



Analisis Debit Banjir Dan Luas Genangan Sario Di Jembatan Wanea Kota Manado

Givael F. Kaawoan^{#a}, Jeffry S. F. Sumarauw^{#b}, Liany A. Hendratta^{#c}

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

^agivaelkaawoan021@student.unsrat.ac.id, ^bjeffrysumarauw@unsrat.ac.id, ^clianyhendratta@unsrat.ac.id

Abstrak

Sungai Sario merupakan sungai utama di Daerah Aliran Sungai (DAS) Sario dengan panjang aliran kurang lebih 15 km. Permasalahan utama yang sering terjadi adalah kenaikan debit air saat musim hujan yang memicu banjir dan genangan, khususnya di sekitar Jembatan Wanea. Kondisi ini menyebabkan gangguan aktivitas sosial, kemacetan, hingga kerusakan infrastruktur. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis besaran debit banjir dan luas penyebaran genangan pada berbagai kala ulang rencana di titik Jembatan Wanea guna mencari solusi pengendalian banjir yang efektif. Metodologi penelitian yang digunakan meliputi analisis hidrologi dan hidraulika dengan bantuan perangkat lunak komputer. Analisis hidrologi dilakukan menggunakan *software* HEC-HMS untuk menentukan debit banjir rencana berdasarkan data hujan harian maksimum. Sementara itu, analisis hidraulika untuk menentukan tinggi muka air dan pola genangan dilakukan menggunakan *software* HEC-RAS. Batasan penelitian difokuskan pada area hingga 200 m ke arah hulu dari Jembatan Wanea dengan variasi kala ulang rencana 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun. Berdasarkan hasil simulasi, penelitian ini mengidentifikasi titik-titik luapan sungai di sepanjang STA yang ditinjau serta menghitung total luas genangan yang dihasilkan pada setiap kala ulang rencana. Sungai Sario mengalami kenaikan tinggi muka air melebihi kapasitas penampang dan menghasilkan genangan yang terus meningkat seiring meningkatnya kala ulang. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi bagi instansi terkait dalam mengambil tindakan teknis untuk mengurangi risiko banjir di pemukiman warga sekitar Sungai Sario.

Kata kunci: Sungai Sario, debit banjir, luas genangan, HEC-HMS, HEC-RAS, Jembatan Wanea

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Sungai Sario merupakan sungai utama di DAS Sario sepanjang ± 15 km yang kerap meluap akibat curah hujan tinggi dan reduksi kapasitas penampang oleh sedimentasi, sehingga menimbulkan genangan berulang di sekitar bantaran Jembatan Wanea. Setelah banjir besar 2013, mitigasi kawasan ini belum tuntas; kasus awal tahun 2025 menunjukkan hulu sungai masih mengalami kenaikan muka air signifikan yang merendam permukiman warga dan memicu disrupsi sosial, ekonomi, hingga kerusakan infrastruktur. Meskipun pemerintah telah melakukan normalisasi DAS pada tahun 2023 melalui pembangunan tanggul dan pelebaran muara, upaya tersebut belum memberikan proteksi maksimal di titik Jembatan Wanea. Oleh karena itu, diperlukan analisis komprehensif mengenai debit banjir dan sebaran luasan genangan guna merumuskan strategi pengendalian banjir yang efektif, tepat sasaran, dan berkelanjutan di wilayah terdampak.

1.2. Rumusan Masalah

Tinggi debit banjir saat musim hujan menyebabkan genangan akibat meluapnya air

sungai di Sungai Sario khususnya daerah Jembatan Wanea. Untuk itu, perlu ditinjau peluapan air sungai yang mengakibatkan genangan Sungai Sario di titik Jembatan Wanea di berbagai kala ulang.

1.3. Batasan Penelitian

Penelitian yang dilakukan dibatasi pada hal – hal sebagai berikut :

1. Pengamatan dilakukan pada segmen Sungai Sario sepanjang 200 meter, terhitung dari titik 200 meter di hulu Jembatan Wanea.
2. Analisis hidrologi menggunakan data hujan harian maksimum
3. Kala ulang rencana dibatasi pada 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun
4. Metode : analisis hidrologi menggunakan *software* HEC-HMS untuk mendapatkan besaran debit banjir, dan HEC-RAS untuk analisis hidraulika untuk tinggi muka banjir dan luas genangan.

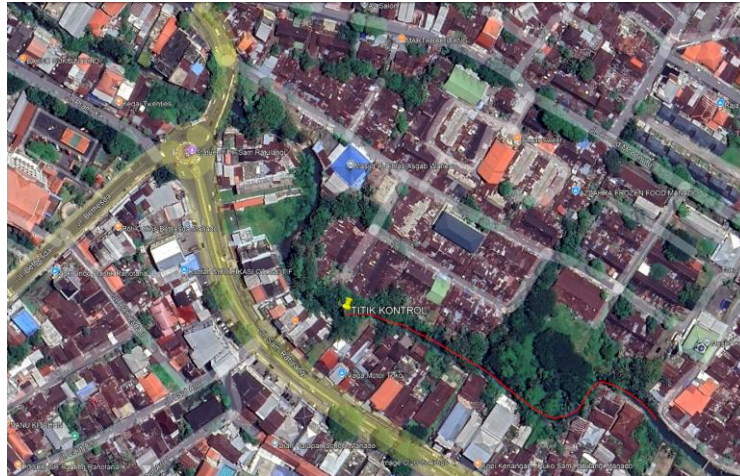
1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui debit banjir dan luas penyebaran genangan di berbagai kala ulang yang terjadi akibat meluapnya Sungai Sario di titik Jembatan Wanea beserta mencari solusi yang efektif.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai sumber informasi terkait tindakan lanjutan yang dapat dilakukan sehingga dapat mengurangi resiko banjir pada sungai yang menyebabkan terjadinya genangan di pemukiman warga.

