoEdu (2023). *MENGENAL MODEL HEC-RAS UNTUK SIMULASI BANJIR DAN SEDIMENTASI SUNGAI*. EcoEdu <https://www.ecoedu.id/mengenal-model-hec-ras-untuk-simulasi-banjir-dan-sedimentasi-sungai/>. (Diakses pada 24 April 2024).
- Fischer, P., Müller, S., & Hartmann, J. (2023). *Impact of sedimentation on river conveyance capacity and flood hazards*. *Geomorphology*, 435, 108–122.

- Harahap, R., Jeumpa, K., & Rahmadani, S. (2020, September). MITIGASI BANJIR PADA SISTEM DRAINASE. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik UISU (SEMNASSTEK)* (Vol. 3, No. 1, pp. 41-45).
- Istiarto, M. P. (2014). Simulasi aliran 1 dimensi dengan bantuan paket program hidrodinamika HEC-RAS. *Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta*.
- Iqbal, L. M. (2019). *TA: PEMODELAN RAINFALL RUNOFF MENGGUNAKAN PAKET PROGRAM HEC-HMS PADA DAS BENDUNG CILIMAN* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional).
- Kamiana, I. M. (2011). Teknik perhitungan debit rencana bangunan air. *Graha Ilmu, Yogyakarta*
- Kodoatie, R. J. (2002). *Banjir: beberapa penyebab dan metode pengendaliannya dalam perspektif lingkungan*. Pustaka pelajar.
- Amalia, M. (2022). *Rekayasa Sungai*, CV. Eurika Media Aksara, Bojongsari.
- Rahmadani, S., Harahap, R., Zulfikar, A., & Fadillia, M. (2024, January). Rainfall Analysis in Flood Prone Areas in Binjai City. In *Proceedings of the 5th International Conference on Innovation in Education, Science, and Culture, ICIESC 2023, 24 October 2023, Medan, Indonesia*.
- Rizka Amalia. (2018). *Analisis Potensi Banjir di Rezim Tengah Sungai Deli dengan Permodelan HEC-RAS*. Universitas Sumatera Utara. Medan
- Suripin. (2004). *"Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan"*. ANDI Offset Yogyakarta.
- Triadmodjo, Bambang. (2008). *"Hidrologi Terapan"*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Wardani, D.W.T. (2018). *"Pengaruh pemasangan check dam dengan variasi jarak pada belokan sungai menggunakan uji model laboraorium"*, Proyek akhri Universitas Negeri Yogyakarta