



## Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Bailang Di Jembatan Cempaka Kecamatan Bunaken

Wendari T. A. Kaluase<sup>#a</sup>, Jeffry S. F. Sumarauw<sup>#b</sup>, Liany A. Hendratta<sup>#c</sup>

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

<sup>a</sup>wendarikaluase021@student.unsrat.ac.id, <sup>b</sup>jeffrysumarauw@unsrat.ac.id, <sup>c</sup>lianyhendratta@unsrat.ac.id

### Abstrak

Sungai Bailang yang terletak di Kecamatan Bunaken, Kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara, dikenal sebagai sungai yang rentan terhadap kejadian banjir. Data historis menunjukkan bahwa selama musim hujan, tinggi muka air sungai ini seringkali mengalami fluktuasi signifikan, yang berpotensi merugikan masyarakat sekitar. Sebagai contoh, banjir pada tahun 2023 dan longsor di sisi kanan Jembatan Cempaka akibat hujan deras pada 2 Maret 2024. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hidrologi Sungai Bailang guna menentukan besaran debit banjir rencana sebagai dasar perencanaan pengendalian banjir. Analisis curah hujan rencana dilakukan menggunakan metode Log Pearson III berdasarkan data curah hujan dari Stasiun MRG Bailang-Kayuwatu periode 2012 s/d 2023. Perhitungan debit banjir menggunakan Metode Rasional, sementara simulasi tinggi muka air dilakukan dengan program HEC-RAS. Hasil analisis menunjukkan bahwa debit banjir rencana untuk kala ulang 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun berturut-turut adalah 22,24 m<sup>3</sup>/det, 28,64 m<sup>3</sup>/det, 37,62 m<sup>3</sup>/det, 44,93 m<sup>3</sup>/det dan 52,78 m<sup>3</sup>/det. Simulasi menggunakan program HEC-RAS menunjukkan pada penampang melintang STA 0+25 mampu menampung debit banjir pada setiap kala ulang. Pada STA 0+50 hanya mampu menampung debit banjir kala ulang 5 tahun dan 10 tahun. Pada STA 0+75 s/d STA 0+200 tidak mampu menampung debit banjir rencana untuk semua kala ulang.

*Kata kunci: debit banjir rencana, Tinggi muka air, Metode Rasional, HEC-RAS*

### 1. Pendahuluan

#### 1.1. Latar Belakang

Sungai Bailang merupakan salah satu sungai yang meluap akibat banjir pada tahun 2023. Kejadian tersebut disebabkan oleh aliran air berlebihan yang merendam daratan akibat intensitas hujan yang sangat tinggi sehingga melebihi kapasitas debit air pada penampang sungai yang tersedia. Luapan terjadi hingga membuat warga sekitar harus mengungsi karena rumah mereka terendam banjir.

Dengan menganalisis hubungan antara debit banjir dan tinggi muka air sungai, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan sekaligus menjadi referensi bagi pihak-pihak terkait dalam pengelolaan sumber daya air dan perencanaan mitigasi bencana banjir di masa mendatang.

#### 1.2. Rumusan Masalah

Apakah penampang Sungai Bailang di Jembatan Cempaka mampu menampung debit air yang dihasilkan dari intensitas curah hujan yang tinggi dalam kala ulang 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun?

#### 1.3. Batasan Penelitian

1. Penampang melintang sungai yang ditinjau sepanjang 200 meter menuju hulu dari titik awal pengukuran

2. Analisis hidrologi menggunakan data hujan harian maksimum
3. Analisis menggunakan metode rasional untuk analisis hidrologi dan HEC-RAS untuk analisis hidraulika
4. Kala ulang rencana dibatasi pada 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun

#### 1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh data debit banjir rencana dan tinggi muka air sungai bailang di jembatan cempaka dalam berbagai kala ulang.

