



Analisis Debit Banjir Dan Luas Genangan Sungai Sario Di Titik Jembatan Pakowa Quala, Kota Manado

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

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

^aindahmaharani021@student.unsrat.ac.id, ^bjeffrysumarauw@unsrat.ac.id, ^clianyhendratta@unsrat.ac.id

Abstrak

Sungai Sario merupakan salah satu sungai utama di Kota Manado yang melintasi kawasan padat penduduk dan sering mengalami luapan air sehingga menyebabkan salah satu titik sungai di Jembatan Pakowa Quala, Kelurahan Pakowa, Kecamatan Wanea, terkena dampak banjir. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis besarnya debit banjir dan luas genangan untuk kala ulang 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun. Untuk menganalisis debit banjir, tinggi muka air, dan luas genangan menggunakan metode *Log Pearson III* untuk menentukan frekuensi hujan. Data curah hujan diperoleh dari 4 pos hujan yaitu pos hujan Malalayang-Kakaskasen, Malalayang-Tinoor, Tikala-Sawangan, dan Tikala-Rumengkor yang berpengaruh di Daerah Aliran Sungai Sario berdasarkan metode *Polygon Thiessen*. Analisis hidrologi dilakukan dengan menggunakan program komputer *HEC-HMS* untuk mendapatkan debit rencana dan analisis hidraulik menggunakan program komputer *HEC-RAS* untuk memodelkan tinggi muka air dan luas genangan. Hasil analisis menunjukkan debit puncak dan luas genangan setiap kala ulang bervariasi. Berdasarkan simulasi pada stasiun tinjauan (STA 0+50 hingga 0+200), diidentifikasi titik-titik yang mengalami luapan air di atas kapasitas penampang sungai.

Kata kunci: debit banjir, tinggi muka air, luas genangan, HEC-HMS, HEC-RAS

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Sungai Sario adalah salah satu sungai terpanjang di Kota Manado yang berperan penting dalam sistem drainase perkotaan. Berdasarkan informasi dari masyarakat yang berdomisili di sekitar sungai, banjir telah beberapa kali terjadi pada sungai ini. Selain itu juga, pada bulan Mei tahun 2025 kembali terjadi banjir akibat meluapnya sungai Sario sehingga mengakibatkan salah satu titik sungai Sario tepatnya di jembatan Pakowa Quala, juga terkena dampak yang menyebabkan luapan dan banjir di area titik sungai tersebut. Melihat permasalahan yang terjadi di sungai ini, maka dari itu diperlukan analisis besarnya debit banjir dan untuk mengetahui seberapa luas genangan pada sungai Sario sehingga bisa menemukan solusi untuk menghindari terjadinya permasalahan banjir yang akan merugikan warga setempat.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, tingginya intensitas hujan yang sering terjadi memicu banjir pada sungai Sario di titik Jembatan Pakowa Quala, Kecamatan Wanea, Kota Manado. Untuk itu, perlu dilakukan analisis dalam berbagai kala ulang terhadap besarnya debit banjir dan luas genangan.

1.3. Batasan Penelitian

1. Titik kontrol yang diambil di Jembatan Pakowa Quala, Kecamatan Wanea, dengan jarak

- tinjauan 200 meter ke arah hilir;
2. Analisis hidrologi menggunakan data curah hujan harian maksimum;
 3. Analisis hidrologi menggunakan program komputer *HEC-HMS* untuk mendapatkan besaran debit banjir rencana dan untuk analisis hidraulika menggunakan program komputer *HEC-RAS* untuk mendapatkan luas genangan;
 4. Hanya menghitung kala ulang rencana 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun.

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besaran debit banjir dan luas genangan dengan kala ulang rencana 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun pada sungai Sario, Kecamatan Wanea, Kota Manado.

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan menjadi sumber informasi bagi masyarakat serta menjadi bahan pertimbangan dari instansi terkait yang berwenang dalam menyusun program pengendalian banjir.

1.6. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Jl. Samaria Pakowa, Kecamatan Wanea, Kota Manado. Dengan titik kontrol yang diambil untuk penelitian ini berada di Jembatan Pakowa Quala, secara geografis terletak pada $1^{\circ}27'26.60''$ Lintang Utara dan $124^{\circ}50'40.09''$ Bujur Timur.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (*Google Earth*)

