



## Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Toulouroki Kecamatan Tondano Timur Kabupaten Minahasa

Yansen Tangkabiringan<sup>#a</sup>, Jeffry S. F. Sumarauw<sup>#b</sup>, Tiny Mananoma<sup>#c</sup>

<sup>#</sup>Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

<sup>a</sup>yansentangkabiringan021@student.unsrat.ac.id, <sup>b</sup>jeffrysumarauw@unsrat.ac.id, <sup>c</sup>tmananoma@yahoo.com

---

### Abstrak

Banjir merupakan bencana alam yang sering terjadi di wilayah dengan curah hujan tinggi, termasuk di sepanjang Sungai Toulouroki, Kecamatan Tondano Timur. Kenaikan tinggi muka air di sungai ini berulang kali menyebabkan banjir yang merusak infrastruktur, properti, serta berdampak negatif terhadap keselamatan jiwa, perekonomian, dan kesehatan masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis debit banjir dan tinggi muka air menggunakan metode *Log Pearson III* untuk menentukan frekuensi hujan. Data curah hujan diperoleh dari pos hujan Peleloan, satu-satunya pos yang berpengaruh di Daerah Aliran Sungai Toulouroki berdasarkan metode *Polygon Thiessen*. Analisis dilakukan dengan bantuan program komputer HEC-HMS dengan metode HSS *Soil Conservation Service (SCS)*, *SCS Curve Number (CN)* untuk kehilangan air, serta metode *recession* untuk aliran dasar (*baseflow*). Kalibrasi parameter HSS SCS dilakukan sebelum simulasi debit banjir dengan menyesuaikan *lag time*, *curve number*, *recession constant*, *baseflow*, dan *ratio to peak*. Debit puncak hasil simulasi untuk berbagai kala ulang kemudian dianalisis menggunakan HEC-RAS untuk menentukan elevasi tinggi muka air pada penampang yang telah diukur. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada STA 0+25, Sungai Toulouroki mampu menampung banjir dengan kala ulang 5 tahun, tetapi tidak untuk kala ulang 10 hingga 100 tahun. Sementara itu, pada STA 0+50 hingga STA 0+200, sungai tidak dapat menampung debit banjir untuk semua kala ulang rencana.

*Kata kunci:* banjir, debit puncak, Sungai Toulouroki, tinggi muka air

---

### 1. Pendahuluan

#### 1.1. Latar Belakang

Banjir adalah salah satu bencana alam yang sering terjadi di berbagai wilayah, terutama di daerah-daerah dengan intensitas curah hujan yang tinggi. Banjir tidak hanya menyebabkan kerusakan infrastruktur dan properti, tetapi juga dapat mengancam keselamatan jiwa serta berdampak negatif pada perekonomian dan kesehatan masyarakat. Tinggi muka air adalah elevasi permukaan air pada penampang sungai, yang diukur relatif terhadap titik acuan yang diketahui elevasinya. Fluktiasi tinggi muka air mencerminkan perubahan dalam kecepatan aliran dan sebit sungai. Pengukuran tinggi muka air adalah langkah awal dalam pengumpulan data aliran sungai sebagai dasar hidrologi.

Faktor kunci dalam memahami dan mengendalikan banjir adalah besaran debit banjir dan elevasi tinggi muka air. Sungai Toulouroki adalah salah satu sungai yang ada di Tondano yang melintasi Kecamatan Tondano Timur. Sungai ini beberapa kali mengalami kenaikan tinggi muka air sehingga menyebabkan banjir di daerah sekitar sungai. Maka dari itu diperlukan analisis terhadap debit banjir dan elevasi tinggi muka air.

#### 1.2. Rumusan Masalah

Air Sungai Toulouroki yang meluap mengakibatkan banjir dan membuat kerugian serta

mengganggu aktivitas masyarakat yang tinggal di dekat sungai, maka dari itu diperlukan upaya untuk pengendalian banjir ini dengan menganalisis debit banjir dan elevasi tinggi muka air.