1.6. Lokasi Penelitian



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Google Earth)

2. Tahap Penelitian

Tahap penelitian digambarkan dalam alur yang ditunjukkan pada Gambar 2.

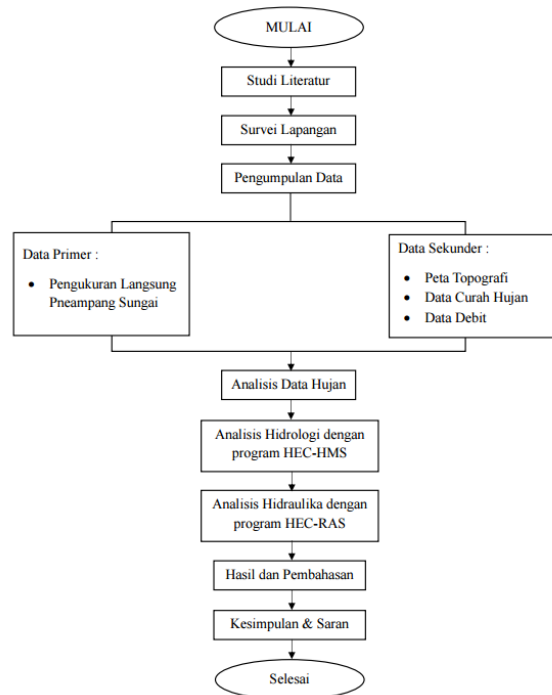
3. Kajian Literatur

3.1. Daerah Aliran Sungai (DAS)

DAS merupakan daerah yang dibatasi oleh pemisah air topografik (*topographic water divide*), apabila terjadi hujan maka air akan mengalir menuju pada saluran air yang dapat saling bersambungan (sistem sungai), sehingga aliran air terkumpul pada satu sungai dan akan keluar melalui satu saluran (*outlet*) pada wilayah sungai tersebut. (Amin, 2018)

3.2. Analisis Curah Hujan

Curah hujan yang tercatat pada beberapa stasiun pengamatan dalam suatu wilayah dapat berbeda karena lokasi stasiun yang tersebar. Oleh karena itu, diperlukan perhitungan curah hujan rata-rata wilayah dalam analisis hidrologi. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan yang umumnya dilakukan menggunakan Metode Rerata Aritmatik, Metode Poligon Thiessen, atau Metode Isohyet.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3.3. Analisis Data Outlier

Data *outlier* adalah data yang secara statistik menyimpang jauh dari kumpulan datanya (Sumarauw, 2023). Ada kemungkinan kesalahan yang di kandung dari data hidrologi yang didapatkan dari stasiun pengamat sehingga dapat berpengaruh dalam analisis hidrologi. 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 dan rendah sekaligus koreksi data.

Rumus yang digunakan:

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{n}$$

$$S_{log} = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \overline{\log x})^2}{N-1}}$$

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

- *Outlier* tinggi: $\text{Log } x_h = \overline{\log x} + Kn \cdot S_{log}$
- *Outlier* rendah: $\text{Log } x_l = \overline{\log x} - Kn \cdot S_{log}$

dengan:

Cs_{log} = Koefisien Kemencengan.

S_{log} = Simpangan Baku.

$\overline{\log x}$ = Nilai rata-rata

Kn = Nilai K diambil dari *outlier test K value* (tergantung n)

$\text{Log } x_h$ = *Outlier* tinggi.

$\text{Log } x_l$ = *Outlier* rendah.

n = Jumlah data

Nilai K_n dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

Untuk nilai Cs_{log} lebih dari 0,4:

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

Untuk nilai Cs_{log} kurang dari -0,4:

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

3.4. Parameter Statistik

Parameter statistik yang digunakan dalam analisis data hidrologi yaitu: rata – rata hitung (mean), simpangan baku (standar deviasi), koefisien variasi, kemencengan (koefisien *skewness*) dan koefisien kurtosis. (Hendratta et al., 2023)

a) Rata-rata Hitung

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

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

dengan:

$\bar{X}$ = Nilai rata-rata

N = Jumlah data

X_i = Nilai varian

b) Simpangan Baku

Umumnya ukuran dispersi yang paling banyak digunakan adalah deviasi standar. 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.

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

dengan:

S = Standar deviasi

$\bar{X}$ = 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.

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

dengan:

Cs = Koefisien kemencengan

S = Standar deviasi

$\bar{X}$ = Nilai rata-rata

N = Jumlah data

X_i = Nilai varian

d) Koefisien Variasi

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

$$CV = \frac{S}{\bar{X}}$$

dengan:

CV = Koefisien variasi

S = Standar deviasi

$\bar{X}$ = Nilai rata-rata

e) Koefisien Kurtosis

Pengukuran kurtosis dimaksudkan untuk mengukur kemencengan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal. Koefisien kurtosis digunakan untuk menentukan keruncingan kurva distribusi, dan dapat dirumuskan sebagai berikut.

