



## Analisis Debit Banjir Dan Luas Genangan Sungai Malalayang Di Jembatan Batukota Bawah Kota Manado

Putri S. C. Nahumury<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>putrinahumury021@student.unsrat.ac.id, <sup>b</sup>jeffreysumarauw@unsrat.ac.id, <sup>c</sup>lianyhendratta@unsrat.ac.id

### Abstrak

Sungai Malalayang merupakan salah satu sungai terbesar di Kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara, yang sering mengalami banjir akibat intensitas curah hujan yang tinggi. Penelitian ini bertujuan menganalisis debit banjir, tinggi muka air, dan luas genangan pada Sungai Malalayang di Kelurahan Batukota Bawah sebagai upaya pengendalian banjir. Analisis frekuensi curah hujan dilakukan menggunakan metode Log Pearson Tipe III berdasarkan data dari empat pos hujan. Hasil analisis digunakan sebagai input pemodelan hujan-aliran pada HEC-HMS dengan metode Hidrograf Satuan Sintetis Soil Conservation Service (HSS-SCS), metode SCS Curve Number (CN) untuk kehilangan air, serta metode recession untuk aliran dasar (baseflow). Sebelum simulasi dilakukan, parameter HSS-SCS dikalibrasi agar sesuai dengan kondisi DAS. Debit puncak hasil simulasi kemudian digunakan dalam pemodelan HEC-RAS untuk menganalisis tinggi muka air dan luas genangan pada berbagai kala ulang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas penampang Sungai Malalayang tidak mampu menampung debit banjir sehingga terjadi luapan pada setiap kala ulang yang dianalisis. Luas genangan juga meningkat seiring bertambahnya kala ulang, mulai dari 5 tahun hingga 100 tahun. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam perencanaan pengendalian banjir dan mitigasi bencana di kawasan Sungai Malalayang.

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

### 1. Pendahuluan

#### 1.1. Latar Belakang

Sungai Malalayang merupakan salah satu sungai utama di Kota Manado yang melintasi Kecamatan Malalayang. Penelitian ini difokuskan pada ruas sungai yang dimulai dari jembatan penghubung Kelurahan Batukota dan Desa Malalayang Satu Timur. Wilayah Batukota Bawah pernah mengalami banjir pada tahun 2014, 2016, dan 2021 akibat luapan Sungai Malalayang, yang umumnya dipicu oleh peningkatan debit saat musim hujan. Kejadian tersebut mengganggu aktivitas masyarakat serta menyebabkan kerusakan infrastruktur. Oleh karena itu, analisis debit banjir dan pola genangan diperlukan untuk mendukung penyusunan upaya mitigasi banjir yang lebih efektif di kawasan tersebut.

#### 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, luapan Sungai Malalayang dipengaruhi oleh tingginya debit banjir, khususnya pada lokasi penelitian di Kelurahan Batukota. Oleh karena itu, diperlukan analisis debit banjir untuk berbagai kala ulang serta pola genangan guna mengidentifikasi karakteristik banjir di kawasan tersebut.

#### 1.3. Batasan Penelitian

1. Titik mulai peninjauan berada pada jembatan yang berjarak 269 meter dari Gereja GMIM

- Lembah Yordan Batukota Bawah, dengan jarak tinjauan 200 meter ke arah hilir;
2. Analisis hidrologi menggunakan data curah hujan harian maksimum;
  3. Kala ulang rencana dibatasi pada 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun;
  4. Analisis hidrologi menggunakan 2 program komputer yaitu HEC-HMS untuk mendapatkan besaran debit banjir rencana, dan HEC-RAS untuk analisis hidraulika terkait pola genangan.

#### 1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis besarnya debit banjir pada berbagai kala ulang serta pola genangan yang terjadi akibat luapan Sungai Malalayang di Kelurahan Batukota.

#### 1.5. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi instansi terkait dalam merumuskan strategi penanggulangan banjir sehingga risiko banjir dan genangan di wilayah Batukota Bawah, Kelurahan Batukota, dapat diminimalkan.