### 1.3. Batasan Penelitian

1. Titik kontrol yang di ambil pada pada  $1^{\circ}17'28.07''$  Lintang Utara dan  $124^{\circ}56'27.32''$  Bujur Timur 200 m ke arah hulu.
2. Analisis hidrologi menggunakan data hujan harian maksimum.
3. Analisis di hitung menggunakan program komputer HEC-HMS untuk analisis hidrologi dan HEC-RAS untuk analisis hidraulika.
4. Hanya menghitung kala ulang rencana 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun.

### 1.4. Tujuan Penelitian

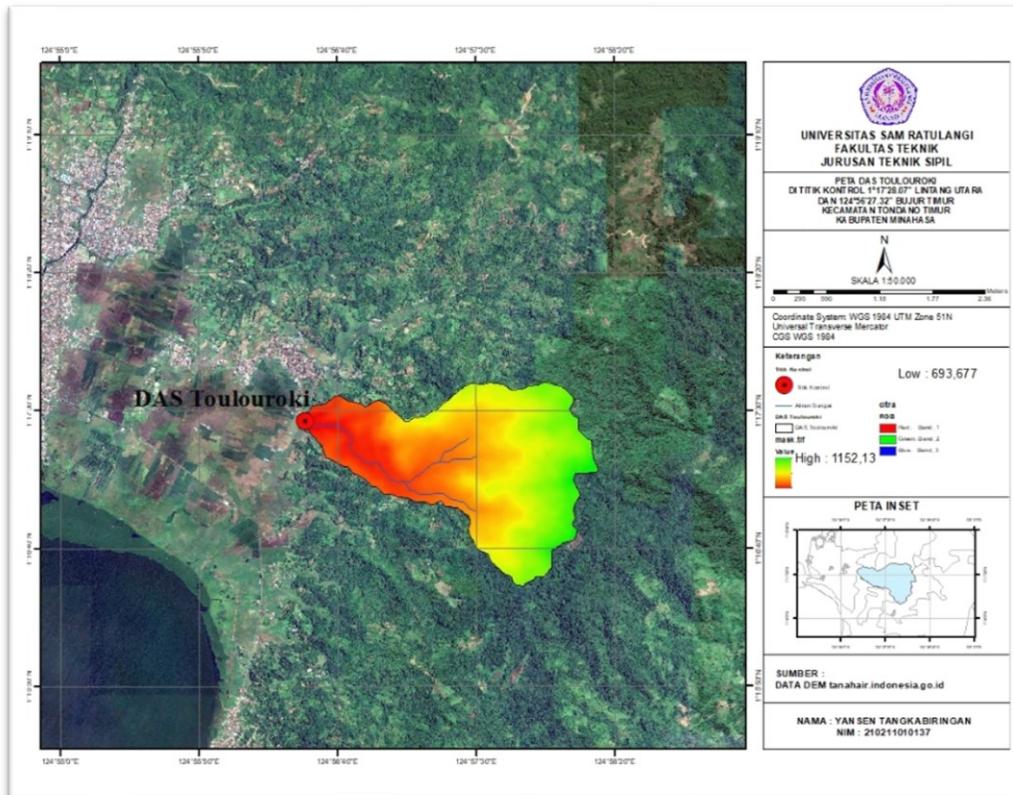
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besaran debit banjir dan elevasi tinggi muka air dengan kala ulang rencana 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun pada Sungai Toulouroki, Kecamatan Tondano Timur, Kabupaten Minahasa.

### 1.5. Manfaat Penelitian

Dengan adanya hasil penelitian ini dapat memberikan wawasan dan informasi yang lebih baik bagi pemangku kepentingan dalam mengambil langkah-langkah preventif serta mitigasi bencana banjir Sungai Touloroki.