#### 1.5. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini manfaat yang diharapkan yaitu untuk menjadi bahan informasi kepada pihak yang membutuhkan dalam penanggulangan banjir dan referensi untuk penelitian lebih lanjut.

#### 1.6. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Jembatan Cempaka, Kecamatan Bunaken, Kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara. Dalam geografi terletak pada  $1^{\circ}31'38.37''\text{N}$   $124^{\circ}50'51.46''\text{E}$ .



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian (Google Earth)

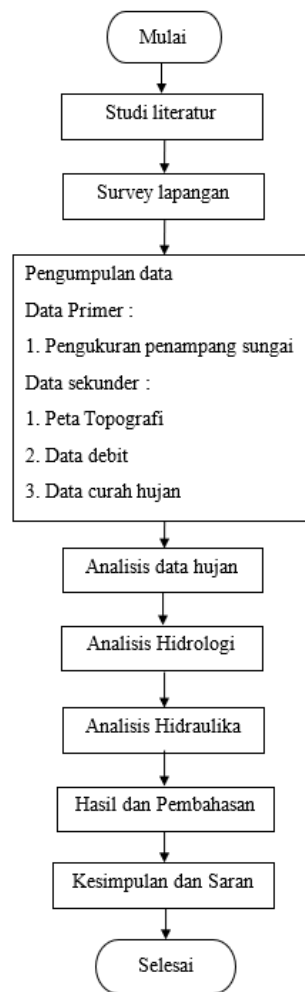
## 2. Tahap Penelitian

Tahap penelitian digambarkan dalam alur yang ditunjukkan pada Gambar 2.

## 3. Kajian Literatur

### 3.1. Daur Hidrologi

Daur hidrologi menurut Sosrodarsono (dalam Ismail *et al*, 2023) adalah air yang menguap ke udara dari permukaan tanah dan laut, setelah melalui beberapa proses akan berubah menjadi awan yang kemudian jatuh sebagai hujan atau salju ke permukaan laut atau daratan.



**Gambar 2.** Bagan Alir Penelitian

### 3.2. Daerah Aliran Sungai

Daerah aliran sungai atau yang sering disingkat dengan DAS adalah suatu wilayah yang dibatasi oleh punggung bukit atau gunung, serta batas batuan seperti jalan atau tanggul, dimana air hujan yang jatuh di daerah tersebut dan kemudian mengalir menuju titik kontrol (Suripin dalam Atmajayani, 2022).

### 3.3. Analisis Curah Hujan

Menurut prinsip daur hidrologi, semua air yang ada di bumi, baik secara langsung maupun tidak langsung, berasal dari air hujan. Hujan adalah faktor penting dalam proses hidrologi, karena air hujan yang jatuh akan mengalir ke sungai melalui berbagai jalur yaitu melalui limpasan permukaan, infiltrasi ke dalam tanah, dan aliran air tanah. Semua proses ini berkontribusi pada jumlah air yang ada di sungai.

Seiring dengan meningkatnya jumlah air yang mengalir ke sungai, pemahaman tentang kedalaman hujan menjadi penting, terutama dalam konteks analisa banjir. Maka untuk mendapatkan perkiraan besar banjir yang mungkin terjadi di suatu penampang sungai, diperlukan data yang mencakup kedalaman hujan di seluruh DAS, bukan hanya dari satu stasiun pengukuran.

### 3.4. Analisis Data Outlier

Data *outlier* adalah data yang 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  $C_{S_{\log}} \geq 0,4$  maka : uji *outlier* tinggi, koreksi data, uji *outlier* rendah, koreksi data
  2. Jika  $C_{S_{\log}} \leq -0,4$  maka : uji *outlier* rendah, koreksi data, uji *outlier* tinggi, koreksi data
  3. Jika  $-0,4 < C_{S_{\log}} < 0,4$  maka : uji *outlier* tinggi atau rendah, koreksi data
- Untuk menghitung *outlier* tinggi maupun rendah digunakan rumus pada persamaan berikut:

- *Outlier* tinggi :  

$$\text{Log } x_h = \overline{\log x} + K_n \cdot S_{\log} \quad (1)$$

- *Outlier* rendah :  

$$\text{Log } x_l = \overline{\log x} - K_n \cdot S_{\log} \quad (2)$$

- $\text{Log } x = \frac{\sum \log x}{n} \quad (3)$

- $S_{\log} = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \overline{\log x})^2}{n-1}} \quad (4)$

- $C_{S_{\log}} = \frac{n}{(n-1)(n-2)S_{\log}^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 \quad (5)$

Dengan :

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

$S_{\log}$  = Simpangan baku

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

$K_n$  = 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

### 3.5. Parameter Statistik

Parameter statistik yang digunakan dalam analisis data hidrologi mencakup rata-rata hitung (*mean*), simpangan baku (standar deviasi), koefisien variasi, kemencengan (koefisien skewness), 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)

Jika penyebaran data sangat besar dibandingkan dengan nilai rata-rata, maka nilai deviasi standar ( $S$ ) akan menjadi besar. Sebaliknya, jika penyebaran data relatif 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

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

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

Dengan :

$C_v$  = Koefisien variasi

$S$  = Standar deviasi

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

#### d) Koefisien Skewness (Kemencengan)

Kemencengan (*skewness*) adalah ukuran yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan dari suatu distribusi. Ini menggambarkan seberapa jauh kurva frekuensi dari suatu distribusi

menyimpang dari bentuk simetris.

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

Dengan :

Cs = 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 :

Ck = Koefisien kurtosis.

$X_i$  = Nilai variasi.

S = Standar deviasi.

n = Jumlah data.

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

### 3.6. Distribusi Probabilitas

Distribusi probabilitas, atau distribusi peluang, adalah suatu bentuk distribusi yang menggambarkan probabilitas variasi sebagai pengganti frekuensi. Salah satu tujuan utama dari analisis distribusi peluang adalah untuk menentukan periode ulang (*return period*)

a) Distribusi normal

Distribusi normal sering digunakan dalam berbagai analisis hidrologi, seperti analisis frekuensi hujan, analisis statistik rata-rata curah hujan tahunan, debit rata-rata tahunan, dan lainnya. Hubungan matematis dalam distribusi ini dapat dinyatakan sebagai:

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

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

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

c) Distribusi Gumbel

Distribusi Gumbel, yang juga dikenal sebagai distribusi ekstrem tipe I, sering digunakan untuk menganalisis kejadian ekstrem seperti banjir. Persamaan matematisnya adalah:

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

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.

$$\text{Log } X = \overline{\log X} + K_{TR,CS} \cdot S_{\log X} \quad (14)$$

### 3.7. Pemilihan Tipe Distribusi

Pemilihan tipe distribusi dalam analisis data hidrologi dapat dilakukan berdasarkan parameter statistik dari data pengamatan lapangan, seperti koefisien skewness (CS), koefisien variasi (CV), dan koefisien kurtosis (CK). Berikut adalah kriteria pemilihan untuk masing-masing tipe distribusi:

1. Distribusi Normal:

$$Cs \approx 0 ; Ck \approx 3$$

2. Distribusi Log-Normal:

$$Cs \approx Cv^3 ; 3 Cv$$

$$Ck \approx Cv^8 + 6 Cv^6 + 15 Cv^4 + 16 Cv^2 + 3$$

3. Distribusi Gumbel:

$$C_s = 1,14 ; C_k = 5,4$$

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 daerah tangkapan air dan data penutup lahan.