#### 1.6. Lokasi Penelitian



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

## 2. Tahap Penelitian

Tahap penelitian digambarkan dalam alur yang ditunjukkan pada Gambar 2.

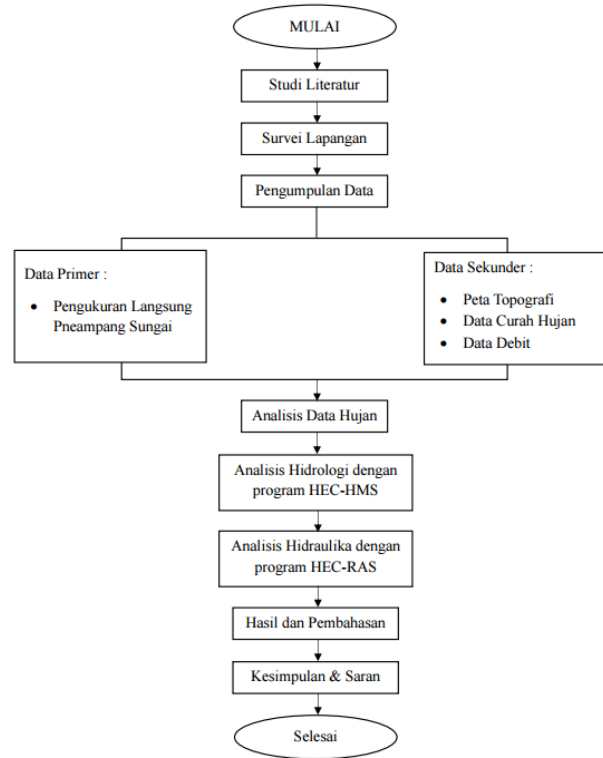
## 3. Kajian Literatur

### 3.1. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan wilayah yang dibatasi oleh batas topografi pemisah aliran (topographic watershed). Air hujan yang jatuh di dalam wilayah tersebut akan mengalir melalui jaringan sungai menuju satu titik keluaran (outlet) pada sungai utama (Amin et al., 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. Perhitungan tersebut umumnya dilakukan menggunakan Metode Rerata Aritmatik, Metode Poligon Thiessen, atau Metode Isohyet.



**Gambar 2.** Bagan Alir Penelitian

### 3.3. Analisis Data Outlier

Data outlier merupakan data yang memiliki penyimpangan yang signifikan terhadap kumpulan data secara statistik (Sumarauw, 2023). Dalam analisis hidrologi, keberadaan outlier dapat disebabkan oleh kesalahan pengukuran atau pencatatan data pada stasiun hujan sehingga berpotensi memengaruhi hasil analisis. Oleh karena itu, uji outlier dilakukan untuk mengidentifikasi dan mengoreksi data yang menyimpang agar layak digunakan pada tahap analisis berikutnya.

Berdasarkan metode koefisien *skewness* syarat-syarat untuk pengujian data *outlier*, yaitu:

1. Jika  $Cslog \geq 0,4$  maka: uji *outlier* tinggi, koreksi data, uji *outlier* rendah, koreksi data.
2. Jika  $Cslog \leq -0,4$  maka: uji *outlier* rendah, koreksi data, uji *outlier* tinggi, koreksi data.
3. Jika  $-0,4 \leq Cslog \leq 0,4$  maka: uji *outlier* tinggi dan rendah sekaligus koreksi data.