### 1.6. Lokasi Penelitian

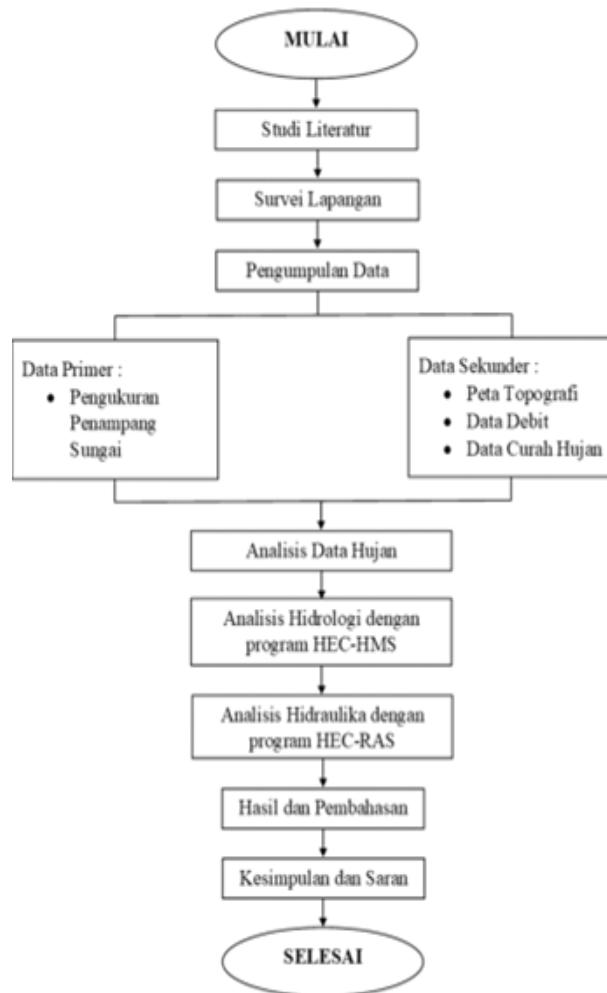
Lokasi penelitian terletak di Jl. Papakelan-Makalonsow, Kecamatan Tondano Timur, Kabupaten Minahasa. Dengan titik kontrol yang di ambil pada  $1^{\circ}17'28.07''$  Lintang Utara dan  $124^{\circ}56'27.32''$  Bujur Timur.



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

DAS atau Daerah Aliran Sungai adalah suatu daerah dimana curah hujan yang jatuh di atas daerah tersebut limpasanya akan mengalir menuju titik keluaran (*outlet*) dari sistem sungai dimaksud (Sumarauw, 2022). Batas pemisah dari satu DAS dengan DAS-DAS lain di sekitarnya berupa ketinggian topografi seperti punggung perbukitan maupun pegunungan.

### 3.3. Analisis Curah Hujan

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

1) Metode Aritmatika

Metode aritmatika adalah metode dasar dan yang paling sederhana dalam menganalisis curah hujan rata-rata yang jatuh di dalam suatu kawasan.

2) Matode *Polygon Thiessen*

Penggunaan metode ini dititikberatkan pada analisis curah hujan dengan rata-rata berat kuantitas hujan (*weighted average*) pada wilayah DAS yang ditinjau. Dengan kata lain, metode ini menganalisis seberapa besar bobot/wilayah pengaruh dari penyebaran tiap-tiap stasiun hujan pada daerah tersebut.

3) Metode *Isohyet*

Metode *Isohyet* adalah salah satu metode untuk menganalisis rata-rata curah hujan wilayah yang menggunakan garis bantu dengan nilai hujan yang setara.

### 3.4. Analisis Outlier

Data *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.

Uji data *outlier* mempunyai 3 syarat, yaitu:

1. Koefisien *skewness* dari data sampel  $> +0,4$ , maka diperlu dilakukan pemeriksaan *outlier* atas,
2. Koefisien *skewness* dari data sampel  $< -0,4$ , maka perlu dilakukan *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:

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

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

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

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

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

Dengan:

$Cs_{\log}$	=	Koefisien kemencengan dalam log.
$S_{\log}$	=	Simpangan baku.
$\overline{\log x}$	=	Nilai rata – rata.
$Kn$	=	Nilai K (diambil dari <i>outlier test K value</i> ) tergantung dari jumlah data yang dianalisis.
$\text{Log } X_h$	=	<i>Outlier</i> tinggi.
$\text{Log } X_l$	=	<i>Outlier</i> 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 nilai (*mean*) adalah sejumlah nilai ( $n$ ) yang dijumlahkan lalu dibagi dengan banyaknya data dan biasanya dinyatakan dengan simbol  $\bar{X}$  dengan persamaan sebagai berikut:

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

Dengan:

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

b) Standar Deviasi

Tahapan berikutnya adalah standar deviasi ( $S_d$ ) yang di dalam analisis statistik, ukuran dispersi umumnya digunakan apabila sebaran data terhadap rata-rata besar, maka nilai  $S_d$  akan besar, demikian juga apabila sebaran data terhadap rata-rata kecil, maka nilai  $S_d$  akan kecil dengan persamaan sebagai berikut:

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

Dengan :

- $S$  = Standar deviasi.
- $\bar{X}$  = Nilai rata – rata.
- n = Jumlah data.
- $X_i$  = Nilai varian.

c) Koefisien Skewness (Kemencengan).