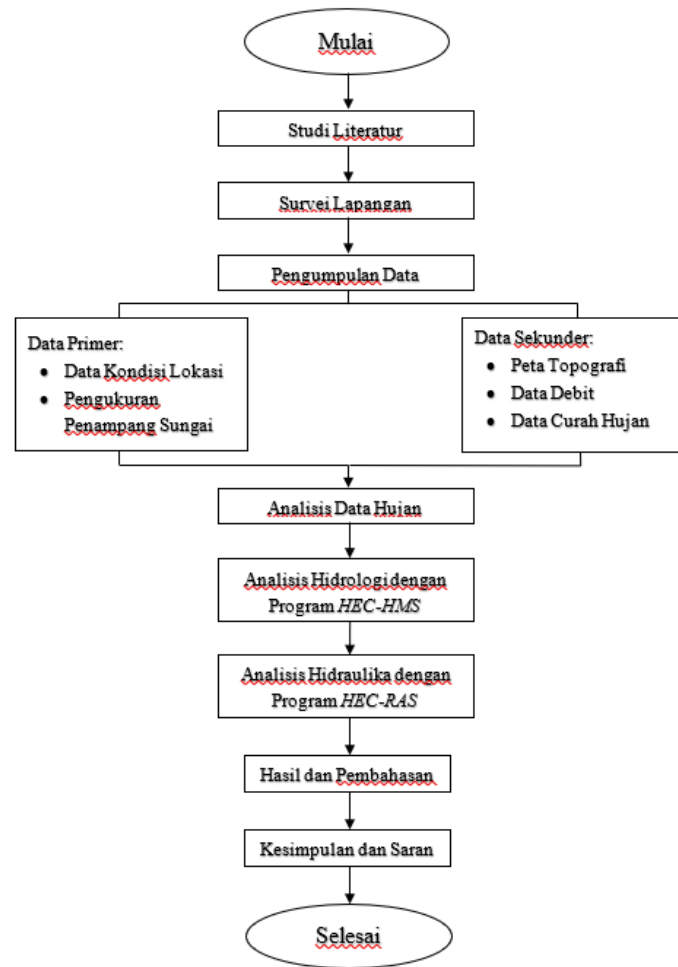
2. Tahap Penelitian

Tahap penelitian digambarkan dalam alur yang ditunjukkan pada Gambar 2.

3. Kajian Literatur

3.1. Hidrologi

Hidrologi berasal dari Bahasa Yunani, *Hydrologia*, yang berarti “ilmu air”. Hidrologi adalah cabang ilmu Geografi yang mempelajari pergerakan, distribusi, dan kualitas air di seluruh Bumi, termasuk siklus hidrologi dan sumber daya air.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3.2. Daerah Aliran Sungai (DAS)

DAS atau Daerah Aliran Sungai adalah suatu daerah dimana curah hujan yang jatuh di atas daerah tersebut limpasannya akan mengalir menuju titik keluaran (*outlet*) dari sistem sungai dimaksud (Sumarauw, 2022).

3.3. Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan kawasan adalah proses pengelolaan data curah hujan dari seberapa stasiun hujan untuk mendapatkan besaran curah hujan di suatu wilayah. Metode yang digunakan untuk menganalisis hujan kawasan adalah Metode Aritmatika, Metode *Polygon Thiessen* dan Metode *Isohyet*.

3.4. Analisis Data Outlier

Outlier adalah data yang berbeda secara signifikan dari data lainnya dalam sebuah kumpulan data. Kehadiran *outlier* dapat menyebabkan hasil analisis menjadi bias, sehingga tidak mencerminkan kondisi yang sebenarnya. Oleh karena itu, data *outlier* yang teridentifikasi sebaiknya dihapus atau dikecualikan dari analisis lebih lanjut (Ruhiat, 2022). Menurut *Water Resource Soil*, bila:

1. Koefisien *skewness* dari data sampel $> +0,4$, maka perlu dilakukan pemeriksaan *outlier* atas,
2. Koefisien *skewness* dari data sampel $< -0,4$, maka perlu dilakukan pemeriksaan *outlier* bawah,
3. $-0,4 < \text{koefisien skewness} < +0,4$, maka perlu dilakukan pemeriksaan *outlier* atas dan *outlier* bawah sekaligus sebelum menghilangkan data yang dipandang sebagai *outlier*.

Rumus yang digunakan:

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

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

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

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

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

Dengan :

$C_{S_{\log}}$ = Koefisien kemenangan

$S_{\log}$ = Simpangan baku

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

Kn = Nilai K (diambil dari *outlier test K Value*) tergantung dari jumlah data yang di analisis

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

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

n = Jumlah data

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 (*Mean*)

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

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = X_1 \quad (6)$$

Dengan:

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

X_i = Nilai varian

n = Jumlah data

b) Simpangan baku (Standar deviasi)

Secara umum, ukuran disperse yang paling sering digunakan adalah standar deviasi. Jika penyebaran data sangat besar dibandingkan dengan nilai rata-rata, maka nilai S akan menjadi besar. Sebaliknya, jika penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata-rata, maka nilai S akan menjadi kecil.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (7)$$