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

dengan:

Ck = Koefisien kurtosis

S = Standar deviasi

$\bar{X}$ = Nilai rata-rata

N = Jumlah data

X_i = Nilai varian

3.5. Distribusi Probabilitas

Distribusi probabilitas atau distribusi peluang adalah suatu distribusi yang menggambarkan peluang dari sekumpulan varian sebagai pengganti frekuensinya. Analisis distribusi peluang bertujuan untuk menentukan periode ulang (return period), yaitu waktu hipotetis ketika debit atau hujan dengan besaran tertentu (XT) diprediksi akan disamai atau dilampaui satu kali dalam jangka waktu tersebut (Triatmodjo, 2008). Fungsi distribusi peluang yang dipergunakan dalam studi ini meliputi Distribusi Normal, Log-Normal, Gumbel, dan distribusi Log-Pearson III. Parameter-parameter yang digunakan sebagai langkah awal penentuan tipe distribusi adalah C_s , C_v , C_k . Kriteria pemilihan untuk tiap tipe distribusi berdasarkan parameter statistik adalah sebagai berikut:

1. Tipe distribusi Normal
 $C_s \approx 0$; $C_k \approx 3$
2. Tipe distribusi Log Normal
 $C_s \approx C_v^3 + 3 \cdot C_v$
 $C_k \approx C_v^8 + C_v^6 + 25C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
3. Tipe distribusi Gumbel
 $C_s \approx 1,139$; $C_k \approx 5,4$
4. Tipe distribusi Log Pearson III

Bila kriteria ketiga sebaran di atas tidak memenuhi, kemungkinan tipe sebaran yang cocok adalah tipe distribusi Log Pearson III.

3.6. Pola Distribusi Jam-jaman

Distribusi hujan jam-jaman adalah distribusi intensitas curah hujan yang disusun berdasarkan karakteristik pola hujan pada suatu daerah. Penelitian ini menggunakan pola distribusi hujan di wilayah Kota Manado, Minahasa, dan sekitarnya dengan durasi hujan berkisar 8–10 jam (Sumarauw, 2017).

3.7. Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit maksimum pada suatu sungai dengan periode ulang tertentu. Perhitungannya memerlukan beberapa data pendukung, seperti curah hujan, luas daerah aliran sungai (DAS), dan kondisi tutupan lahan.

3.8. Hidrograf Satuan

Hidrograf adalah penyajian antara salah satu unsur aliran dengan waktu. Sesuai dengan sifat dan perilaku DAS yang bersangkutan, hidrograf aliran selalu berubah sesuai dengan besaran dan waktu terjadinya

3.9. Hidrograf Satuan Sintesis Soil Conservation Services (SCS)

Simulasi debit banjir dilakukan menggunakan perangkat lunak *HEC-HMS* dengan metode *HSS Soil Conservation Service (HSS-SCS)*. Perhitungan kehilangan air (*loss*) menggunakan

metode *SCS Curve Number (CN)*, sedangkan aliran dasar (*baseflow*) dimodelkan dengan metode *recession*.

3.10. Kalibrasi

Proses kalibrasi dilakukan dengan membandingkan luaran kalkulasi atau simulasi terhadap data observasi di lapangan. Dalam studi ini, optimasi parameter *HSS-SCS* diperoleh melalui penyesuaian nilai parameter berdasarkan perbandingan antara hasil pemodelan *HEC-HMS* dan data debit yang terukur langsung.

3.11. Analisis Tinggi Muka Air

Analisis elevasi muka air dalam studi ini dimodelkan melalui *software* HEC-RAS. Tahapan komputasi aliran permanen (*steady flow*) tersebut mengintegrasikan beberapa parameter masukan utama, yaitu geometri penampang melintang, nilai koefisien kekasaran *Manning (n)* yang merepresentasikan kondisi fisik saluran, serta besaran debit banjir.

3.12. Analisis Luas Genangan

Analisis luas genangan dilakukan dengan menganalisa pemodelan luas genangan 2D bertujuan untuk mengetahui luas sebaran banjir akibat meluapnya Sungai menggunakan data DEM menggunakan *software* HEC-RAS.

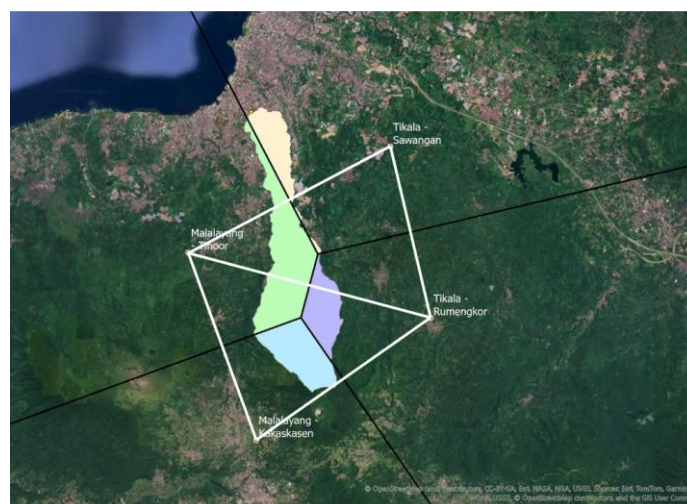
4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Analisis Daerah Aliran Sungai

Analisis Daerah Sungai (DAS) dilakukan untuk mengetahui luasan dari DAS Sario. Perhitungan luas DAS dilakukan dengan bantuan *software* ArcGIS Pro dan Google Earth untuk mengetahui batas-batas DAS Sario. Diperoleh luas DAS Sario dengan titik kontrol Jembatan Wanea 21,09 km².

4.2. Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan diambil dari data curah hujan harian maksimum berdasarkan sumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I pada periode tahun 2008-2024. Pos hujan yang ada disekitar lokasi DAS akan dianalisis menggunakan Poligon *Thiessen* untuk dilihat besar pengaruhnya terhadap DAS. Hasil dari analisis Poligon *Thiessen* didapatkan ada 4 pos hujan yang berpengaruh terhadap DAS yaitu pos Malalayang-Kakaskasen, Malalayang-Tinoor, Tikala-Sawangan, dan Tikala-Rumengkor.