Kemencengan (*skewness*) adalah tahapan lanjutan yang memiliki definisi suatu nilai yang memperlihatkan derajat ketidaksimetrisan (*assymetry*) 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 Kemencengan.
- $S$  = Standar deviasi.
- $\bar{X}$  = Nilai rata – rata
- n = Jumlah data.
- $X_i$  = Nilai varian

d) Kofisien Variasi

Tahapan lanjutannya adalah koefisien variasi (*coefficient of variation*) yang merupakan nilai perbandingan antara standar deviasi ( $S_d$ ) dengan nilai rata-rata hitung ( $\bar{X}$ ) dari suatu distribusi data dengan persamaan sebagai berikut:

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

Dengan :

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

### 3.6. Pemilihan Distribusi Probabilitas

Analisis ini bertujuan untuk mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim 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 Pearson III, Distribusi Log-Pearson III.

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:

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

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

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.

### 3.9. Hidrograf Satuan Sintetis

Menurut definisi, hidrograf satuan sintetis merupakan hidrograf limpasan langsung (tanpa aliran dasar) yang terjadi di hilir DAS akibat hujan efektif sebesar 1 mm yang merata diseluruh permukaan DAS dengan intensitas konstan selama durasi tertentu (Subramaya, 1984).

### 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 di Daerah Aliran Sungai Toulouroki dilakukan dengan menggunakan data curah hujan maksimum yang didapat dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1 dengan periode

pencacatan tahun 2009 sampai dengan tahun 2023. Pos hujan yang digunakan hanya Klimatologi Peleloan. Berikut merupakan data hujan harian maksimum dari tahun 2009 sampai 2023.

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

No	Tahun	Pos Hujan Peleloan (mm)
1	2009	43,00
2	2010	67,20
3	2011	90,90
4	2012	69,80
5	2013	66,50
6	2014	110,50
7	2015	64,90
8	2016	115,50
9	2017	160,20
10	2018	126,50
11	2019	157,30
12	2020	157,30
13	2021	106,10
14	2022	99,80
15	2023	118,40

Pos hujan Peleloan merupakan daerah tangkapan hujan untuk Daerah Aliran Sungai Toulouroki dan setelah melakukan uji *outlier*, tidak ada data hujan yang menyimpang terlalu rendah ataupun terlalu tinggi sehingga tidak perlu dilakukan koreksi dari data yang sudah ada.

#### 4.2 Penentuan Tipe Distribusi Hujan

Penentuan tipe distribusi adalah dengan melihat kecocokan nilai dari parameter statistik  $C_s$ ,  $C_v$ , dan  $C_k$  dengan syarat untuk tiap tipe distribusi. Penentuan jenis sebaran disajikan dalam tabel 2 berikut:

**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	$C_s = C_v^3 + 3$ $CV = 1,5657$ $C_k = C_v^8 + 6 \times C_v^6 + 15 \times C_v^4 + 16 \times C_v^2 + 3$ $= 3,9351$	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

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.

#### 4.3 Curah Hujan Rencana

Nilai  $CS_{log X}$  juga diperlukan untuk mencari nilai  $K$ . perhitungan dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung parameter statistik sehingga didapatkan :  $C_{Slog} = -0,505$  (Kemencenggan Negatif). Faktor frekuensi  $K$  untuk tiap kala ulang terdapat pada tabel  $K_T$  untuk kemencenggan negatif (terlampir) yang ditentukan dengan menggunakan nilai  $C_{Slog X}$  dan kala ulang dalam tahun.