Dengan :

S = Standar deviasi

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

X_i = Nilai varian

n = Jumlah data

c) Koefisien variasi (*Cv*)

Tahapan selanjutnya adalah koefisien variasi (*Coefficient Of Variation*) yang merupakan nilai perbandingan antara standar deviasi (*Sd*) dengan nilai rata-rata hitung ($\bar{X}$) dari suatu distribusi data dengan persamaan sebagai berikut:

$$C_v = \frac{S}{\bar{x}} \quad (8)$$

Dengan :

C_v = Koefisien variasi

S = Standar deviasi

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

d) Koefisien *Skewness* (Kemencengan)

Kemencengan (*skewness*) adalah tahapan lanjutan yang memiliki definisi suatu nilai yang memperlihatkan derajat ketidaksimetrisan (*asymetry*) dari suatu bentuk distribusi data. Besarnya kemencengan diukur dengan koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*) yang

disimbolkan dengan C_s dengan persamaan sebagai berikut:.

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2).S^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 \quad (9)$$

Dengan :

C_s = Koefisien *Skewness*.

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

X_i = Nilai varian.

n = Jumlah data.

S = Standar deviasi.

e) Koefisien Kurtosis

Pengukuran Kurtosis adalah ukuran statistik yang digunakan untuk mengukur keruncingan bentuk kurva distribusi, yang biasanya dibandingkan dengan distribusi normal.

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3).S^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 \quad (10)$$

Dengan :

C_k = Koefisien kurtosis.

X_i = Nilai variasi.

S = Standar deviasi.

n = Jumlah data.

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

3.6. Distribusi Probabilitas

Analisis ini bertujuan untuk mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrik terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas. Metode analisis distribusi frekuensi hujan yang sering digunakan antara lain (Tallar, 2023):

Fungsi distribusi peluang yang dipergunakan dalam penulisan ini adalah Distribusi Normal, Distribusi Log-Normal, Distribusi *Gumbel*, Distribusi *Log-Pearson III*.

a) Distribusi normal

Sebaran normal atau kurva normal yang biasa dikenal juga dengan istilah sebaran *Gauss*.

Rumus yang digunakan sebagai berikut (Tallar, 2023):

$$X = \bar{X} + k. S \quad (11)$$

b) Distribusi Log Normal Dua Parameter

Distribusi log normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, yaitu yang mengubah nilai varian X menjadi nilai logaritmik varian X .

$$\text{Log } X = \log X + k. S_{\log} \quad (12)$$

c) Distribusi *Gumbel*

Data curah hujan yang digunakan untuk perhitungan curah hujan rencana dengan metode *gumbel* yaitu data curah hujan rata-rata, dengan langkah-langkah sebagai berikut (Karim, 2020):

$$X = \bar{X} + \frac{S}{s_n} (Y - Y_n) \quad (13)$$

d) Distribusi *Log-Pearson Tipe III*

Bentuk distribusi *log-pearson* tipe III merupakan hasil transformasi dari distribusi *pearson* tipe III dengan menggantikan varian menjadi nilai logaritmik.

$$\text{Log } X = \log X + \bar{K}_{TR,CS} . S_{\log X} \quad (14)$$

3.7. Pemilihan Tipe Distribusi

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. Distribusi Normal:

$$C_s \approx 0 ; C_k \approx 3$$

2. Distribusi Log-Normal:

$$C_s \approx C_v^3 ; 3 C_v$$

$$C_k \approx C_v^8 + 6 C_v^6 + 15 C_v^4 + 16 C_v^2 + 3$$

3. Distribusi *Gumbel*:

$$Cs = 1,14 ; Ck = 5,4$$

4. Bila kriteria 3 (tiga) sebaran di atas tidak memenuhi, kemungkinan tipe sebaran yang cocok adalah Tipe Distribusi *Log-Pearson III*.

3.8 Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit maksimum pada suatu sungai dengan periode ulang tertentu. Data yang dibutuhkan untuk menentukan debit banjir rencana antara lain data curah hujan, luas *catchment area* dan data penutup lahan.

3.9 Hidrograf Satuan

Hidrograf satuan adalah hidrograf limpasan langsung yang dihasilkan oleh hujan efektif dengan kedalaman 1 mm atau 1 cm yang terjadi secara merata di seluruh daerah aliran sungai (DAS) selama 1 periode waktu tertentu (Triatmodjo Bambang, 2008).