Rumus yang digunakan:

$$\text{Log} \bar{x} = \frac{\sum \text{Log } x}{n}$$

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

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

$$\text{Outlier tinggi: } \text{Log}_{xh} = \text{loh } \bar{x} + Kn \cdot S_{Log}$$

Outlier rendah:  $Log_{xl} = \log \bar{x} - Kn \cdot S_{Log}$

Dengan:

$CS_{log}$  : Koefisien kemencengan dalam log

$S_{log}$  : Smpangan baku

$\log \bar{x}$  : Nilai rata – rata

$Kn$  : Nilai K (diambil dari *outlier test K value*) tergantung dari jumlah data yang dianalisis

$Log_{xh}$  : Outlier tinggi

$Log_{xl}$  : Outlier rendah

$n$  : Jumlah data

Nilai  $Kn$  dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 1.** Tabel Nilai  $Kn$  (*Uji Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov)*)

| n  | $K_n$ | n  | $K_n$ | n  | $K_n$ | n  | $K_n$ | N   | $K_n$ |
|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|-----|-------|
| 10 | 2,036 | 21 | 2,408 | 32 | 2,591 | 43 | 2,710 | 70  | 2,893 |
| 11 | 2,088 | 22 | 2,429 | 33 | 2,604 | 44 | 2,719 | 75  | 2,917 |
| 12 | 2,134 | 23 | 2,448 | 34 | 2,616 | 45 | 2,727 | 80  | 2,940 |
| 13 | 2,175 | 24 | 2,467 | 35 | 2,628 | 46 | 2,736 | 85  | 2,961 |
| 14 | 2,213 | 25 | 2,486 | 36 | 2,639 | 47 | 2,744 | 90  | 2,981 |
| 15 | 2,247 | 26 | 2,502 | 37 | 2,650 | 48 | 2,753 | 95  | 3,000 |
| 16 | 2,279 | 27 | 2,519 | 38 | 2,661 | 49 | 2,760 | 100 | 3,017 |
| 17 | 2,309 | 28 | 2,534 | 39 | 2,671 | 50 | 2,768 | 110 | 3,049 |
| 18 | 2,335 | 29 | 2,549 | 40 | 2,682 | 55 | 2,804 | 120 | 3,078 |
| 19 | 2,361 | 30 | 2,563 | 41 | 2,692 | 60 | 2,837 | 130 | 3,104 |
| 20 | 2,385 | 31 | 2,577 | 42 | 2,700 | 65 | 2,866 | 140 | 3,129 |

### 3.4. Parameter Statistik

Analisis data hidrologi menggunakan beberapa parameter statistik, meliputi nilai rata-rata (*mean*), simpangan baku (*standard deviation*), koefisien variasi, koefisien kemencengan (*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

Simpangan baku (*standard deviation*) merupakan ukuran dispersi yang paling umum digunakan untuk menggambarkan tingkat penyebaran data terhadap nilai rata-rata. Semakin besar penyebaran data, semakin tinggi nilai simpangan baku, sedangkan penyebaran yang lebih kecil menghasilkan nilai simpangan baku yang lebih rendah.

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

Dengan:

$S$  : Standar deviasi

$\bar{x}$  : Nilai rata – rata

$n$  : Jumlah data

$x_i$  : Nilai varian

c) Koefisien variasi (Cv)

Koefisien variasi (*coefficient of variation*) merupakan perbandingan antara simpangan baku dan nilai rata-rata suatu distribusi. Nilai koefisien variasi yang tinggi menunjukkan data bersifat lebih heterogen, sedangkan nilai yang rendah menunjukkan data lebih homogen.

$$Cv = \frac{s}{\bar{x}}$$

Dengan:

Cv : Koefisien variasi

S : Standar deviasi

$\bar{x}$  : Nilai rata – rata

d) Koefisien *Skewness* (Cs)

Koefisien kemencengan (*skewness*) merupakan parameter statistik yang menunjukkan tingkat ketidaksimetrian suatu distribusi data. Nilai *skewness* digunakan untuk mengukur sejauh mana distribusi frekuensi menyimpang dari bentuk yang simetris.

