



Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Sario Di Titik Jembatan Wanea Kota Manado

Selly A. S. S. Rugian^{#a}, Jeffry S. F. Sumarauw^{#b}, Tiny Mananoma^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

^asellyrugian021@student.unsrat.ac.id, ^bjeffrysumarauw@unsrat.ac.id, ^ctmananoma@yahoo.com

Abstrak

Jembatan Wanea merupakan jembatan yang melintang dan berada persis di atas Sungai Sario. Keberadaan Sungai Sario di daerah jembatan ini beberapa kali meluap dan mengakibatkan terjadinya banjir di daerah sekitar Jembatan Wanea. Banjir bandang yang pernah terjadi pada awal tahun 2014, menjadi bencana banjir terbesar yang terjadi di sungai ini sehingga mengakibatkan kerugian yang besar bagi masyarakat setempat. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian, yakni analisis terhadap besarnya debit banjir dan elevasi tinggi muka air serta tahapan pengendalian banjir yang nantinya perlu dilakukan pada Sungai Sario di titik Jembatan Wanea. Analisis debit banjir dan tinggi muka air dilakukan dengan mencari frekuensi hujan dengan menggunakan metode Log Pearson III. Data curah hujan yang digunakan berasal dari empat pos hujan, yaitu pos hujan Tinoor, pos hujan Tikala-Rumengkor, pos hujan Tikala-Sawangan dan pos hujan Malalayang Kakaskasen. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum selama 16 tahun, yaitu tahun 2008 s/d 2023. Setelah didapat besaran hujan, pemodelan hujan aliran pada program komputer HEC-HMS menggunakan metode HSS *Soil Conversion Services*, dan untuk kehilangan air dengan SCS *Curve Number (CN)*. Untuk aliran dasar (*baseflow*) menggunakan metode *recession*. Dilakukan kalibrasi parameter HSS SCS sebelum melakukan simulasi debit banjir dengan mengkalibrasi debit puncak. Dalam kalibrasi ini, parameter yang dikalibrasi adalah *lag time*, *curve number*, *recession constant*, *baseflow* dan *ratio to peak*. Untuk Batasan setiap parameter disesuaikan dengan nilai standar pada program komputer HEC-HMS. Kemudian dilakukan analisis debit banjir dengan parameter yang terkalibrasi menggunakan program komputer HEC-HMS. Debit puncak hasil simulasi setiap kala ulang dimasukkan dalam program komputer HEC RAS untuk simulasi elevasi tinggi muka air pada penampang yang telah diukur. Hasil simulasi menunjukkan yang terjadi pada STA 0+50, STA 0+75, STA 0+100, STA 0+125, STA 0+150, STA 0+175 dan STA 0+200 pada semua debit banjir kala ulang dan pada STA 0+25 masih dapat menampung debit kala ulang 5 tahun dan debit kala ulang 10 tahun, kemudian luapan terjadi kembali pada debit kala ulang 25 tahun, kala ulang 50 Tahun dan kala ulang 100 Tahun.

Kata kunci: Jembatan Wanea, Sungai Sario, Banjir, HEC-HMS, HEC-RAS

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Jembatan Wanea merupakan jembatan yang menghubungkan langsung tiga kelurahan, yaitu Kelurahan Wanea, Kelurahan Ranotana dan Kelurahan Sario Kota Baru. Jembatan Wanea ini melintang dan berada persis di atas Sungai Sario. Keberadaan Sungai Sario di daerah ini, beberapa kali meluap dan mengakibatkan terjadinya banjir di daerah sekitar Jembatan Wanea, khususnya pada Kelurahan Wanea dan Kelurahan Ranotana. Berdasarkan informasi dari masyarakat, banjir bandang yang pernah terjadi pada awal tahun 2014 yang lalu menjadi bencana banjir terbesar yang terjadi di sungai ini sehingga mengakibatkan kerugian yang besar bagi masyarakat setempat.

Melihat permasalahan yang terjadi di sungai ini, maka diperlukan analisis terhadap besarnya debit banjir dan elevasi tinggi muka air di Sungai Sario tersebut agar dapat mengantisipasi berbagai hal dan resiko yang nantinya dapat merugikan masyarakat yang tinggal di sekitar daerah tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Tingginya intensitas curah hujan beberapa kali memicu terjadinya banjir pada Sungai Sario di titik Jembatan Wanea, Kota Manado. Untuk itu, perlu dilakukan analisis terhadap besarnya debit banjir dan elevasi tinggi muka air serta tahapan pengendalian banjir yang perlu dilakukan.

1.3. *Batasan Penelitian*

1. Titik tinjau terletak pada Jembatan Wanea yang menghubungkan langsung Kelurahan Wanea dan Kelurahan Ranotana dengan jarak 200 meter ke arah hulu.
 2. Analisis hidrologi menggunakan data hujan harian maksimum.
 3. Kala ulang rencana dibatasi pada 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun.
 4. Metode yang digunakan: untuk analisis hidrologi menggunakan program komputer HEC-HMS untuk mendapatkan besaran debit banjir rencana dan untuk analisis hidraulika menggunakan program komputer HEC-RAS untuk mendapatkan tinggi muka air banjir.