### 3.9 Metode Rasional

Metode Rasional merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menghitung debit rencana pada suatu daerah aliran sungai. Metode rasional memiliki tiga parameter yaitu koefisien limpasan (C), intensitas curah hujan (I) dan luasan DAS. Metode Rasional dapat digunakan untuk menghitung debit puncak sungai atau saluran namun dengan daerah aliran yang terbatas. Menurut Goldman (dalam Wismarini *et al*, 2011), Metode Rasional dapat digunakan untuk daerah pengaliran < 300 ha. Berikut ini merupakan rumus untuk menentukan nilai debit rencana metode rasional (Suhadjono dalam Fitriani *et al*, 2020) :

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (15)$$

Dengan :

- Q = Debit banjir rencana (m<sup>3</sup>/det)
- C = koefisien pengaliran
- I = Intensitas hujan maksimum (mm/jam)
- A = Luas daerah aliran sungai (Km<sup>2</sup>)

### 3.10 Koefisien Aliran Permukaan (Runoff Coefficient = C)

Untuk menganalisa nilai koefisien aliran permukaan suatu DAS menggunakan persamaan (Suripin dalam Fitriani *et al*, 2020) :

$$C_{das} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (16)$$

Dengan :

- C<sub>das</sub> = Koefisien aliran permukaan suatu DAS
- C<sub>i</sub> = Koefisien aliran permukaan jenis penutup lahan i
- A<sub>i</sub> = Luas jenis lahan dengan penutup lahan i
- n = Jumlah jenis penutup lahan

### 3.11 Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan untuk tc tertentu dapat dihitung dengan rumus Mononabe dibawah ini (Loebis dalam Fitriani *et al*, 2020) :

$$i = \frac{R}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3} \quad (17)$$

Dengan :

- I = intensitas curah hujan (mm/jam)
- Tc = lamanya curah hujan (jam)
- R24 = curah hujan maks dalam 24 jam (mm)

### 3.12 Waktu Konsentrasi (tc)

Waktu konsentrasi (tc) suatu DAS adalah waktu yang dibutuhkan oleh aliran air hujan yang jatuh ke permukaan tanah dan kemudian mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluaran DAS setelah lahan menjadi jenuh.

Metode yang sering dipakai adalah persamaan yang dikembangkan oleh Kirpich (1940), sebagai berikut:

$$t_c = \left( \frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \quad (18)$$

Dengan :

$t_c$  = waktu konsentrasi (jam)

$L$  = panjang sungai (km)

$S$  = kemiringan sungai (%)

### 3.13 Aliran Langgeng (*Steady Flow*)

Aliran dikatakan langgeng (*steady*) jika kecepatan aliran tetap konstan selama periode waktu tertentu. Namun, aliran alami umumnya bersifat tidak tetap disebabkan oleh berbagai faktor, seperti bentuk geometris hidrolik saluran, ketidakaturan sungai di lapangan, adanya vegetasi di tepi saluran, bangunan air, serta perubahan pada dasar saluran

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Data Curah Hujan

Analisis curah hujan DAS Bailang dilakukan berdasarkan data curah hujan harian maksimum yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan periode 2012 sampai dengan 2023 (12 tahun). Dengan metode Poligon Thiessen maka diketahui pos hujan yang berpengaruh terhadap titik tinjau hanya ada 1, yaitu pos hujan MRG Bailang-Kayuatu. Data hujan harian maksimum dari tahun 2012 hingga 2023 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  $C_{S_{\log x}} = 0,07347$  dan kala ulang dalam tahun.

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

Tahun	Curah hujan harian maksimum (mm) MRG Bailang-Bengkol
2012	75,9
2013	194,3
2014	201
2015	124,5
2016	65,1
2017	99,3
2018	78,8
2019	46
2020	88,2
2021	83,2
2022	45
2023	255,2