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

Dengan:

Cs : Koefisien kemencengan

S : Standar deviasi

$\bar{x}$  : Nilai rata – rata

n : Jumlah data

$x_i$  : Nilai varian

e) Koefisien Kurtosis (Ck)

Koefisien kurtosis merupakan parameter statistik yang digunakan untuk mengukur tingkat keruncingan suatu distribusi data dibandingkan dengan distribusi normal. Nilai kurtosis menunjukkan bentuk puncak kurva distribusi, apakah lebih runcing atau lebih landai.

$$Ck = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4$$

Dengan:

Ck : Koefisien kurtosis

S : Standar deviasi

$\bar{x}$  : Nilai rata – rata

n : Jumlah data

$x_i$  : Nilai varian

### 3.5. Pemilihan Distribusi Probabilitas

Distribusi probabilitas merupakan metode statistik yang digunakan untuk menggambarkan peluang terjadinya suatu variabel berdasarkan nilai-nilai yang diamati. Dalam analisis hidrologi, distribusi peluang digunakan untuk memperkirakan periode ulang (*return period*), yaitu selang waktu rata-rata terjadinya kembali suatu kejadian hidrologi dengan besaran tertentu atau yang lebih besar (Triatmodjo, 2008). Penelitian ini menggunakan beberapa jenis distribusi peluang, yaitu sebagai berikut:

1. Tipe distribusi Normal  
 $Cs \approx 0$  ;  $Ck \approx 3$
2. Tipe distribusi Log Normal  
 $Cs \approx Cv^3 + 3 \cdot Cv$   
 $Ck \approx Cv^8 + Cv^6 + 25Cv^4 + 16Cv^2 + 3$
3. Tipe distribusi Gumbel  
 $Cs \approx 1,139$  ;  $Ck \approx 5,4$
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 merupakan debit puncak yang diperkirakan terjadi pada suatu sungai untuk 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 satuan merupakan hidrograf limpasan langsung yang dihasilkan oleh hujan efektif setinggi 1 mm atau 1 cm yang terdistribusi merata di seluruh daerah aliran sungai (DAS) dalam selang waktu tertentu (Triatmodjo, 2008).

### 3.9. Format naskah artikel

Kalibrasi merupakan proses membandingkan hasil perhitungan atau simulasi dengan data hasil observasi di lapangan. Pada penelitian ini, kalibrasi parameter *HSS-SCS* dilakukan untuk memperoleh parameter yang paling optimal melalui perbandingan antara hasil simulasi menggunakan *HEC-HMS* dan data debit terukur.

### 3.10. Format naskah artikel

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*.

### 3.11. Analisis Tinggi Muka Air

Analisis tinggi muka air dilakukan menggunakan perangkat lunak *HEC-RAS*. Proses pemodelan memerlukan beberapa data masukan, meliputi penampang saluran, karakteristik saluran untuk penentuan koefisien kekasaran *Manning (n)*, serta data debit banjir sebagai dasar perhitungan aliran langgeng (*steady flow*).

### 3.12. Analisis Luas Genangan

Analisis luas genangan dilakukan menggunakan perangkat lunak *HEC-RAS*. Proses pemodelan memerlukan beberapa data masukan, meliputi data topografi, karakteristik saluran untuk penentuan koefisien kekasaran *Manning (n)*, serta data debit puncak banjir sebagai dasar perhitungan aliran tak langgeng (*unsteady flow*).