1.4. Tujuan Penelitian

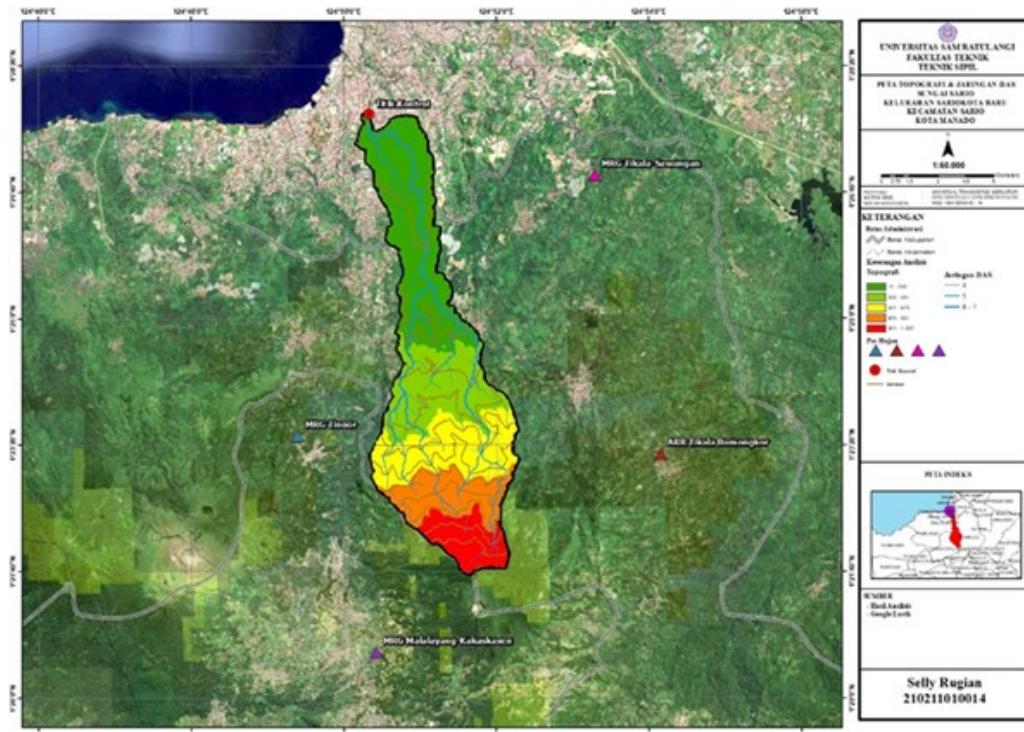
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besaran debit banjir dengan berbagai kala ulang dan elevasi tinggi muka air yang nantinya berpotensi terjadi pada penampang Sungai Sario, khususnya di titik Jembatan Wanea, Kota Manado.

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi bagi masyarakat yang ada dan tinggal di sekitar Sungai Sario serta menjadi bahan pertimbangan dari instansi terkait yang berwenang dalam pengendalian banjir.

1.6. *Lokasi Penelitian*

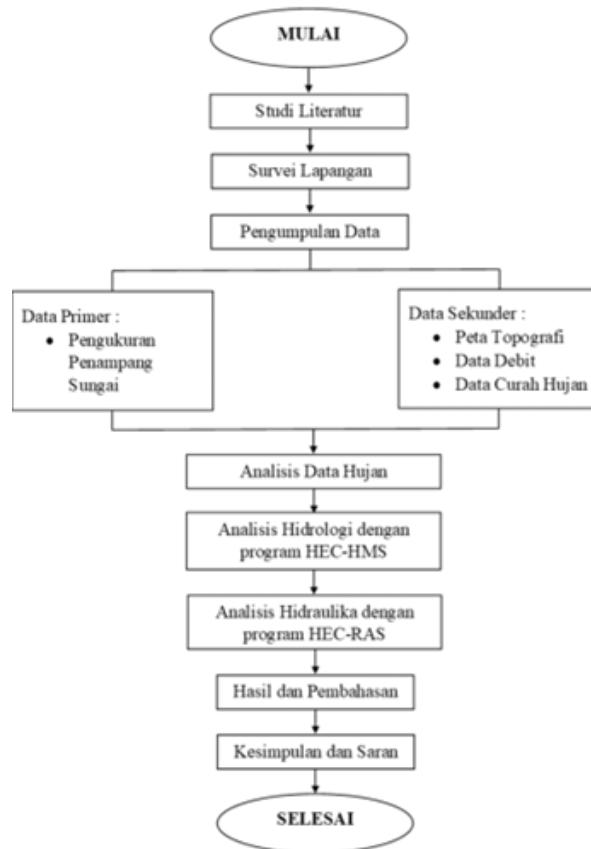
Lokasi penelitian terletak di Sungai Sario, tepatnya pada titik kontrol Jembatan Wanea, Kelurahan Wanea, Kecamatan Wanea, Kota Manado, Sulawesi Utara. Secara geografis titik kontrol yang dimaksud terletak pada $1^{\circ}27'42''$ Lintang Utara $124^{\circ}50'20''$ Bujur Timur.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (ArcMap 10.8)