**Tabel 2.** Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe sebaran	Syarat parameter statistik	Parameter statistik data pengamatan	Keterangan
Normal	$C_s = 0$	1,13	Tidak memenuhi
	$C_k = 3$	3,9104	Tidak memenuhi
Log normal	$C_s = C_v^3 + \frac{3}{2} C_v = 1,187$	1,13	Tidak memenuhi
	$C_k = C_v^8 + 6 C_v^6 + 15 C_v^4 + 16 C_v^2 + 3 = 5,607$	3,9104	Tidak memenuhi
Gumbel	$C_s = 1,14$	1,13	Tidak memenuhi
	$C_k = 5,4$	3,9104	Tidak memenuhi
Log-pearson III	Bila tidak ada parameter statistik yang sesuai dengan ketentuan distribusi sebelumnya		

**Tabel 3.** Nilai K untuk Setiap Kala Ulang

5 Tahun	0,8375
10 Tahun	1,2893
25 Tahun	1,7759
50 Tahun	2,0929
100 Tahun	2,3804

Selanjutnya adalah perhitungan curah hujan kala ulang 5 tahun :

$$\log X_{TR} = \bar{Y} + K \cdot S_{\log x} = 1,9885 + (0,8375) \times 0,2433 = 2,1923$$

$$X_{TR} = 10^{2,1923}$$

$$X_{TR} = 155,71 \text{ mm}$$

**Tabel 4.** Curah Hujan Rencana

Kala ulang (TR)	Log $X_{TR}$	$X_{TR}$ (mm)
5 Tahun	2,1923	155,71
10 Tahun	2,3022	200,56
25 Tahun	2,4206	263,41
50 Tahun	2,4978	314,59
100 Tahun	2,5677	369,57



#### 4.4 Analisis Debit Banjir Rencana

Perhitungan debit banjir rencana dengan metode rasional diawali dengan penentuan intensitas curah hujan dan koefisien aliran. Perhitungan waktu konsentrasi dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$t_c = \left( \frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385}$$

Untuk mencari kemiringan sungai digunakan rumus berikut:

$$S = \left( \frac{H}{L} \right)$$

H = Beda tinggi antara titik terjauh sampai titik tinjau, hasilnya 0,0187 km

L = Sungai terpanjang, hasilnya 0,746 km

$$S = \left( \frac{0,0187}{0,746} \right) = 0,0250$$

Maka, nilai  $t_c$  adalah :

$$t_c = \left( \frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} = \left( \frac{0,87 \times 0,746^2}{1000 \times 0,0250} \right)^{0,385} = 0,22 \text{ jam}$$

Contoh perhitungan kala ulang 5 tahun dengan hujan rencana sebesar 155,71 mm adalah sebagai berikut :

$$i = \frac{R}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3} = \frac{155,71}{24} \left( \frac{24}{0,22} \right)^{2/3} = 148,13 \text{ mm/jam}$$

Tabel 5 berisi hasil perhitungan intensitas curah hujan.

**Tabel 5.** Perhitungan Intensitas Curah Hujan

kala ulang	I (mm/jam)
5	148,13
10	190,79
25	250,58
50	299,27
100	351,57

**Tabel 6.** Perhitungan Nilai Tutupan Lahan

Jenis tutupan lahan	C	Luas (A) (km <sup>2</sup> )	C * A
Pemukiman padat	0,6	0,44	0,26
taman dan kebun	0,6	0,46	0,28
		0,90	0,54
Nilai C		0,60	

Sehingga, debit rancangan untuk kala ulang 5 tahun adalah:

$$Q_5 = 0,278 \text{ C.I.A}$$

$$Q_5 = 0,278 \times 0,60 \times 148,13 \times 0,9 = 22,24 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk perhitungan dengan kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun dapat dilihat dalam Tabel 7.