**Tabel 3.** Nilai  $C_{slog}$  Terhadap Kala Ulang  
(Bambang Triatmodjo, 2008)

$C_{slog}$	Periode Ulang/Kala Ulang (Tahun)					
	2	5	10	25	50	100
	Exceedance Probability					
0,2	-0,033	0,83	1,301	1,818	2,159	2,472
-0,505958	-0,079953	0,872357	1,237464	1,585034	1,791902	1,963710452
0,1	-0,017	0,836	1,32	1,785	2,107	2,4

Selanjutnya adalah perhitungan hujan kala ulang 5 tahun :

$$\begin{aligned} \log X_{TR} &= \bar{Y} + K \cdot S_{logx} = 1,9868 + (0,87235) \times 0,1815 \\ &= 2,1335 \\ X_{TR} &= 10^{2,1335} = 135,99 \text{ mm} \end{aligned}$$

**Tabel 4.** Nilai Curah Hujan Rencana

Kala Ulang (TR)	Curah Hujan (mm)
5 Tahun	135,99
10 Tahun	156,64
25 Tahun	179,21
50 Tahun	194,15
100 Tahun	207,51

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	100
1	74,80	86,16	98,57	106,79	114,13	
2	29,92	34,46	39,43	42,71	45,65	
3	10,88	12,53	14,34	15,53	16,60	
4	8,16	9,40	10,75	11,64	12,45	
5	4,08	4,70	5,38	5,82	6,23	
6	1,36	1,57	1,79	1,94	2,08	
7-10	4,08	4,70	5,38	5,82	6,23	
<b>Total (mm)</b>	137,36	158,22	181,01	196,10	209,59	

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 Toulouroki  
(Analisis Data, 2025)

Jenis Tutup Lahan	Luas (Km)	Persentase (%)
Semak/Belukar	0,98	24,26
Pemukiman	0,50	12,38
Hutan	1,78	44,06
Sawah Irigasi/Tadah Hujan	0,78	19,31
Total	4,04	100

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 Toulouroki  
(Analisis Data, 2025)

Jenis Tutup Lahan	Luas (Km)	Persentase (%)	CN Tiap Lahan	CN
Semak/Belukar	0,98	24,26	79	19,16
Pemukiman	0,50	12,38	91	11,26
Hutan	1,78	44,0	77	33,93
Sawah Irigasi/Tadah Hujan	0,78	19,31	84	16,22
<b>Total</b>	<b>4,04</b>	<b>100</b>	-	<b>80,57</b>

Nilai *CN* rata – rata DAS Toulouroki adalah 80,57.

#### 4.6 Analisi 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:

$$L = 2,380 \text{ m}$$

$$s = 0,193 \text{ m/m}$$

$$CN = 80,57$$

Perhitungan dilakukan sebagai berikut :

$$T_l = \frac{L^{0,8} (2540 - 22,86 CN)^{0,7}}{14,104 CN \times s^{0,5}}$$

$$T_c = \frac{2,380^{0,8} (2540 - 22,86 \cdot 80,57)^{0,7}}{14,104 \cdot 77,94 \times 0,193^{0,5}}$$

$$= 1,465 \text{ Jam}$$

$$= 87,88 \text{ Menit}$$

Selanjutnya, menghitung debit di Sungai Toulouroki dengan menggunakan metode analisis regional. Didapatkan data debit rata-rata Sungai Toulouroki Tahun 2023 adalah  $0,152 \text{ m}^3/\text{det}$ . Debit ini akan digunakan sebagai *initial discharge* pada program komputer HEC-HMS.