2. Tahap Penelitian

Tahap penelitian digambarkan dalam alur yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3. Kajian Literatur

3.1. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan proses alami pergerakan air ke atmosfer yang kemudian akan kembali lagi ke bumi dalam bentuk hujan. Hal ini pun akan berlangsung secara terus-menerus atau bersifat kontinu.

3.2. Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan daerah yang dimana semua airnya akan mengalir ke dalam suatu sungai yang dimaksudkan. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi yang ditetapkan berdasarkan pada aliran permukaan. Batas ini tidak ditetapkan pada air bawah tanah, hal ini dikarenakan permukaan air tanah selalu berubah dengan musim yang ada dan tingkat kegiatan pemakaian.

3.3. Analisis Curah Hujan

Sesuai dengan daur hidrologi, air yang berada di bumi ini secara langsung maupun tidak langsung berasal dari air hujan. Hujan merupakan komponen masukan yang paling penting dalam proses hidrologi karena jumlah kedalaman hujan ini yang dialihragamkan menjadi aliran di sungai, baik melalui limpasan permukaan, aliran antara, maupun sebagai aliran air tanah.

Untuk mendapatkan perkiraan besar banjir yang terjadi di suatu penampang sungai tertentu, maka kedalaman hujan yang terjadi harus diketahui pula. Yang diperlukan adalah besaran kedalaman hujan yang terjadi di seluruh DAS. Jadi tidak hanya besaran hujan yang terjadi disuatu

stasiun pengukuran hujan, melainkan data kedalaman hujan dari beberapa stasiun hujan yang tersebar di seluruh DAS. Beberapa penelitian menggunakan analisis curah hujan (Supit Cindy dkk, 2013).

3.4. Analisis Outlier

Data *outlier* adalah data menyimpang terlalu tinggi ataupun terlalu rendah dari sekumpulan data. Uji *outlier* dilakukan untuk mengoreksi data sehingga baik untuk digunakan pada analisis selanjutnya.

Uji data *outlier* mempunyai 3 syarat, yaitu:

1. Jika $Cs_{log} \geq 0,4$ maka: uji *outlier* tinggi, koreksi data, uji *outlier* rendah, koreksi data.
2. Jika $Cs_{log} \leq 0,4$ maka: uji *outlier* rendah, koreksi data, uji *outlier* tinggi, koreksi data.
3. Jika $-0,4 < Cs_{log} < 0,4$ maka : uji *outlier* tinggi atau rendah, koreksi data. Rumus yang digunakan:

$$\bar{\log x} = \frac{\sum \log x}{n} \quad (1)$$

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

$$Cs_{log} = \frac{n}{(n-1)(n-2)S_{log}^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 \quad (3)$$

$$Outlier \text{ tinggi: } \text{Log } X_h = \bar{\log x} + Kn \cdot S_{log} \quad (4)$$

$$Outlier \text{ rendah: } \text{Log } X_l = \bar{\log x} - Kn \cdot S_{log} \quad (5)$$

Dengan:

- Cs_{log} = Koefisien kemencengan dalam log.
 S_{log} = Simpangan baku.
 $\bar{\log x}$ = Nilai rata – rata.
 Kn = Nilai K (diambil dari *outlier test K value*) tergantung dari jumlah data yang dianalisis.
 $\text{Log } X_h$ = *Outlier* tinggi.
 $\text{Log } X_l$ = *Outlier* rendah.
 n = Jumlah data.

Nilai Kn dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Kn = (-3,62201) + (6,28446 \times n^{\frac{1}{4}}) - (2,49835 \times n^{\frac{1}{2}}) + (0,491436 \times n^{\frac{3}{4}}) - (0,037911 \times n) \quad (6)$$

3.5. Parameter Statistik

Parameter statistik yang digunakan dalam analisis data hidrologi yaitu: rata – rata hitung (*mean*), simpangan baku (standar deviasi), kemencengan (koefisien *skewness*), koefisien variasi, dan koefisien kurtosis.

a) Rata – rata Hitung (*Mean*)

Rata – rata hitung merupakan nilai rata – rata dari sekumpulan data :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (7)$$

Dengan:

- \bar{X} = Nilai rata-rata
 n = Jumlah data
 x_i = Nilai varian

b) Standar Deviasi

Apabila penyebaran data sangat besar terhadap nilai rata – rata maka nilai S akan besar, tetapi apabila penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata – rata maka S akan kecil.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (8)$$

Dengan :

- S = Standar deviasi.
 X = Nilai rata – rata.
 n = Jumlah data.
 X_i = Nilai varian.

c) Koefisien *Skewness* (Kemencengan).