Gambar 3. Polygon Thiessen Tahun 2008-2023



Gambar 4. Hasil Poligon Thiessen

Tabel 2. Hujan Harian Maksimum (*Balai Wilayah Sungai Sulawesi I*)

Tahun	Curah Hujan Max (mm)			
	Malalayang-Kakaskasen	Malalayang-Tinoor	Tikala-Sawangan	Tikala-Rumengkor
2008	80	74,1	130,8	82,1
2009	38	65,4	100,3	118,4
2010	65	101,7	123	104,5
2011	92	102,4	120,3	87,8
2012	42	96,8	110	111,5
2013	157	110,5	180,4	146,6
2014	145	184	170,7	183
2015	204	108,2	90	108,5
2016	95	90,3	90,7	76,2
2017	96	156	180	96
2018	100	108,1	76	78
2019	104	120,3	130	44,2
2020	76	134,8	121	72
2021	165	156,4	175	113,5
2022	83	87,9	165	76
2023	76	126,2	150	73
2024	85	126,2	120	98

4.3. Penentuan Tipe Distribusi Hujan

Berdasarkan hasil analisis parameter statistik, data curah hujan tidak memenuhi kriteria Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, maupun Distribusi Gumbel. Oleh karena itu, analisis frekuensi pada penelitian ini menggunakan Distribusi Log Pearson Tipe III.

Tabel 3. Penentuan Jenis Sebaran Data

1. Tipe Distribusi Normal				
Syarat: $C_s \approx 0$; $C_k \approx 3$				
Cs	0,981	Kontrol :	Tidak Memenuhi	
Ck	3,898	Kontrol :	Tidak Memenuhi	
Jadi, data di atas tidak memenuhi kriteria sebagai Tipe Distribusi Normal.				

2. Tipe Distribusi Log Normal				
Syarat: $C_s \approx C_v^3 + 3.C_v$; $C_k \approx C_v^8 + 6.C_v^6 + 15.C_v^4 + 16.C_v^2 + 3$				
Cs (hitung)	0,721	Kontrol :	Tidak Memenuhi	
Ck (hitung)	3,938	Kontrol :	Tidak Memenuhi	
Jadi, data di atas tidak memenuhi kriteria sebagai Tipe Distribusi Log Normal				

3. Tipe Distribusi Gumbell				
Syarat: $C_s \approx 1,14$; $C_k \approx 5,40$				
Cs	0,981	Kontrol :	Memenuhi	
Ck	3,898	Kontrol :	Tidak Memenuhi	
Jadi, data di atas tidak memenuhi kriteria sebagai Tipe Distribusi Gumbell				

4. Tipe Distribusi Log-Pearson III				
Karena tidak satupun tipe distribusi yang memenuhi kriteria di atas, maka digunakan tipe distribusi Log-Pearson III				

4.4. Analisa Curah Hujan Rencana

Faktor frekuensi nilai K_T didapat dari interpolasi tabel distribusi *Pearson III* untuk kemencengan positif dengan memperhitungkan nilai C_{slog} dengan didasari parameter S_{logx} , $K_{TR,Cs}$, dan $\log \bar{X}$.

Tabel 4. Nilai $K_{TR,Cs}$ Tiap Kala Ulang

Cslog	5	10	25	50	100
	Exeedence Probability				
0,6	0,8	1,328	1,939	2,359	2,755
0,532	0,805	1,328	1,919	2,326	2,708
0,5	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686

Selanjutnya sebagai contoh untuk perhitungan kala ulang 5 tahun adalah sebagai berikut:

$$\log X_{TR} = \log \bar{X} + K_{TR,Cs} \cdot S_{log}$$

$$\log X_{TR} = 2,035 + 0,805 \cdot 0,097$$

$$\log X_{TR} = 2,114$$

$$X_{TR} = 129,995 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan untuk kala ulang lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Curah Hujan Rencana

Kala Ulang (TR)	(log XTR)	Hujan Rencana (mm)
5 Tahun	2,114	129,995
10 Tahun	2,165	146,108
25 Tahun	2,222	166,746
50 Tahun	2,262	182,631
100 Tahun	2,299	198,898

4.5. Pola Distribusi Hujan Jam-jaman

Tabel 6. Pola Distribusi Hujan Kota Manado, Minahasa Utara dan Minahasa (Sumarauw Jeffry, 2017)

Jam Ke-	1	2	3	4	5	6	7	8 s.d 10
% Hujan	50,83	25,17	8,64	4,93	2,93	1,35	2,43	1,24

Perhitungan dilakukan dengan mengalikan hujan tiap kala ulang ke tiap persentase distribusi hujan. Hasil perhitungan untuk tiap kala ulang adalah sebagai berikut:

Tabel 7. Distribusi Hujan Rencana Berbagai Kala Ulang

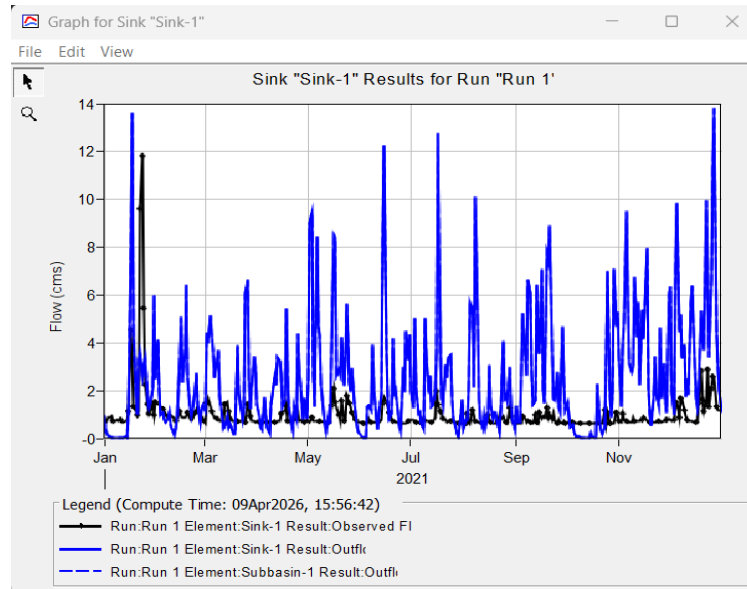
Jam Ke-	% Hujan	Hujan Rencana Jam-jaman (mm) Kala Ulang				
		5 tahun	10 tahun	25 tahun	50 tahun	100 tahun
1	50,83	66,077	74,267	84,757	92,831	101,100
2	25,17	32,720	36,775	41,970	45,968	50,063
3	8,64	11,232	12,624	14,407	15,779	17,185
4	4,93	6,409	7,203	8,221	9,004	9,806
5	2,93	3,809	4,281	4,886	5,351	5,828
6	1,35	1,755	1,972	2,251	2,466	2,685
7	2,43	3,159	3,550	4,052	4,438	4,833
8	1,24	1,612	1,812	2,068	2,265	2,466
9	1,24	1,612	1,812	2,068	2,265	2,466
10	1,24	1,612	1,812	2,068	2,265	2,466
Jumlah		129,995	146,108	166,746	182,631	198,898

4.6. Parameter Hasil Kalibrasi

Proses kalibrasi difokuskan pada evaluasi debit puncak dengan membandingkan nilai luaran simulasi terhadap data terukur di lapangan. Pada tahapan awal, pemodelah HEC-HMS menghasilkan debit puncak simulasi sebesar 19,6 m³/det, yang dinilai terlalu tinggi dibandingkan debit aktual sebesar 11,8 m³/det. Kalibrasi dilakukan dengan metode *try and error* mengganti tiap parameter yang ada sehingga debit puncak perhitungan mendekati debit puncak data pengukuran langsung. hingga diperoleh nilai simulasi akhir sebesar 13,9 m³/det. Karena hasil penyesuaian ini telah mendekati debit puncak terukur, performa model dinyatakan valid dan dapat diterima untuk analisis selanjutnya.

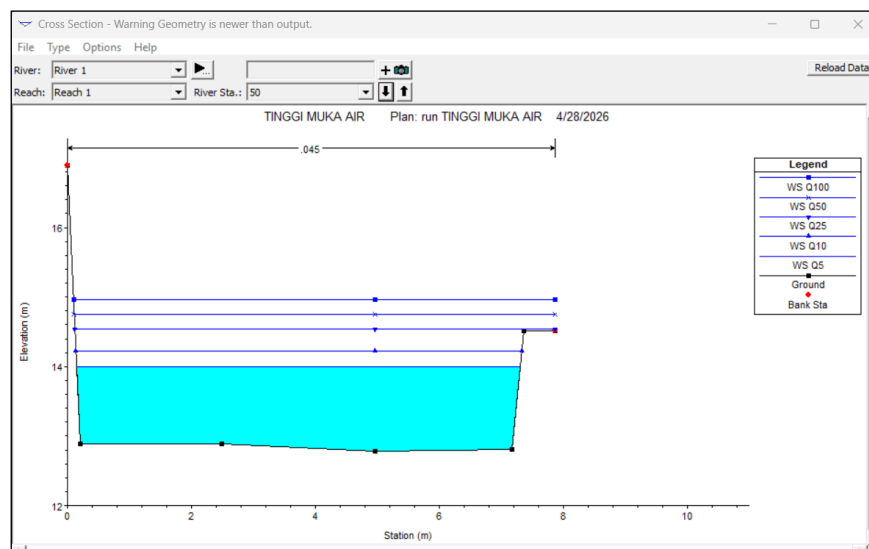
Tabel 8. Parameter Hasil Kalibrasi

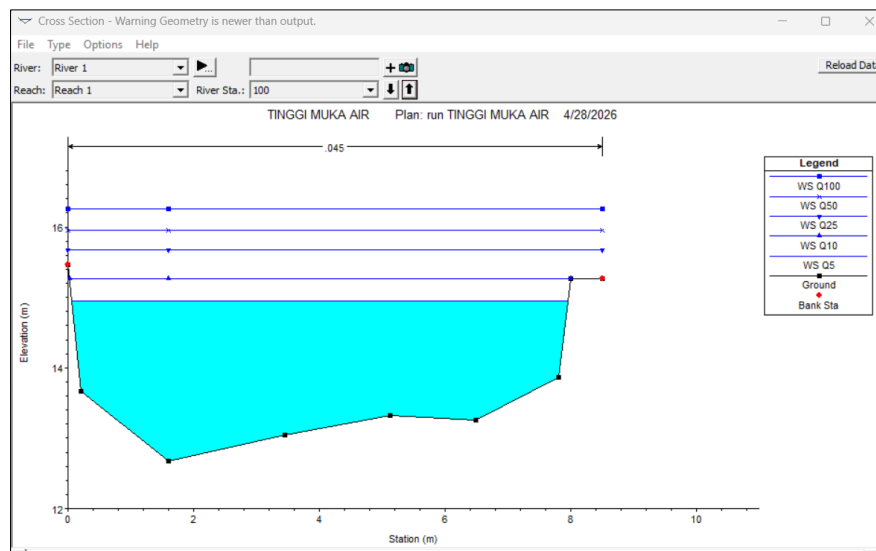
<i>CN</i>	57
<i>Lag Time</i>	165
<i>Initial discharge</i>	0.968
<i>Recession constant</i>	0.5
<i>Ratio to Peak</i>	0.2