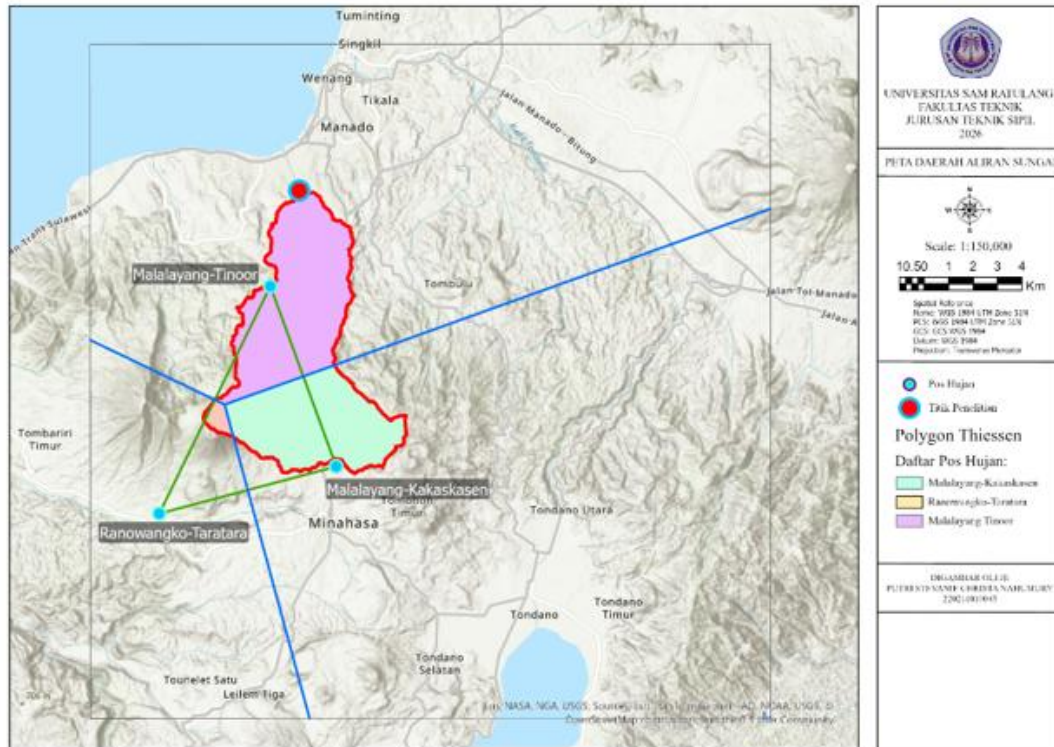
## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1. Analisis Daerah Aliran Sungai

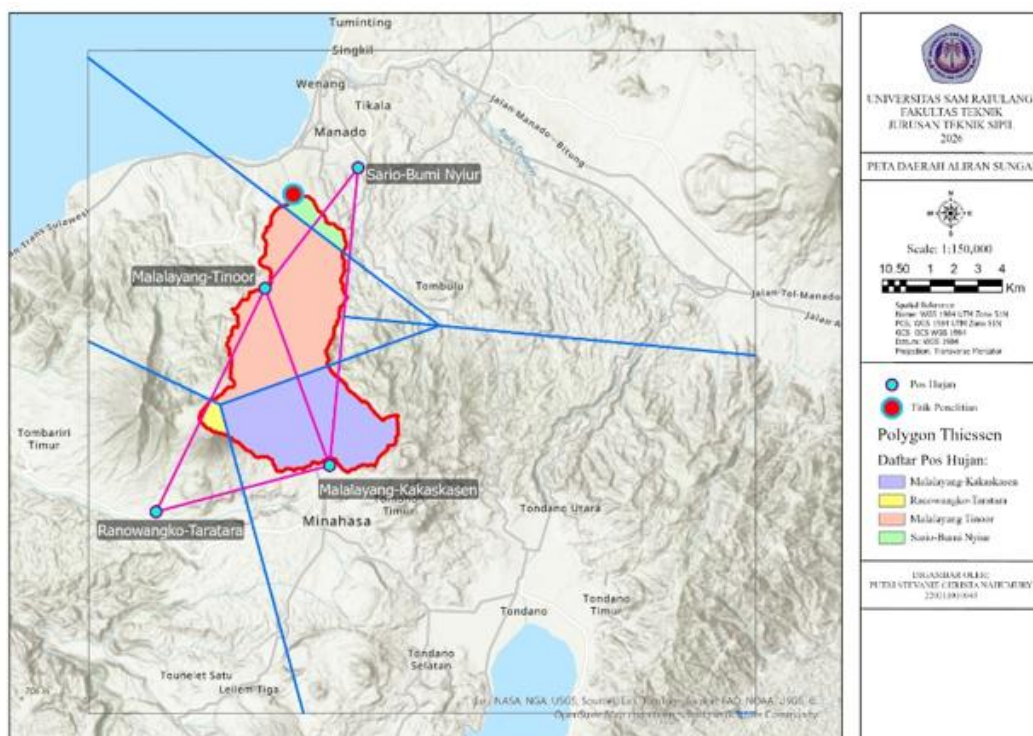
Luas Daerah Aliran Sungai (DAS) Malalayang ditentukan melalui analisis DAS menggunakan perangkat lunak *ArcGIS Pro 3.5*. Hasil analisis menunjukkan bahwa luas DAS Sungai Malalayang adalah 49,177 km<sup>2</sup>.