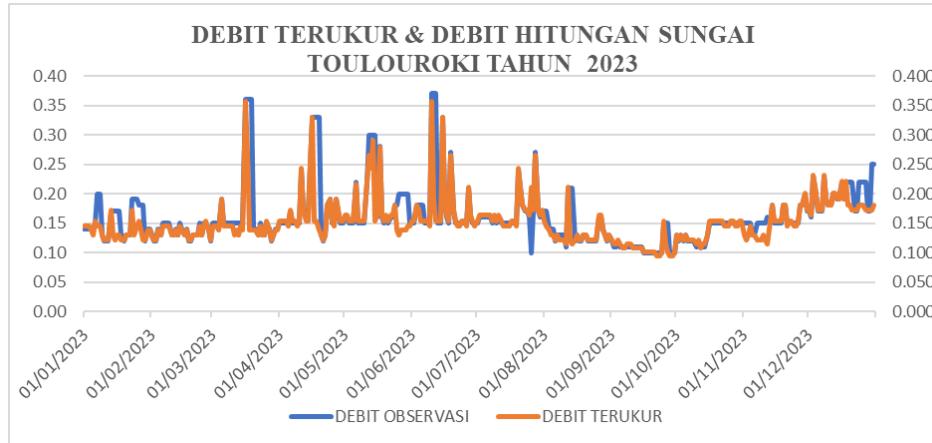
#### 4.7 Parameter Hasil Kalibrasi

Parameter yang telah dioptimasi menggunakan program komputer HEC-HMS dikarenakan hasil kalibrasi debit puncak sama dengan  $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$  yang melebihi nilai debit terukur  $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$ . 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>	42,088
<i>Recession constant</i>	0,3
<i>Ratio to Peak</i>	0,06
<i>Initial Discharge</i>	0,152
<i>Lag Time</i>	87,89

#### 4.8 Data Debit Hasil Perhitungan dan Data Debit Terukur

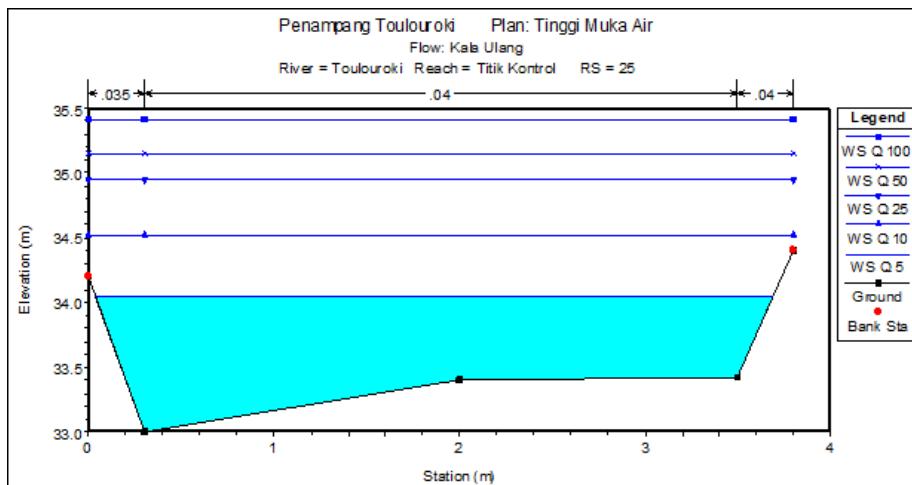
**Gambar 3.** Grafik Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur

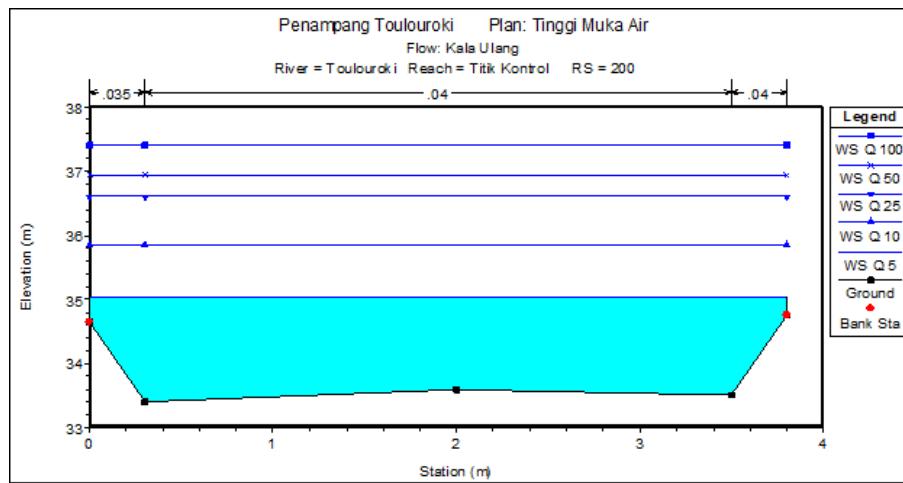
Grafik di atas adalah perbandingan dari data debit hasil perhitungan dan debit terukur, dimana nilai debit puncaknya sudah mendekati.