3.10 Hidrograf Satuan Sintesis

Untuk menghitung hidrograf satuan, dibutuhkan data debit yang terukur dan data hujan yang cukup guna memodelkan hidrograf satuan dari satu DAS. Namun dalam praktiknya, penerapan hidrograf satuan masih terbatas pada DAS yang relative kecil dan kurang efektif untuk daerah yang memiliki data hujan dan data debit yang tidak lengkap.

3.11 Hidrograf Satuan Sintesis Soil Conservation Services (SCS)

Hidrograf tidak berdimensi *SCS (Soil Conservation Services)* adalah hidrograf satuan sintesis dimana debit dinyatakan sebagai nisbah debit q terhadap debit puncak q_p dan waktu dalam nisbah waktu t terhadap waktu naik dari hidrograf satuan T_p (*USDA 1972*). Pemodelan curah hujan-limpasan di *HEC-HMS* menggunakan metode *Synthetic Unit Hydrograph Soil Conservation Service (SUH SCS)* dan untuk kehilangan air menggunakan *Soil Conservation Service Curve Number (SCS CN)* (hendratta et al., 2014).

3.12 Analisis Hidraulika

Analisis hidraulika bertujuan untuk mengevaluasi profil muka air banjir berdasarkan debit banjir rencana dengan periode ulang tertentu. Dalam analisis ini, akan dihitung dampak dari upaya pengendalian banjir secara struktural terhadap ketinggian muka air banjir dan potensi luapan yang terjadi. Profil muka air dihitung menggunakan data dari analisis hidrologi untuk mendapatkan gambaran lengkap mengenai kondisi muka air (Kereh et al., 2018).

3.13 Genangan Banjir

Genangan banjir merupakan kondisi tergenangnya suatu wilayah oleh air dalam periode waktu tertentu akibat meluapnya sungai, limpasan permukaan, curah hujan tinggi, atau ketidakmampuan sistem drainase dalam menyalurkan air. Genangan banjir umumnya terjadi ketika volume air yang masuk ke suatu kawasan melebihi kapasitas tampung saluran sungai maupun daerah resapan, sehingga air melimpas dan menutupi permukaan lahan (Kodoatie dan Sjarief, 2010).

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Data Curah Hujan

Analisis curah hujan di DAS Sario dilakukan dengan menggunakan data curah hujan maksimum yang didapat dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan periode tahun 2008 sampai dengan tahun 2024. Analisis pos hujan yang berpengaruh di DAS dilakukan dengan menggunakan *Polygon Thiessen*. Hasil analisis *Polygon Thiessen* didapatkan pos hujan yang berpengaruh di

DAS ada 4 pos hujan yaitu Pos Hujan Malalayang-Kakaskasen, Pos Hujan Malalayang-Tinoor, Pos Hujan Tikala-Sawangan dan Pos Hujan Tikala-Rumengkor. Data hujan harian maksimum dari tahun 2008 hingga 2024 ditampilkan pada Tabel 1.

4.2 Penentuan Tipe Distribusi Hujan

Dari penentuan tipe sebaran data, tidak ada parameter statistik yang memenuhi syarat untuk distribusi normal, log normal dan distribusi gumbel, sehingga tipe sebaran log-pearson III yang akan digunakan.

4.3 Curah Hujan Rencana

Faktor frekuensi K setiap kala ulang terdapat pada tabel nilai K_T untuk kemencengan positif (terlampir) yang ditentukan menggunakan nilai $C_{S \log x} = 0,383$ dan kala ulang dalam tahun.

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

No	Tahun	Data Curah Hujan Harian Maksimum			
		Pos Hujan Malalayang-Kakaskasen (mm)	Pos Hujan Malalayang-Tinoor (mm)	Pos Hujan Tikala-Sawangan (mm)	Pos Hujan Tikala-Rumengkor (mm)
1	2008	80	74.1	130.8	82.1
2	2009	38	65.4	100.3	118.4
3	2010	65	101.7	123	104.5
4	2011	92	102.4	120.3	87.8
5	2012	42	96.8	110	111.5
6	2013	157	110.5	180.4	146.6
7	2014	145	184	170.7	183
8	2015	204	108.2	90	108.5
9	2016	95	90.3	90.7	76.2
10	2017	96	156	180	96
11	2018	100	108.1	76	78
12	2019	104	120.3	130	44.2
13	2020	76	134.8	121	72
14	2021	165	156.4	175	113.5
15	2022	83	87.9	165	76
16	2023	76	126.2	150	73
17	2024	85	126.2	120	98

Tabel 2. Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	$C_s = 0$	0.913539967	Tidak Memenuhi
	$C_k = 3$	4.059120721	Tidak Memenuhi
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$	0.913539967	Tidak Memenuhi
	$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$	4.059120721	Tidak Memenuhi
Gumbell	$C_s = 1.14$	0.913539967	Tidak Memenuhi
	$C_k = 5.4$	4.059120721	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Bila tidak ada parameter statistik yang sesuai dengan ketentuan distribusi	-	Memenuhi