#### 4.2. Data Curah Hujan

Analisis curah hujan di DAS Malalayang menggunakan data curah hujan harian maksimum yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I selama periode 2008–2024. Data tersebut berasal dari Pos Hujan Malalayang–Kakaskasen, Malalayang–Tinoor, dan Ranowangko–Taratara, dengan tambahan Pos Hujan Sario–Bumi Nyiur pada tahun 2024. Berikut ini tampilan *polygon thiessen* dan data hujan harian maksimum yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 3. Polygon Thiessen Tahun 2008-2023



Gambar 4. Polygon Thiessen Tahun 2024

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

| No | Tahun | Hujan Harian Maksimum (mm)        |                                       |                                     |                                   |
|----|-------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
|    |       | Stasiun 1<br>Malalayang<br>Tinoor | Stasiun 2<br>Malalayang<br>Kakaskasen | Stasiun 3<br>Ranowanglo<br>Taratara | Stasiun 4<br>Sario Bumi<br>Nyirur |
| 1  | 2008  | 74.10                             | 80.00                                 | 117.00                              | -                                 |
| 2  | 2009  | 65.40                             | 38.00                                 | 98.00                               | -                                 |
| 3  | 2010  | 101.70                            | 65.00                                 | 156.00                              | -                                 |
| 4  | 2011  | 102.40                            | 92.00                                 | 158.00                              | -                                 |
| 5  | 2012  | 96.80                             | 42.00                                 | 136.40                              | -                                 |
| 6  | 2013  | 110.50                            | 157.00                                | 80.80                               | -                                 |
| 7  | 2014  | 184.00                            | 145.00                                | 196.50                              | -                                 |
| 8  | 2015  | 108.20                            | 204.00                                | 112.40                              | -                                 |
| 9  | 2016  | 90.30                             | 95.00                                 | 102.00                              | -                                 |
| 10 | 2017  | 156.00                            | 96.00                                 | 92.00                               | -                                 |
| 11 | 2018  | 108.10                            | 100.00                                | 105.50                              | -                                 |
| 12 | 2019  | 120.30                            | 104.00                                | 68.50                               | -                                 |
| 13 | 2020  | 134.80                            | 76.00                                 | 107.00                              | -                                 |
| 14 | 2021  | 156.40                            | 165.00                                | 135.50                              | -                                 |
| 15 | 2022  | 87.90                             | 83.00                                 | 124.00                              | -                                 |
| 16 | 2023  | 126.20                            | 76.00                                 | 124.00                              | -                                 |
| 17 | 2024  | 126.20                            | 85.00                                 | 109.00                              | 55.00                             |

#### 4.3. Penentuan Tipe Distribusi

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

| Tipe Sebaran    | Syarat Parameter Statistik                                                               |       | Parameter Statistik Data Pengamatan | Ket            |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------|----------------|
| Normal          | $CS \approx 0$                                                                           |       | 0,437                               | Tidak Memenuhi |
|                 | $Ck \approx 3$                                                                           |       | 3,286                               |                |
| Log Normal      | $CS \approx Cv^3 + 3Cv$                                                                  | 0,875 | 0,437                               | Tidak Memenuhi |
|                 | $Ck \approx Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$                                          | 4,393 | 3,286                               |                |
| Gumbel          | $CS = 1,14$                                                                              |       | 0,437                               | Tidak Memenuhi |
|                 | $Ck = 5,40$                                                                              |       | 3,286                               |                |
| Log Pearson III | Bila tiga tipe sebaran diatas tidak memenuhi maka digunakan tipe sebaran Log Pearson III |       | -                                   | Memenuhi       |