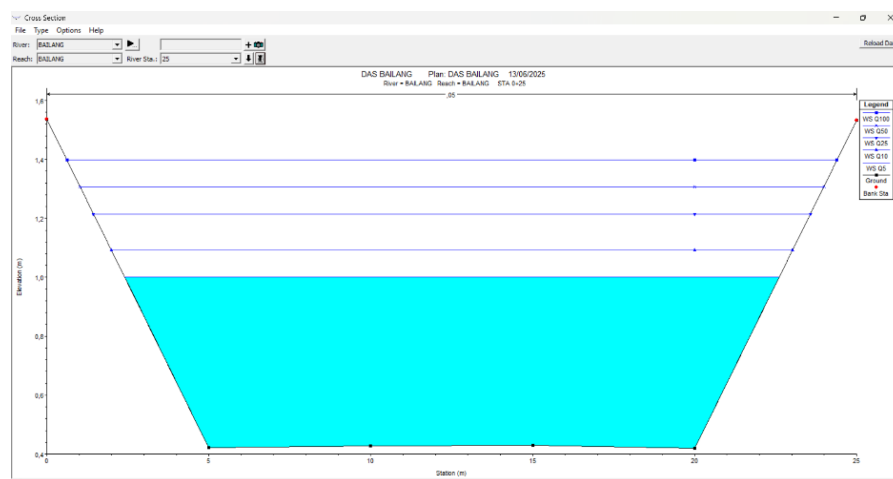
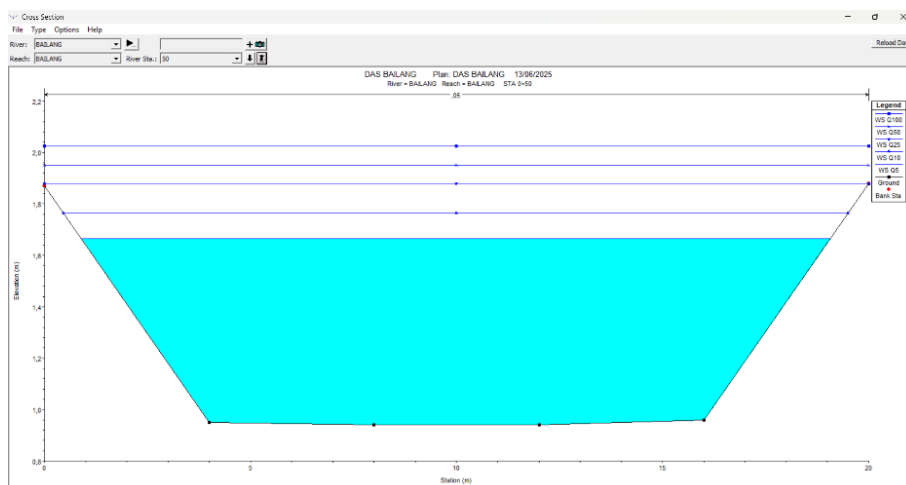
**Tabel 7.** Debit Banjir Rencana

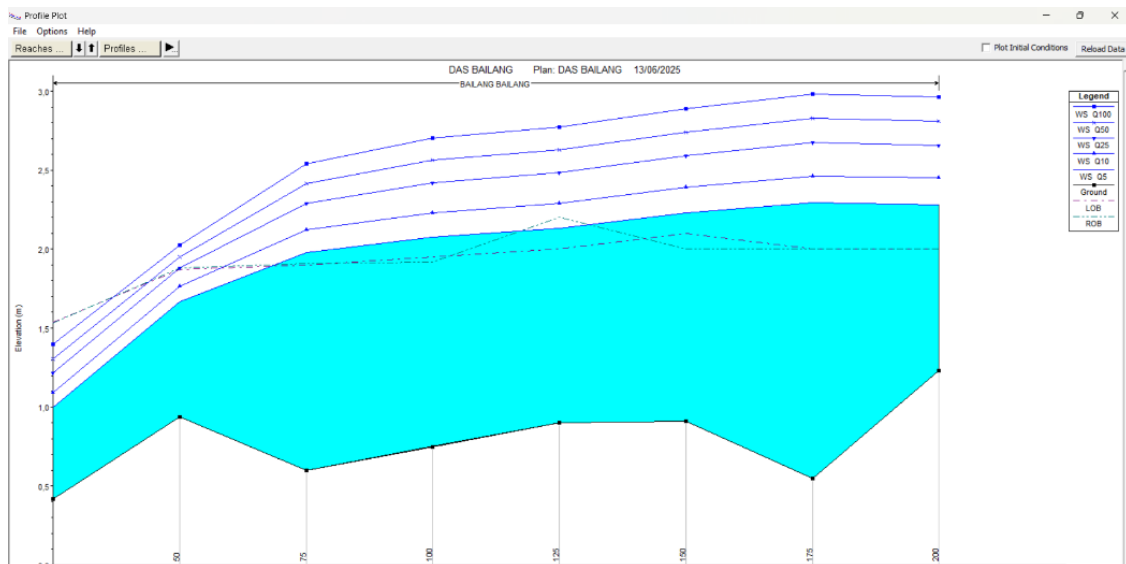
Kala ulang		C	i (mm/jam)	A (km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /det)
Q5	0,278	0,60	148,13	0,9	22,24
Q10	0,278	0,60	190,79	0,9	28,64
Q25	0,278	0,60	250,58	0,9	37,62
Q50	0,278	0,60	299,27	0,9	44,93
Q100	0,278	0,60	351,57	0,9	52,78