Tabel 3. Nilai K untuk Setiap Kala Ulang

Return Period In Years /Kala Ulang (Tahun)					
Cslog	5	10	25	50	100
	Exceedence Probability				
0.4	0.816	1.317	1.88	2.261	2.615
0.383027	0.818	1.316	1.875	2.253	2.603
0.3	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544

Selanjutnya adalah perhitungan curah hujan kala ulang 5 tahun :

$$\log X_{TR} = \bar{Y} + K \cdot S_{\log x} = 2,048 + (0,818) \times 0,096 = 2,127$$

$$X_{TR} = 10^{2,127}$$

$$X_{TR} = 134,01 \text{ mm}$$

Tabel 4. Curah Hujan Rencana

Kala Ulang (TR)	Log X_{TR}	X_{TR}
5 Tahun	2.127107	134.001
10 Tahun	2.175166	149.68
25 Tahun	2.229121	169.48
50 Tahun	2.265577	184.322
100 tahun	2.299396	199.249

4.4 Analisis Debit Banjir Rencana

Pemodelan hujan aliran pada program komputer *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*. Hitung asumsi *lag time* awal dari DAS Sario sebagai berikut:

$$L = 12,215 \text{ km}$$

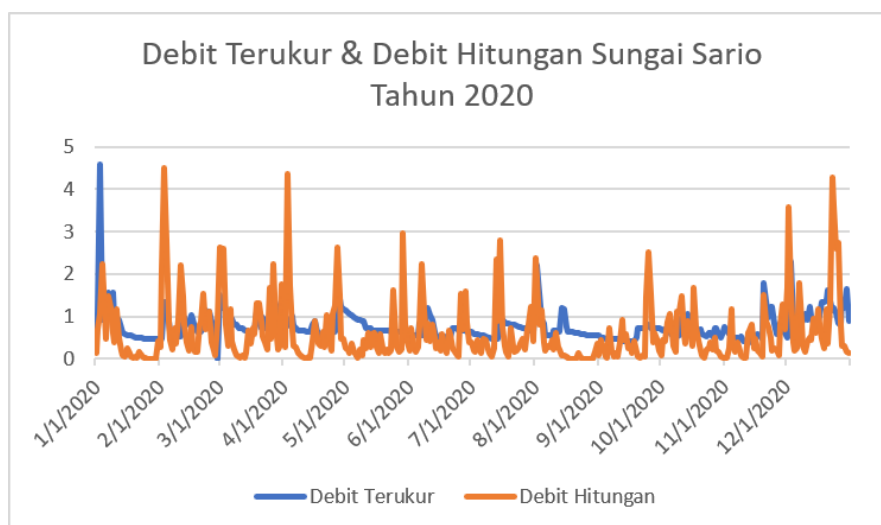
$$S = \frac{\text{Titik elevasi tertinggi-Titik elevasi terendah}}{\text{Panjang Sungai}} = \frac{1166-18,6}{12,215} = 0,09393$$

$$CN = 84,5319$$

Kalibrasi merupakan suatu proses dimana nilai 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 data debit terukur. Kalibrasi dilakukan pada DAS lokasi penelitian dengan data debit terukur dilapangan. Dikarenakan titik tinjauan di sungai Sario tidak memiliki data debit terukur, maka perlu dilakukan perhitungan dengan metode analisis regional sehingga data debit pada titik tinjauan di sungai Sario dapat diketahui.

Tabel 5. Parameter-Parameter Hasil Kalibrasi

CN	70
<i>Recession Constant</i>	0.5
<i>Ratio to Peak</i>	0.1
<i>Initial discharge</i>	0.766
<i>Lag Time</i>	165.827



Gambar 3. Grafik Hasil Perhitungan Debit Hitungan dan Debit Terukur Sungai Sario Tahun 2020

4.5 Simulasi Debit Banjir dengan Program 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.

Components Compute Results	
Time-Series Gage Time Window Table Graph	
Time (ddMMMYYYY, HH:mm)	Precipitation (MM)
1Jan2020, 00:00	
1Jan2020, 01:00	68.1126
1Jan2020, 02:00	33.7280
1Jan2020, 03:00	11.5777
1Jan2020, 04:00	6.6062
1Jan2020, 05:00	3.9262
1Jan2020, 06:00	1.8090
1Jan2020, 07:00	3.2562
1Jan2020, 08:00	4.9848