**Gambar 5.** Grafik Perbandingan Debit Hitungan dan Debit Terukur

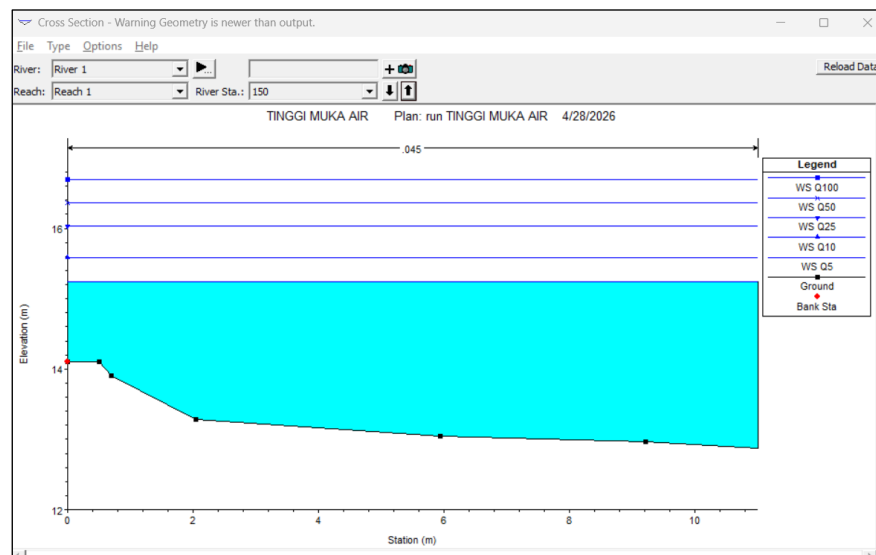
4.7. Analisis Tinggi Muka Air

Analisis tinggi muka air menggunakan *software HEC-RAS* membutuhkan data masukan yaitu data penampang saluran, karakteristik saluran untuk nilai koefisien “*n*” *Manning*, dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng (*Steady Flow*). Penampang sungai diambil 200 m ke arah hulu setelah 200 m dari titik kontrol.

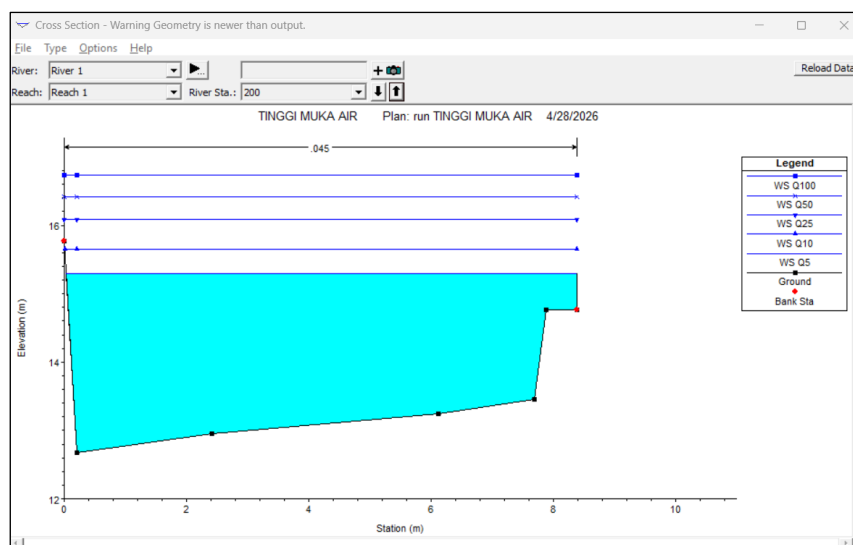
**Gambar 6.** Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0+050 m



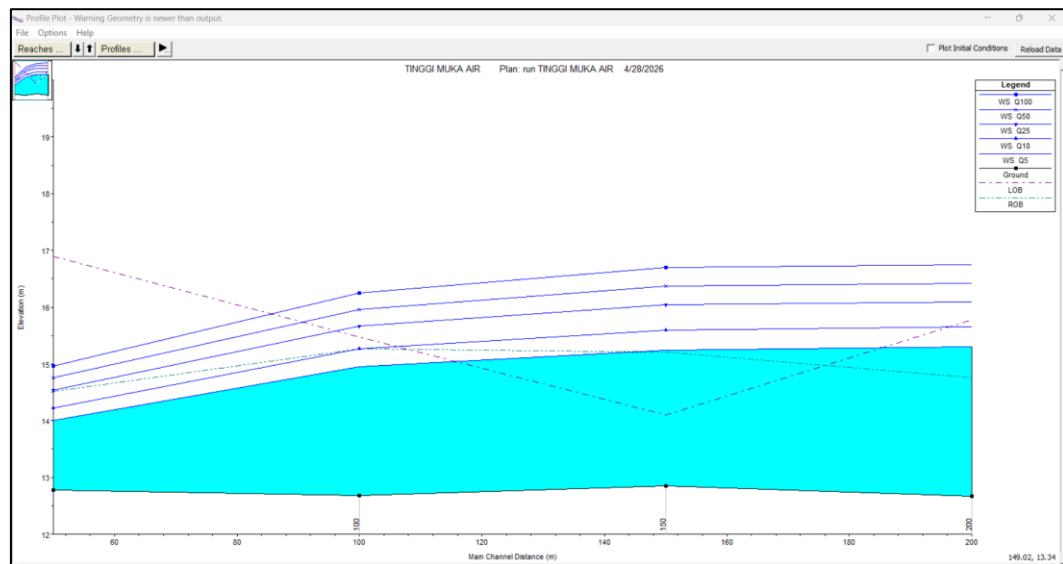
Gambar 7. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0+100 m