Kemencengan (*Skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan dari suatu bentuk distribusi. Pengukuran kemencengan adalah mengukur seberapa besar suatu kurva frekuensi dari suatu distribusi tidak simetris atau menceng.

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot S^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \quad (9)$$

Dengan :

- Cs = Koefisien Kemencengan.
 S = Standar deviasi.
 X = Nilai rata – rata
 n = Jumlah data.
 X_i = Nilai varian.

d) Kofisien Variasi

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata – rata hitung dari suatu distribusi.

$$Cv = \frac{S}{\bar{x}} \quad (10)$$

Dengan :

- Cv = Koefisien variasi
 S = Standar deviasi
 \bar{X} = Nilai rata-rata

3.6. Pemilihan Distribusi Probabilitas

Analisis hidrologi terhadap data curah hujan yang ada harus sesuai dengan tipe distribusi datanya. Masing – masing tipe distribusi memiliki sifat – sifat yang khusus sehingga tiap data hidrologi harus diuji kesesuaianya dengan sifat masing – masing tipe distribusi tersebut. Parameter – parameter yang digunakan sebagai langkah awal penentuan tipe distribusi adalah Cs , Cv , Ck . Kriteria pemilihan untuk tiap-tipe distribusi berdasarkan parameter statistik adalah sebagai berikut :

1. Tipe Distribusi Normal
 $Cs \approx 0$; $Ck \approx 3$
 2. Tipe Distribusi Log Normal $Cs \approx 3Cv$
 3. Tipe Distribusi Gumbel
 $Cs \approx 1,139$; $Ck \approx 5,4$
- Bila kriteria ketiga sebaran di atas tidak memenuhi, kemungkinan tipe sebaran yang cocok adalah:
4. Tipe Distribusi Log Pearson III

Persamaan Distribusi Log Pearson Tipe III:

$$\log X = \bar{\log x} + K_{TR,CS} \cdot S_{log x} \quad (11)$$

Dengan:

$\log X$ = Nilai varian X yang diharapkan terjadi pada peluang atau periode ulang tertentu

$\overline{\log x}$ = Rata-rata nilai X hasil pengamatan

$K_{TR,CS}$ = Karakteristik dari distribusi Log-Pearson Tipe III

$S_{\log X}$ = Standar deviasi logaritmik nilai X hasil pengamatan

3.7. Pola Distribusi Jam – jaman

Distribusi hujan jam-jaman adalah pembagi intensitas hujan yang didasari oleh pola hujan pada suatu daerah. Dalam penelitian ini digunakan pola hujan Kota Manado, Kabupaten Minahasa Utara dan Kabupaten Minahasa yang terjadi dalam waktu 7 – 10 jam (Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman Daerah Manado, Minahasa Utara dan Minahasa).

3.8. Debit Banjir Rencana

Pemodelan Hujan aliran program computer HEC-HMS akan menggunakan metode HSS *Soil Conservation Services*, dan untuk kehilangan air dengan *SCS Curve Number (CN)*. Untuk aliran dasar (*baseflow*) akan menggunakan metode *recession*.

3.9. Hidrograf Satuan Sintetis

Seperti disebutkan sebelumnya, untuk menghitung hidrograf satuan diperlukan data debit terukur dan data hujan yang cukup untuk memodelkan hidrograf satuan dari suatu DAS.

3.10. Kalibrasi Model

Kalibrasi adalah suatu proses dimana nilai dari hasil perhitungan dibandingkan dengan nilai hasil observasi lapangan. Kalibrasi Parameter HSS SCS perlu dilakukan untuk mendapatkan nilai parameter HSS SCS teroptimasi dengan membandingkan hasil simulasi HEC – HMS dengan debit terukur.

3.11. Simulasi Banjir Dengan Program Komputer HEC-HMS

Setelah dilakukan kalibrasi pada parameter – parameter yang ada, parameter-parameter tersebut kemudian akan digunakan sebagai parameter pada komponen sub DAS untuk perhitungan debit banjir.

3.12. Analisis Tinggi Muka Air

Analisis tinggi muka air akan menggunakan program komputer HEC-RAS, pada program komputer ini membutuhkan data masukan yaitu penampang saluran, karakteristik saluran untuk nilai koefisien *n manning*, dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng (*steady flow*).

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Data Curah Hujan

Analisis curah hujan DAS Sario di titik Jembatan Wanea, Kota Manado dilakukan dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan periode pencatatan tahun 2008 sampai dengan tahun 2023. Terdapat empat pos hujan yang berada di sekitar DAS Sario yaitu pos hujan Tinoor, pos hujan Tikala-Rumengkor, pos hujan Tikala-Sawangan dan pos hujan Malalayang-Kakaskasen. Berikut merupakan data hujan harian maksimum dari tahun 2008 sampai 2023.