#### 4.5 Simulasi Tinggi Muka Air dengan HEC-RAS

Untuk analisis tinggi muka air menggunakan program komputer HEC RAS dimasukkan penampang saluran, karakteristik saluran untuk nilai koefisien n manning, dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng (steady flow).

Hasil simulasi menggunakan program HEC-RAS menunjukkan penampang melintang STA 0+25 mampu menampung debit banjir pada setiap kala ulang. Pada STA 0+50 hanya mampu menampung debit banjir kala ulang 5 tahun dan 10 tahun. Pada STA 0+75 s/d STA 0+200 tidak mampu menampung debit banjir rencana untuk semua kala ulang.

**Gambar 3.** Rangkuman Tinggi Muka Air STA. 0+25**Gambar 4.** Rangkuman Tinggi Muka Air STA. 0+50



**Gambar 5.** Rangkuman Elevasi Tinggi Muka Air Profil Memanjang Sungai Bailang (Titik Kontrol Jembatan Cempaka)

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Debit banjir yang terjadi pada kala ulang 5 tahun = 22,24 m<sup>3</sup>/det, kala ulang 10 tahun = 28,64 m<sup>3</sup>/det, kala ulang 25 tahun = 37,62 m<sup>3</sup>/det, kala ulang 50 tahun = 44,93 m<sup>3</sup>/det, kala ulang 100 tahun = 52,78 m<sup>3</sup>/det. Berdasarkan hasil analisis curah hujan rencana, debit banjir rencana serta analisis tinggi muka air dengan menggunakan program komputer HEC RAS disimpulkan bahwa penampang Sungai Bailang di Jembatan Cempaka tidak mampu menampung debit air yang dihasilkan dari intensitas curah hujan yang tinggi dalam kala ulang 5,10,25,50, dan 100 tahun

### 5.2 Saran

1. Perlu adanya konstruksi tanggul di sepanjang sungai yang meluap untuk mencegah luapan air ke pemukiman.
2. Perlu adanya peningkatan kapasitas tampung sungai. Hal ini bisa dicapai dengan memperlebar alur sungai ataupun membangun bendungan atau waduk di hulu untuk menahan sebagian air hujan
3. Perlu adanya kesadaran masyarakat untuk tidak membuang sampah di disekitar sungai.