Gambar 8. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0+100 m



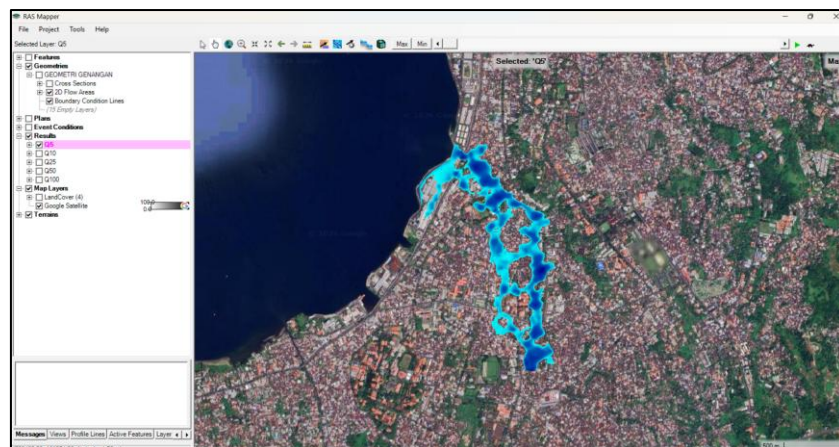
Gambar 9. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0+100 m



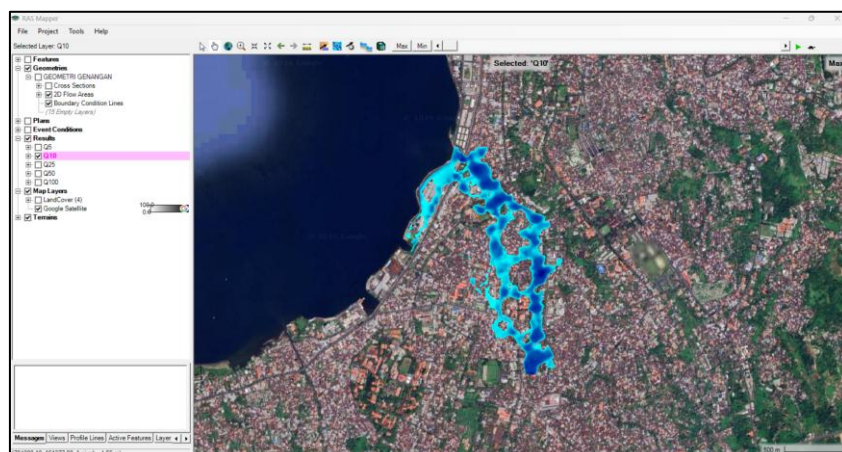
Gambar 10. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang

4.8. Hasil Simulasi Luas Genangan dengan Program Komputer HEC-RAS

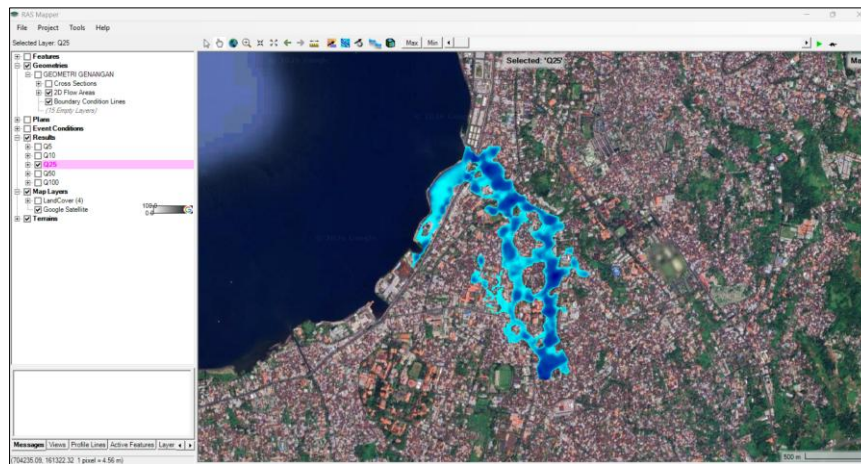
Analisis luas genangan dilakukan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS dengan memanfaatkan data topografi, koefisien kekasaran Manning (n), dan debit puncak banjir sebagai data masukan. Ketiga data tersebut digunakan dalam pemodelan aliran tak langgeng (*unsteady flow*) untuk menentukan luas genangan pada lokasi penelitian.



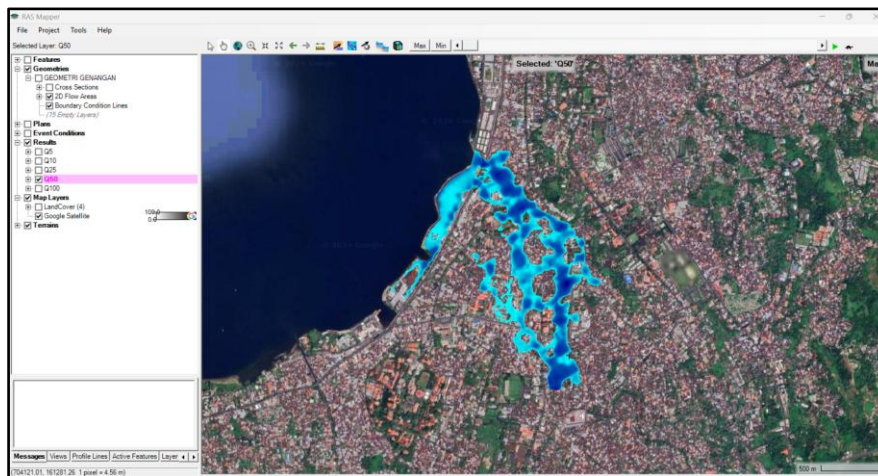
Gambar 11. Luas Genangan Kala Ulang 5 Tahun