Tabel 1. Data Curah Hujan Harian Maksimum
(Sumber: Balai Wilayah Sungai Sulawesi I)

No.	TAHUN	MRG Tinoor	ARR Tikala- Rumengkor	MRG Tikala- Sawangan	MRG Malalayang- Kakaskasen
1	2008	74,1	82,1	130,8	80
2	2009	65,4	118,4	100,3	38
3	2010	101,7	104,5	123	65
4	2011	102,4	87,8	120,3	92
5	2012	96,8	111,5	110	42
6	2013	110,5	146,6	180,4	157
7	2014	184	183	170,7	145
8	2015	108,2	108,5	90	204
9	2016	90,3	76,2	90,7	95
10	2017	156	96	180	96
11	2018	108,1	78	76	100
12	2019	120,3	44,2	130	104
13	2020	134,8	72	121	76
14	2021	156,4	113,5	175	165
15	2022	84,9	76	165	83
16	2023	126,2	73	126,2	76

Ada 4 pos hujan yang mewakili daerah tangkapan hujan untuk DAS Sario di Titik jembatan Wanea dan setelah melakukan uji *outlier*, tidak ada data hujan yang menyimpang terlalu tinggi ataupun terlalu rendah sehingga tidak perlu dilakukan koreksi dari data yang sudah ada.

4.2 Penentuan Tipe Distribusi Hujan

Hasil penentuan tipe sebaran menunjukkan tidak ada parameter statistik dari data pengamatan yang memenuhi syarat untuk distribusi normal, log normal, dan distribusi gumbel. Maka akan digunakan distribusi Log Pearson tipe III.

Tabel 2. Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Distribusi Normal	$C_s = 0$ $C_k = 3$	0,904 3,583	Tidak Memenuhi
Distribusi Log-Normal	$C_s = Cv^3 + 3 CV = 1,5657$ $C_k = Cv^8 + 6 \times Cv^6 + 15 \times Cv^4 + 16 \times Cv^2 + 3 = 3,9351$	0,904 3,583	Tidak Memenuhi
Distribusi Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,40$	0,904 3,583	Tidak Memenuhi
Distribusi Log-Pearson III	Bila tidak memenuhi parameter statistik yang sesuai dengan ketentuan distribusi sebelumnya	-	Memenuhi

4.3 Curah Hujan Rencana

Nilai $CS_{\log X}$ juga diperlukan untuk mencari nilai K. perhitungan dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung parameter statistik sehingga didapati : $C_{Slog} = 0,497$ (Kemencengang Positif).

Faktor frekuensi K untuk tiap kala ulang terdapat pada tabel K_T untuk kemencengang positif (terlampir) yang ditentukan dengan menggunakan nilai C_{SlogX} dan kala ulang dalam tahun.

Tabel 3. Nilai Cs_{log} Terhadap Kala Ulang
(Bambang Triatmodjo, 2008)

Cs_{log}	Periode Ulang/Kala Ulang (Tahun)					
	2	5	10	25	50	100
	Exceedance Probability					
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,88	2,261	2,615
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,91	2,11	2,686
0,497	-0,08	0,81	1,32	1,91	2,11	2,68

Selanjutnya adalah perhitungan hujan kala ulang 5 tahun : :

$$\log X_{TR} = \bar{Y} + K \cdot S_{logx} = 2,054 + (0,808) \times 0,097$$

$$= 2,13$$

$$X_{TR} = 10^{2,13} = 135,53 \text{ mm}$$

Tabel 4. Nilai Curah Hujan Rencana

Kala Ulang (TR)	Curah Hujan (mm)
5 Tahun	135,53
10 Tahun	151,99
25 Tahun	173,19
50 Tahun	181,28
100 Tahun	205,82

Hasil tabel tersebut merupakan hasil perhitungan menggunakan rumus persamaan untuk tipe sebaran Log Pearson III untuk tiap kala ulang.

4.4 Pola Distribusi Hujan Jam – Jaman

Tabel 5. Curah Hujan Rencana
Berdasarkan Pola Distribusi Hujan Manado, Minahasa Utara dan Minahasa
(Sumarauw Jeffry Swingly Frans, 2017)

Jam Ke-	1	2	3	4	5	6	7-10
% Distribusi Hujan	50,83	25,17	8,64	4,93	2,93	1,35	1,24

Tabel 6. Distribusi Hujan Rencana Berbagai Kala Ulang

Jam Ke	Kala Ulang (Tahun)				
	P (mm)	5	10	25	50
1	68,90	77,26	88,03	92,15	104,62
2	34,12	38,26	43,59	45,63	51,81
3	11,71	13,13	14,96	15,66	17,78
4	6,68	7,49	8,54	8,94	10,15
5	3,97	4,45	5,07	5,31	6,03
6	1,83	2,05	2,34	2,45	2,78
7-10	1,68	1,88	2,15	2,25	2,55
Total (mm)	128,89	144,53	164,69	172,38	195,71

Tabel di atas merupakan hasil perkalian dari curah hujan rencana dengan persentasi distribusi hujan tiap jam.