## Referensi

- Alpius, A., Riduansyah, R., & Asadi, A. (2022). Studi Karakteristik Sub Daerah Aliran Sungai Dedai Pada Daerah Aliran Sungai Melawi Kabupaten Sintang. *Perkebunan Dan Lahan Tropika*, 12(1), 39–47. <https://doi.org/10.26418/Plt.V12i1.60023>
- Atmajayani, R. (2022). *Analisis Kondisi Lingkungan Fisik Dan Sosial Ekonomi Masyarakat Di Daerah Aliran Sungai Brantas Akibat Penambangan Pasir (Studi Kasus Kali Brantas Kecamatan Srengat, Kabupaten Blitar)*. 7, 241–252.
- Balahanti, R., Mononimbar, W., & Gosal, P. H. (2023). Analisis Tingkat Kerentanan Banjir Di Kecamatan Singkil Kota Manado. *Jurnal Spasial*, 11, 69–79. <https://ejournal.unsrat.ac.id/V3/Index.php/Spasial/Article/Download/51447/44169/121650>
- Balai Wilayah Sungai Sulawesi I. (2025a). *Data Debit Harian Sungai Bailang-Bengkol. Manado*.
- Balai Wilayah Sungai Sulawesi I. (2025b). *Data Hujan Harian Pos Klimatologi Bailang-Kayuatu., Manado*.
- Dinaslingkunganhidup. (2019). *Apa Itu Daerah Aliran Sungai (Das)*. Dinaslingkunganhidup. <https://dlh.bulelengkab.go.id/Informasi/Detail/Artikel/Apa-Itu-Daerah-Aliran-Sungai-Das-28>
- Fitriani, D., Satriyo, P., & Devianti, D. (2020). Analisis Debit Rencana Metode Rasional Di Sub Das Lawe Simpali Kabupaten Aceh Selatan. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 5(1), 491–500.

<https://doi.org/10.17969/jimfp.v5i1.13679>

- 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>
- Ismail, Ahmad, A., Ali, M. Y., & Ma'rufah. (2023). Pemanenan Air Hujan Sebagai Penyediaan Air Bersih Di Kabupaten Takalar. *Jurnal Teknik Hidro*, 16, 44–53.  
<https://journal.unismuh.ac.id/index.php/hidro/article/view/10544>
- Maine Erosion And Sediment Control Best Management Practices (Bmps), *Manual For Designers And Engineers 2016*. (2016). [https://www.maine.gov/dep/land/erosion/escbmps/esc\\_bmp\\_engineers.pdf](https://www.maine.gov/dep/land/erosion/escbmps/esc_bmp_engineers.pdf)
- Makahinsade, I., Mananoma, T., & Sumarauw, J. S. F. (2020). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Maen Kecil Di Desa Maen Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 8(3), 337–344.  
<https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/24508>
- Mawikere, N. C., Sumarauw, J. S. F., & Supit, C. J. (2022). Analisis Tinggi Muka Air Banjir Sungai Bailang Di Lorong Symphony Kelurahan Sumompo Kota Manado. *Tekno*, 20, 787–796.  
<https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/tekno/article/view/44176%0ahttps://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/tekno/article/download/44176/40317>
- Pratiwi, F. (2024). *Data Jumlah Kejadian Banjir Di Indonesia (2013-2023)*. Dataindonesia.id.  
<https://dataindonesia.id/varia/detail/data-jumlah-kejadian-banjir-di-indonesia-20132023>
- Purba, N. A. H., Lukman, A., & Sarifah, J. (2021). Perbandingan Metode Mononobe Dan Metode Van Breen Untuk Pengukuran Intensitas Curah Hujan Terhadap Penampang Saluran Drainase. *Universitas Islam Sumatera Utara*, 16(2), 119–125.
- Sondak, S. W., Tangkudung, H., & Hendratta, L. (2019). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Girian Kota Bitung. *Jurnal Sipil Statik*, 7(8), 1049–1058.  
<https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/29979>
- Wismarini, Th. D., Ningsih, D. H. U., & Amin, F. (2011). Metode Perkiraan Laju Aliran Puncak (Debit Air) Sebagai Dasar Analisis Sistem Drainase Di Daerah Aliran Sungai Wilayah Semarang Berbantuan Sig. *Jurnal Teknologi Informasi Dinamik*, 16(2), 124–132.