Gambar 12. Luas Genangan Kala Ulang 10 Tahun



Gambar 13. Luas Genangan Kala Ulang 25 Tahun



Gambar 14. Luas Genangan Kala Ulang 50 Tahun



Gambar 15. Luas Genangan Kala Ulang 100 Tahun

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Analisis hidrologi menunjukkan besaran hujan kala ulang panjang menghasilkan debit puncak yang lebih besar akibat pengaruh koefisien penutup lahan, *Lag Time*, dan parameter HSS-SCS di DAS Sario. Nilai debit banjir rencana yang diperoleh berturut-turut adalah $18,8 \text{ m}^3/\text{s}$ (5 tahun), $32,3 \text{ m}^3/\text{s}$ (10 tahun), $55,9 \text{ m}^3/\text{s}$ (25 tahun), $78,7 \text{ m}^3/\text{s}$ (50 tahun), dan $106,3 \text{ m}^3/\text{s}$ (100

tahun). Simulasi *Steady Flow* HEC-RAS mengindikasikan kapasitas penampang Sungai Sario tidak mampu menampung beban hidrolik tersebut, sehingga memicu luapan di seluruh lokasi tinjauan (STA 0+050 m hingga STA 0+200 m) pada semua kala ulang.

Luapan aliran ini mengakibatkan genangan di bantaran sungai dengan luasan yang meningkat signifikan seiring bertambahnya debit rencana. Luas genangan terhitung sebesar 476.527,630 m² (0,477 km²) pada kala ulang 5 tahun, 545.824,466 m² (0,546 km²) untuk 10 tahun, dan 606.329,32 m² (0,636 km²) untuk 25 tahun. Pada periode ulang ekstrem, cakupan genangan meluas mencapai 709.482,462 m² (0,709 km²) pada kala ulang 50 tahun dan mencapai puncaknya sebesar 799.643,343 m² (0,800 km²) pada kala ulang 100 tahun.

5.2. Saran

Disarankan untuk membuat kembali tanggul untuk mencegah air meluar ke daerah yang berada sekitar sungai. Langkah untuk normalisasi kembali penampang sungai juga dianjurkan seperti dilakukan pengerukan di dasar sungai untuk memperbaiki penampang sungai.

Referensi

- Amin, M. I. (2018). *Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*.
 Asdak, C. (2014). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (Edisi Revisi)*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
 Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill. New York.
 Fahrezi, D., Lambertus Tanudjaja, A., & Sumarauw, J. S. F. (2018). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Talawaan Di Titik 250 m Sebelah Hulu Bendung Talawaan. *Jurnal Sipil Statik*, 6(5), 269–276.
 Hartini, E., & Kesehatan, F. *Hidrologi & Hidrolika Terapan*.
 Hendratta, L. A., Laurentia, S. C., Koh, D., Mangangka, I., Thambas, A., Sumanti, F., & Monica, L. (2024). Tondano Lake Management-Environmental Issues and Integrated Counter Measurements. *Environment and Ecology Research*, 12(5), 480–491. <https://doi.org/10.13189/eer.2024.120502>.
 HEC-RAS, River Analysis System Hydraulic Reference Manual. (2016). www.hec.usace.army.mil
 Hydrologic Modeling System HEC-HMS User's Manual CPD-74A.
 Jemmy Abidjulu, H. K. (2015). Analisis Kualitas Air Sungai Sario Kecamatan Sario Manado. *E-Journal Universitas Sam Ratulangi*, 1.
 Kairupan S. D., Sumarauw, J. S. F., & Hendratta, L. A. (2024). Analisis Kapasitas Penampang Terhadap Debit Banjir Anak Sungai Tikala Di Kompleks Jalan Manguni 17, Kelurahan Perkamil. In *Tahun* (Vol. 22, Issue 88).
 Nadia, K., Mananoma, T., & Tangkudung, H. (2019). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Ssungai Tembran Di Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 7(Juni), 703–710.
 Suadnya, D. P., Sumarauw, J. S. F., & Mananoma, T. (2017). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Banjir Sungai Sario Di Titik Kawasan Citraland. *Jurnal Sipil Statik*, 5, 143–150.
 Sumarauw, F. (2017). Pola Distribusi Dujan Jam-Jaman Daerah Manado, Minahasa Utara dan Minahasa. *Jurnal Sipil Statik*, 5(10), 669–678.
 Sumarauw, J., & Ohgushi, K. (2012). Analysis on Curve Number, Land Use and Land Cover Changes and the Impact to the Peak Flow in the Jobaru River Basin, Japan. *IJCEE-IJENS*.
 Sumarauw, J. S. F. (2023a). Analisis Frekwensi Hujan. *Bahan Ajar Mahasiswa. Universitas Sam Ratulangi*.
 Sumarauw, J. S. F. (2023b). Hujan. *Bahan Ajar Mahasiswa. Universitas Sam Ratulangi*.
 Sumarauw, J. S. F. (2023c). Pengujian Data Hidrologi. *Bahan Ajar Mahasiswa. Universitas Sam Ratulangi*.
 Supit, C. J. *The Impact Of Water Projects On River Hydrology*.
 Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
 Syarifuddin Kadir. (2020). *Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*.
 Triadmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
 Witsly Sondak Hanny Tangkudung, S., & Hendratta, L. (2019). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Girian Kota Bitung. *Jurnal Sipil Statik*, 7(8), 1049–1058.
 Yosua, M., Lambertus Tanudjaja, T., & Sumarauw, J. S. F. (2017). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Sangkub Kabupaten Bolaang Mongondow Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 5(10), 699–710.