Gambar 4. Time Series Data Sungai Sario Kala Ulang 5 Tahun

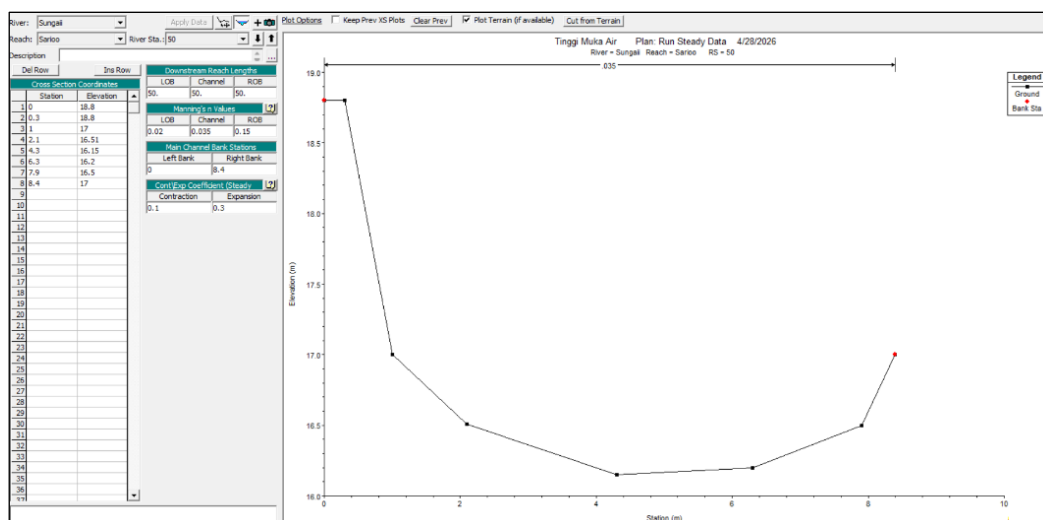
Tabel 6. Rangkuman Debit Jam-jaman Tiap Kala Ulang

Kala Ulang	Debit (m ³ /det)
5 Tahun	48.6
10 Tahun	59.6
25 Tahun	74.1
50 Tahun	85.5
100 Tahun	97.1

4.6 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*" *mannings*, dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng (*steady flow*).

Hasil simulasi menunjukkan bahwa penampang sungai STA 0+050, STA 0+100, STA 0+150, STA 0+200 tidak mampu menampung debit banjir untuk setiap kala ulang.



Gambar 5. Data Penampang Melintang STA 0+050

Steady Flow Data - Steady Flow

File Options Help

Description : Apply Data

Enter/Edit Number of Profiles (32000 max): Reach Boundary Conditions ...

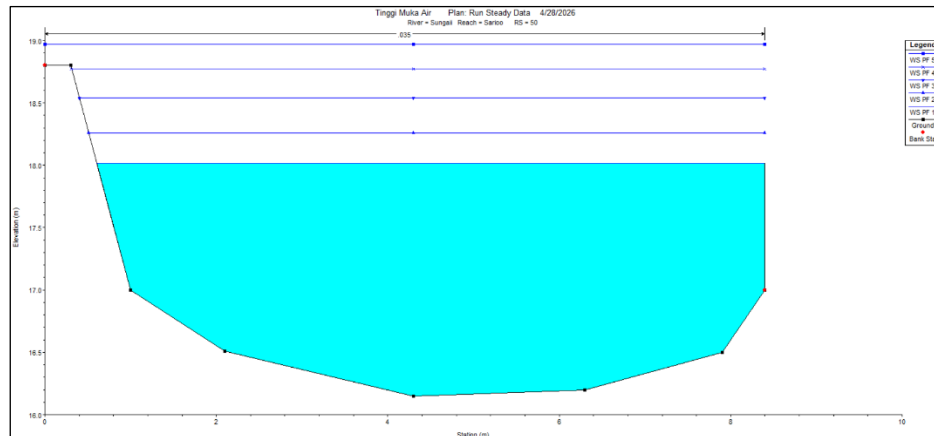
Locations of Flow Data Changes

River: Add Multiple...