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

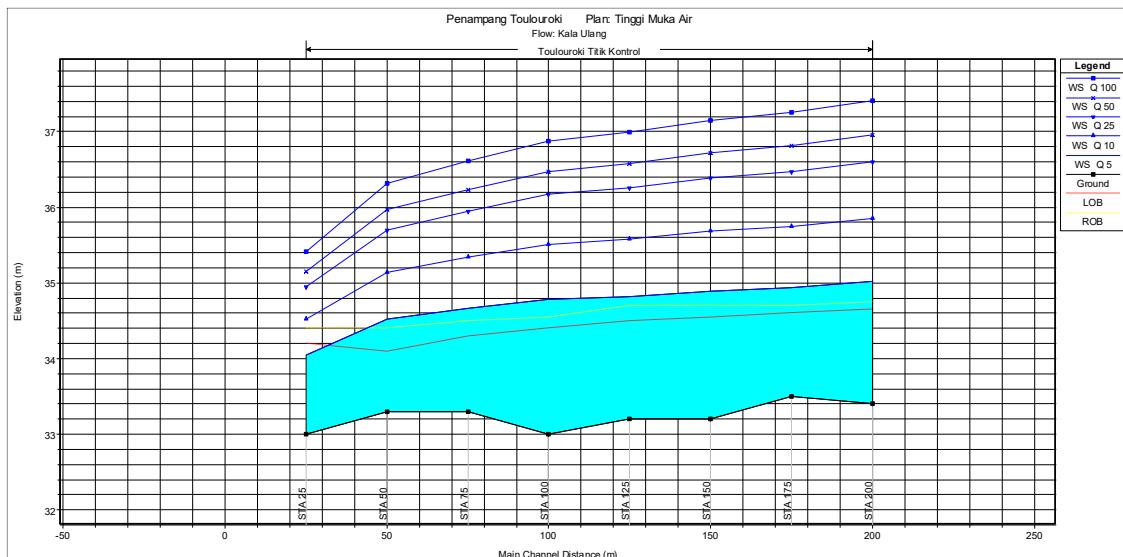
Analisis Hidraulika menggunakan program komputer HEC-RAS dilakukan dengan data masukkan yaitu data debit puncak dari perhitungan HSS-SCS yang diolah menggunakan program komputer HEC-HMS, dan data penampang sungai serta koefisien kekasaran saluran (nilai *n manning*).

Hasil simulasi menunjukkan adanya luapan air yang terjadi pada STA STA 0+50, STA 0+75, STA 0+100, STA 0+125, STA 0+150, 0+175 dan STA 0+200 pada semua debit banjir kala ulang dan pada STA 0+25 dapat menampung debit kala ulang 5 tahun ( $Q_5$ ) kemudian luapan terjadi pada debit kala ulang 10 tahun ( $Q_{10}$ ), 25 tahun ( $Q_{25}$ ), kala ulang 50 Tahun ( $Q_{50}$ ), dan kala ulang 100 Tahun ( $Q_{100}$ ).

**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 Toulouroki

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun ( $Q_5$ ) =  $6,8 \text{ m}^3/\text{det}$ , kala ulang 10 tahun ( $Q_{10}$ ) =  $14,7 \text{ m}^3/\text{det}$ , kala ulang 25 tahun ( $Q_{25}$ ) =  $23,6 \text{ m}^3/\text{det}$ , kala ulang 50 tahun ( $Q_{50}$ ) =  $28,3 \text{ m}^3/\text{det}$ , dan kala ulang 100 tahun ( $Q_{100}$ ) =  $34,8 \text{ m}^3/\text{det}$ .

Hasil simulasi menunjukkan adanya luapan air yang terjadi pada STA 0+50, STA 0+75, STA 0+100, STA 0+125, STA 0+150, 0+175 dan STA 0+200 pada semua debit banjir kala ulang dan pada STA 0+25 dapat menampung debit kala ulang 5 tahun ( $Q_5$ ) kemudian luapan terjadi pada debit kala ulang 10 tahun ( $Q_{10}$ ), 25 tahun ( $Q_{25}$ ), kala ulang 50 Tahun ( $Q_{50}$ ), dan kala ulang 100 Tahun ( $Q_{100}$ ).