4.5 Perhitungan Nilai SCS Curve Number

Tabel 7. Jenis dan Tutup lahan DAS Sario di Titik Jembatan Wanea, Kota Manado (Analisis Data, 2024)

Jenis Tutup Lahan	Luas (Km)	Presentase (%)
Hutan (Penutupan Baik)	15,81	72,52
Pemukiman (Kedap Air 30%)	5,99	27,48
Total	21,80	100,00

Nilai *CN* rata – rata untuk DAS Sungai Sario di titik Jembatan Wanea, Kota Manado didapat dengan menjumlahkan hasil kali antara nilai *CN* tiap tutup lahan dengan persentase luas lahan terhadap luas total.

Tabel 8. Perhitungan Nilai CN Rata – Rata DAS Sario di Titik Jembatan Wanea, Kota Manado (Analisis Data, 2024)

Jenis Tutup Lahan	Luas (Km)	Presentase (%)	CN Tiap Lahan	CN
Hutan (Penutupan Baik)	15,81	72,52	77,00	55,84
Pemukiman (Kedap Air 30%)	5,99	27,48	81,00	22,26
Total	21,80	100,00	-	78,10

Nilai *CN* rata – rata DAS Sario adalah 78,10.

4.6 Analisis Banjir Rencana

Pemodelan hujan aliran pada program komputer HEC – HMS akan menggunakan metode HSS *Soil Conservation Service*, dan untuk kehilangan air dengan SCS *Curve Number (CN)*. Untuk aliran dasar (*baseflow*) akan menggunakan metode *recession*.

Asumsi *lag time* awal dari DAS Sario dengan data parameter DAS sebagai berikut:

$$L = 14,8954 \text{ km}$$

$$s = 0,08 \text{ m/m}$$

$$CN = 78,10$$

Perhitungan dilakukan sebagai berikut :

$$T_l = 0,6 T_c$$

$$T_c = \frac{0,606 (L \cdot n)^{0,467}}{s^{0,234}}$$

$$= \frac{0,606 (14,8954 \times 0,8)^{0,467}}{0,08^{0,234}}$$

$$= 3,48078 \text{ Jam}$$

$$T_l = 0,6 T_c$$

$$= 0,6 \times 3,48078$$

$$= 2,08847 \text{ Jam} \approx 125,308 \text{ Menit}$$

Selanjutnya, menghitung debit di Sungai Sario di Titik Jembatan Wanea dengan menggunakan metode analisis regional. Didapatkan data debit rata-rata Sungai Sario di titik Jembatan Wanea Tahun 2023 adalah $0,48 \text{ m}^3/\text{det}$. Debit ini akan digunakan sebagai *initial discharge* pada program komputer HEC-HMS.

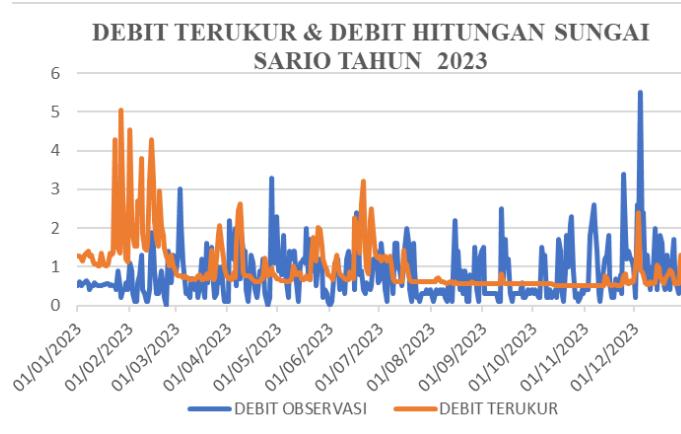
4.7 Parameter Hasil Kalibrasi

Parameter yang telah dioptimasi menggunakan program komputer HEC-HMS dikarenakan hasil kalibrasi debit puncak sama dengan $5,5 \text{ m}^3/\text{s}$ yang melebihi nilai debit terukur $5,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Dengan metode *Trial and Error* pada parameter yang ada akan diperoleh debit hasil yang memenuhi ketentuan. Parameter hasil kalibrasi ditampilkan dalam Tabel 9. Parameter yang telah dioptimasi akan dipakai untuk simulasi debit banjir rencana menggunakan program komputer HEC-HMS.