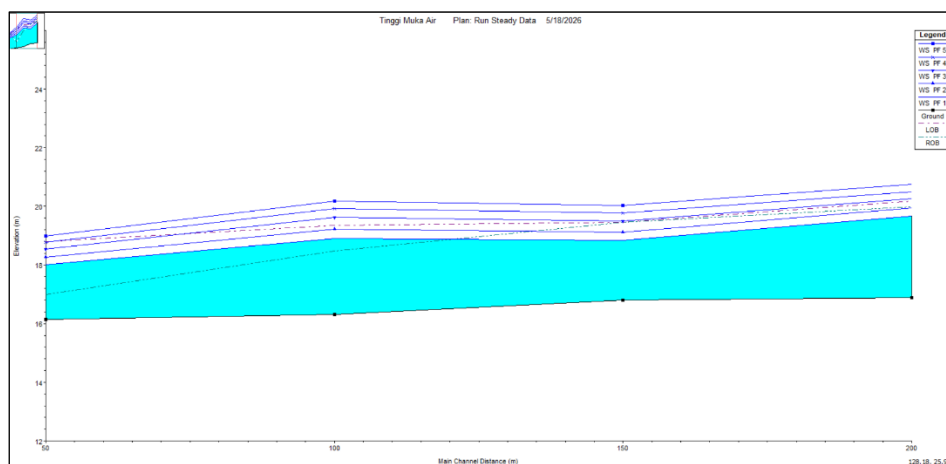
Reach: River Sta.: Add A Flow Change Location

Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates				
River	Reach	RS	PF 1	PF 2	PF 3	PF 4	PF 5
1 Sungai	Sarioo	200	48.6	59.6	74.1	85.5	97.1

Gambar 6. Pengisian Data Debit Kala Ulang



Gambar 7. Rangkuman Tinggi Muka Air Berbagai Kala Ulang



Gambar 8. Rangkuman Potongan Memanjang Tinggi Muka Air Sungai Sarioo

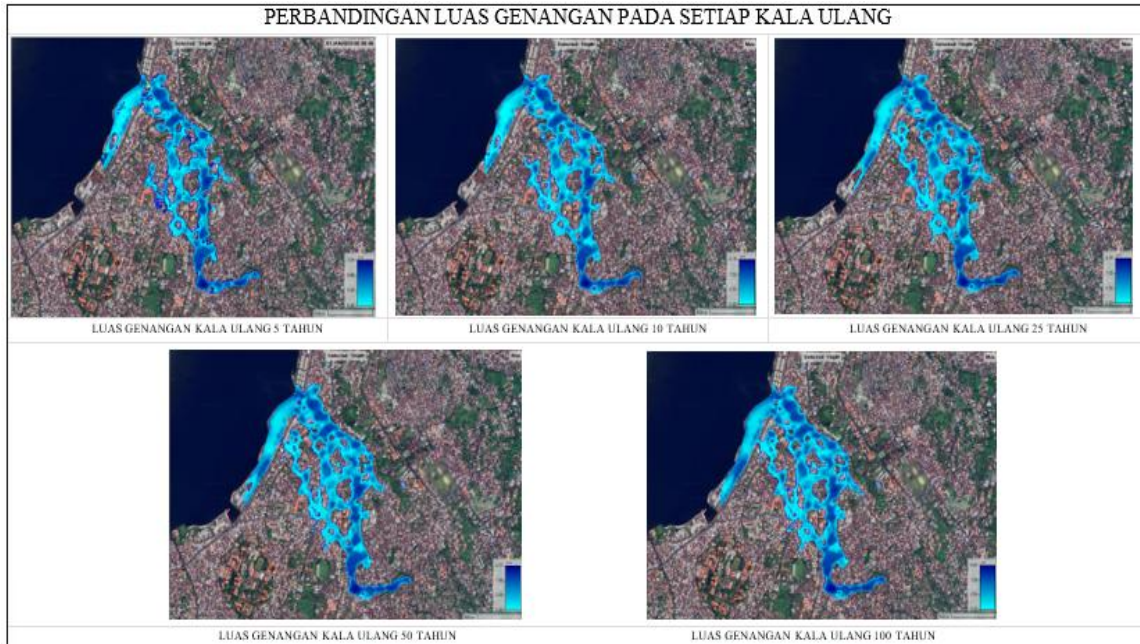
Tabel 7. Rangkuman Debit Kala Ulang yang Meluap di Setiap STA

NO	STA	KALA ULANG				
		Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₅	Q ₅₀	Q ₁₀₀
1	0+050	✓	✓	✓	✓	✓
2	0+100	✓	✓	✓	✓	✓
3	0+150	-	-	✓	✓	✓
4	0+200	-	-	✓	✓	✓

4.7 Analisis Luas Genangan

Analisis pemodelan luas genangan 2D ini menggunakan program komputer *HEC-RAS*, pada program komputer ini membutuhkan data masukan yaitu data *DEM (Digital Elevation*

Model) Sulawesi Utara, data debit rencana berbagai kala ulang yang sudah dihitung menggunakan program komputer *HEC-HMS*. Pemodelan diawali dengan pembuatan *2D Flow Area*, penentuan *Breaklines*, serta *Boundary Condition lines* pada bagian hulu dan hilir. Selanjutnya, dilakukan pengaturan data aliran *Unsteady flow* dengan memasukkan debit banjir pada batas hulu dan kondisi *normal depth* pada batas hilir. Simulasi dilakukan untuk kala ulang 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun guna mengevaluasi perkembangan luas genangan akibat peningkatan debit banjir.