### 5.2 Saran

Setelah melihat, meneliti, dan menganalisis. Maka hal yang disarankan agar memaksimalkan penanganan Sungai Toulouroki dari bencana banjir adalah memperbaiki dan menambah tinggi tanggul yang sudah ada disepanjang STA 0+25 sampai STA 0+200.

## Referensi

- Asdak, C. (1995). Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Jilid II. In *Gadjah Mada University*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 2415-2016 tentang Tata Cara Perhitungan Debit Banjir*.
- Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1. (n.d.). *data hujan klimatologi*.
- 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.
- Jurnal, R. T. (2018). Analisa Statistik Debit Banjir Dan Debit Andalan Sungai Komering Sumatera Selatan. *Forum Mekanika*, 6(2), 88–98. <https://doi.org/10.33322/forummekanika.v6i2.118>
- Kahfffi, A., & Lipu, S. (2021). Analisis Hidrograf DAS Poso dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetis Snyder dan Hidrograf Satuan Sintetis Soil Conversation Service (SCS). *REKONSTRUKSI TADULAKO: Civil Engineering Journal on Research and Development*, 121–128. <https://doi.org/10.22487/renstra.v2i2.334>
- Kahfffi, A., & Lipu, S. (2021). Analisis Hidrograf DAS Poso dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetis Snyder dan Hidrograf Satuan Sintetis Soil Conversation Service (SCS). *REKONSTRUKSI TADULAKO: Civil Engineering Journal on Research and Development*, 121–128. <https://doi.org/10.22487/renstra.v2i2.334>
- Kamiana, I. M. (2010). *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta: Graha Ilmu..
- Karim, A. A. (2020). *Normalisasi Batang Jirak 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.
- Limantara, L. M. (1960). Rekayasa Hidrologi. In *Andi* (Vol. 7, Issue 1).
- Linsley, Ray K, D. Y. B. F. (1996). *Teknik Sumber Daya Air*. Erlangga.
- Munajjid J.K. (2015). Aplikasi Model Infiltrasi Pada Tanah Dengan Model Kostiyacov Dan Model Horton Menggunakan Alat Rainfall Simulator. *Jurnal Ilmiah Konservasi Sumberdaya Air*, 1(1), 1–10.
- Prof. Dr. Ir. Suripin, M. E. (2018). *Mekanika Fluida dan Hidraulika untuk Saluran Terbuka*.
- PUPR. (2022). Modul 1 - Analisis Curah Hujan. In *Modul 1 Analisis Curah Hujan*. <https://karangploso.jatim.bmkg.go.id/index.php/component/tags/tag/analisis-bulanan>
- Ruhiat, D. (2022). Implementasi Distribusi Peluang Gumbel Untuk Analisis Data Curah Hujan Rencana. *Teorema: Teori Dan Riset Matematika*, 7(1), 213. <https://doi.org/10.25157/teorema.v7i1.7137>
- Sanusi W., S. S. (2016). Statistika Untuk Pemodelan Data Curah Hujan. In *Buku Ajar* (Vol. 53, Issue 9).
- Soulis, K. X. (2021). Soil conservation service curve number (SCS-CN) method: Current applications, remaining challenges, and future perspectives. *Water (Switzerland)*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/w13020192>
- Subramaya. (1984). *Engineering hydrology*. <https://doi.org/10.1201/9780429094811-13>
- Sumarauw, J. S. F. (2022). Daerah Aliran Sungai. In *Jurnal Bumi*. <https://jurnalbumi.com/knol/daerah-aliran-sungai/>
- Sumarauw, J. S. F., & Ohgushi, K. (2012). Analysis on curve number, land use and land cover changes in the Jobaru River basin, Japan. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, 7(7), 787–793.
- Sumarauw, J. S. F. (2017). Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman Daerah Manado, Minahasa Utara dan Minahasa. *Jurnal Sipil Statik*, 5(10), 669–678.
- Tallar, R. Y. (2023). Dasar-dasar Hidrologi terapan. In *Ideas Publishing* (Vol. 6, Issue August).
- Triatmodjo, B. (2008). Hidrologi Terapan. In *Beta Offset Yogyakarta*.
- Wilson, E. M. (1993). Hidrologi Teknik. In *ITB Bandung*.