Tabel 9. Parameter – Parameter Hasil Kalibrasi

<i>CN</i>	45,9
<i>Recession constant</i>	0,1
<i>Ratio to Peak</i>	0,08
<i>Initial Discharge</i>	0,48
<i>Lag Time</i>	125,31

4.8 Data Debit Hasil Perhitungan dan Data Debit Terukur

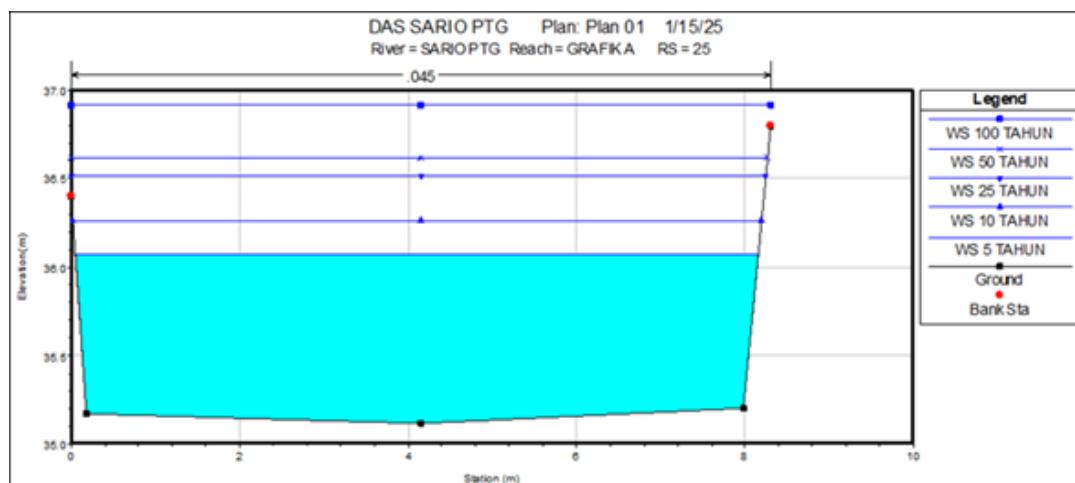
**Gambar 3.** Grafik Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur

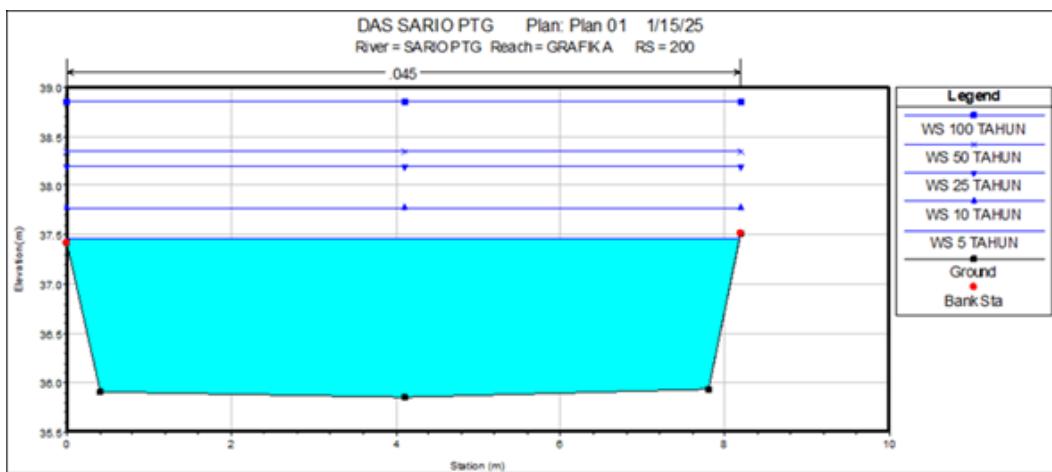
Grafik diatas adalah perbandingan dari data debit hasil perhitungan dan debit terukur, dimana nilai debit puncaknya sudah mendekati.

4.9 Hasil Simulasi-Simulasi Tinggi Muka Air dengan Program Komputer HEC-RAS

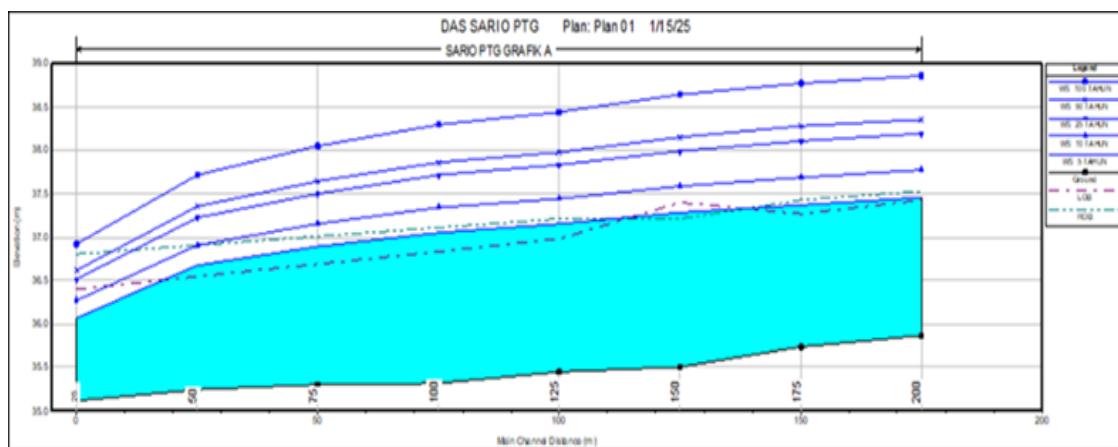
Analisis Hidraulika menggunakan program komputer HEC-RAS dilakukan dengan data masukkan yaitu data debit puncak dari perhitungan HSS-SCS yang diolah menggunakan program komputer HEC-HMS, dan data penampang sungai serta koefisien kekasaran saluran (nilai *n manning*).