Gambar 9. Rangkuman Luas Genangan berbagai Kala Ulang Sungai Sario

Dapat dilihat bahwa luas genangan banjir mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya kala ulang banjir.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dalam penelitian ini, diperoleh nilai debit puncak banjir untuk kala ulang 5 tahun = 48,6 m³/det, kala ulang 10 tahun = 59,6 m³/det, kala ulang 25 tahun = 74,1 m³/det, kala ulang 50 tahun = 85,5 m³/det, dan kala ulang 100 tahun = 97,1 m³/det. Hasil simulasi hidraulika menggunakan program komputer *HEC-RAS* menunjukkan adanya luapan air yang terjadi pada penampang STA 0+050, STA 0+100, STA 0+150, dan STA 0+200, yaitu sebagai berikut: kala ulang 5 tahun = 0,715 km², kala ulang 10 tahun = 0,783 km², kala ulang 25 tahun = 0,879 km², kala ulang 50 tahun = 0,93 km², dan kala ulang 100 tahun = 0,969 km². Peningkatan debit banjir ini menunjukkan pengaruh terhadap bertambahnya luas genangan pada setiap kala ulang di daerah tempat penelitian.

5.2 Saran

Setelah dilakukan penelitian maka disarankan untuk memperbaiki dan menambah tinggi tanggul yang sudah ada di sepanjang STA 0+050 sampai STA 0+200.

Referensi

- Asdak, C. (2014). Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (Edisi Revisi). Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1. (n.d). data hujan klimatologi.
- Brunner, G. W. (2016). HEC-RAS River Analysis System: Hydraulic Reference Manual, Version 5.0. US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center (HEC). Davis, California.

- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill. New York.
- Fitriani, A. A., & Pratiwi, V. (2021). Evaluasi Kapasitas Kolam Retensi Cieunteung Sebagai Upaya Mereduksi Banjir Baleendah, Kabupaten Bandung. *CRANE: Civil Engineering Research Journal*, 2(2), 31-44. <https://doi.org/10.34010/crane.v2i2.5013>.
- Fitriyani, N. P. V. (2022). Analisis Debit Air di Daerah Aliran Sungai (DAS). *Ilmuteknik.Org*, 2(2), 1-10.
- Karim, A. A. (2020). Normalisasi Batang Jarak pada DAS Batang Arau Kota Padang.
- Kereh, I. E., Binilang, A., & Sumarauw, J. S. F. (2018). Analisis debit banjir dan tinggi muka air banjir sungai sario di titik kawasan citraland. *Jurnal Sipil Statik*, 6(4), 235-246.
- Kodoatie, R. J. dan Sjarief, R. (2010). *Tata Ruang Air*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Mamuaya, G. C. I. (2019). Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Tondano di Kota Manado. Skripsi. Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Prof. Dr. Ir. Suripin, M. E. (2018). *Mekanika Fluida dan Hidraulika untuk Saluran Terbuka*.
- Ruhiat, D. (2022). Implementasi Distribusi Peluang Gumbel untuk Analisis Data Curah Hujan Rencana. *Teorema: Teori dan Riset Matematika*, 7(1), 231. <https://doi.org/10.25157/teorema.v7i1.7137>
- Sumarauw, J. F. (2013). Karakteristik Hidrograf Satuan Sintesis SCS dan Penerapannya pada Beberapa DAS di Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, Vol. 3, No. 1. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Sumarauw, J. F. (2017). Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman di Kota Manado dan Sekitarnya. *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 5, No. 3. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Sumarauw, Jeffry. 2013. *Hujan. Bahan Ajar Mahasiswa*. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Sumarauw, Jeffry. 2017. *Analisis Frekwensi Hujan. Bahan Ajar Mahasiswa*. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Sumarauw, Jeffry. 2017. *Hidrograf Satuan Sintetis. Bahan Ajar Mahasiswa*. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Sumarauw, Jeffry. 2018. *HEC-HMS. Bahan Ajar Mahasiswa*. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Supit, C. J. (2013). Analisis Debit Banjir Sungai Ranoyapo Menggunakan Metode HSS SCS dan HSS Limantara. *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 1, No. 6. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Tangkabiringan Y. (2025). Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Toulouroki Kecamatan Tondano Timur Kabupaten Minahasa. Skripsi. Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi, Manado
- USDA Soil Conservation Service. (1972). *National Engineering Handbook, Section 4: Hydrology*. United States Department of Agriculture. Washington, D.C.