Hasil simulasi menunjukkan adanya luapan air yang terjadi pada STA 0+50, STA 0+75, STA 0+100, STA 0+125, STA 0+150, STA 0+175 dan STA 0+200 pada semua debit banjir kala ulang dan pada STA 0+25 masih dapat menampung debit kala ulang 5 tahun dan debit kala ulang 10 tahun, kemudian luapan terjadi kembali pada debit kala ulang 25 tahun, kala ulang 50 Tahun dan kala ulang 100 Tahun.

**Gambar 4.** Rangkuman Tinggi Muka Air Sta. 0+25 m



Gambar 5. Rangkuman Tinggi Muka Air Sta. 0+200m



Gambar 6. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Sario di Titik Jembatan Wanea

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun = 21,9 m³/det, kala ulang 10 tahun = 29,1 m³/det, kala ulang 25 tahun = 39,6 m³/det, kala ulang 50 tahun = 44 m³/det, dan kala ulang 100 tahun = 58,5 m³/det.

Hasil simulasi program HEC-RAS menunjukkan STA 0+25 untuk kala ulang 5 tahun dan kala ulang 10 tahun tidak terjadi luapan, namun di kala ulang 25 tahun sampai kala ulang 100 tahun pada STA 0+25 adanya luapan air yang terjadi. Untuk STA 0+50 sampai 0+200 juga terjadi luapan air pada semua kala ulang tahunnya.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai debit banjir dan tinggi muka air banjir pada Sungai Sario di Titik Jembatan Wanea, Kota Manado, maka hal yang disarankan yakni agar dapat membuat dan menambah lagi tinggi tanggul yang sudah ada disepanjang sungai pada STA 0+25 sampai STA 0+200.

Referensi

- Bambang, Triadmodjo. 2008. *Hidrologi Terapan: Beta Offset*, Yogyakarta.
 Chow, V.T. Maidment, D. R. , Singapore: McGraw-Hill.Mays 1998. *Applied Hydrology*.
Hydrologic Engineering Center – Hydrograph Modeling System Technical 6.0 Reference Manual.
Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA. 2000.

- Hydrologic Engineering Center – River Analyst System 6.0 Refrence Manual.*
- Hydrologic Engineering Center. U.S Army Corps of Engineers, USA. 2016. Hydrologic Engineering Data Hujan Harian, MRG Tinoor, ARR Tikala-Rumengkor, MRG Tikala-Sawangan, MRG Malalayang-Kakaskasen, Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado*
- Data Debit Harian Sungai Sario. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- Seyhan, E. (1997). Dasar-dasar Hidrologi. In Dasar-Dasar Hidrologi.
- Kairupan, S. D., Sumarauw, J. S. F., & Hendratta, L. A. (2024). Analisis Kapasitas Penampang Terhadap Debit Banjir Anak Sungai Tikala. *Tekno*, 22(88).
- Nadia, K., Mananoma, T., & Tangkudung, H. (2019). Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Tembran di Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 7(6), 703–710.
- Oroh, J. R. R., Sumarauw, J. S. F., & Hendratta, L. A. (2024). Analisis Tinggi Muka Air Banjir Anak Sungai Sario. *Tekno*, 22(87).
- Sakudu, D. J., Sumarauw, J. S. F., & Mananoma, T. (2023). Kajian Pengendalian Banjir Di Sungai Kombi Desa Kombi. *Tekno*, 21(85).
- Sumarauw, J. S. F. (2017). Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman Daerah Manado, Minahasa Utara dan Minahasa. *Jurnal Sipil Statik*, 5(10), 669–678.
- Sumarauw, J. S. F., & Ohgushi, K. (2012). Analysis on curve number, land use and land cover changes in the Jobaru River basin, Japan. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 7(7), 787–793.
- Supit, C. J. (2009). THE IMPACT OF WATER PROJECTS ON RIVER HYDROLOGY Cindy J. Supit. *JURNAL TEKNO-SIPIL*.
- Talumepa, M. Y., Tanudjaja, L., & Sumarauw, J. S. F. (2017). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Lombagin Kabupaten Bolaang Mongondow. *Jurnal Sipil Statik*, 17(71), 699–710.
- Tampi, C. A., Sumarauw, J. S. F., & Supit, C. J. (2023). Analisis Tinggi Muka Air Banjir Sungai Paniki. *Tekno*, 21(85).