#### 4.4. Format Naskah Artikel

Perhitungan curah hujan rencana menggunakan Distribusi Log Pearson Tipe III didasarkan pada parameter  $S_{logx}$ ,  $K_{TR,CS}$ , dan  $log\bar{X}$ . Nilai  $Cs_{log}$  diperoleh melalui analisis parameter statistik, yaitu sebesar  $-0,304$ , yang menunjukkan kemencengan negatif. Selanjutnya, nilai (K) untuk setiap kala ulang ditentukan dengan interpolasi pada tabel faktor frekuensi berdasarkan nilai  $Cs_{log}$ .

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

| Cs     | Periode Ulang Kala Tahun |       |       |       |       |
|--------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
|        | 5                        | 10    | 25    | 50    | 100   |
| -0.3   | 0.853                    | 1.245 | 1.643 | 1.890 | 2.104 |
| -0.304 | 0.853                    | 1.244 | 1.642 | 1.888 | 2.101 |
| -0.4   | 0.855                    | 1.231 | 1.606 | 1.834 | 2.029 |

$$\log X_T = \overline{\log X} + K_{TR,CS} \cdot S_{log} = 2,018 + 0,853 \cdot 0,126 = 2,126$$

$$X_T = 133,568 \text{ mm}$$

**Tabel 5.** Curah Hujan Rencana

| Kala Ulang (TR) | Log Curah Hujan Rencana | Curah Hujan Rencana |
|-----------------|-------------------------|---------------------|
| 5 Tahun         | 2,126                   | 133,568             |
| 10 Tahun        | 2,175                   | 149,588             |
| 25 Tahun        | 2,225                   | 167,807             |
| 50 Tahun        | 2,256                   | 180,205             |
| 100 Tahun       | 2,283                   | 191,679             |

#### 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    | 8-10 |
|--------------------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| % Distribusi Hujan | 50,83 | 25,17 | 8,64 | 4,93 | 2,93 | 1,35 | 2,43 | 1,24 |

Perhitungan dilakukan dengan mengalihkan besar hujan tiap kala ulang pada Tabel 6 ke tiap persentasi 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           | Kala ulang 10 tahun | Kala ulang 25 tahun | Kala ulang 50 tahun | Kala ulang 100 tahun |
| 1             | 50.83%         | 67.893                       | 76.036              | 85.297              | 91.598              | 97.430               |
| 2             | 25.17%         | 33.619                       | 37.651              | 42.237              | 45.358              | 48.246               |
| 3             | 8.64%          | 11.540                       | 12.924              | 14.499              | 15.570              | 16.561               |
| 4             | 4.93%          | 6.585                        | 7.375               | 8.273               | 8.884               | 9.450                |
| 5             | 2.93%          | 3.914                        | 4.383               | 4.917               | 5.280               | 5.616                |
| 6             | 1.35%          | 1.803                        | 2.019               | 2.265               | 2.433               | 2.588                |
| 7             | 2.43%          | 3.246                        | 3.635               | 4.078               | 4.379               | 4.658                |
| 8             | 1.24%          | 1.656                        | 1.855               | 2.081               | 2.235               | 2.377                |
| 9             | 1.24%          | 1.656                        | 1.855               | 2.081               | 2.235               | 2.377                |
| 10            | 1.24%          | 1.656                        | 1.855               | 2.081               | 2.235               | 2.377                |
| <b>Jumlah</b> | <b>100.00%</b> | <b>133.568</b>               | <b>149.588</b>      | <b>167.807</b>      | <b>180.205</b>      | <b>191.679</b>       |

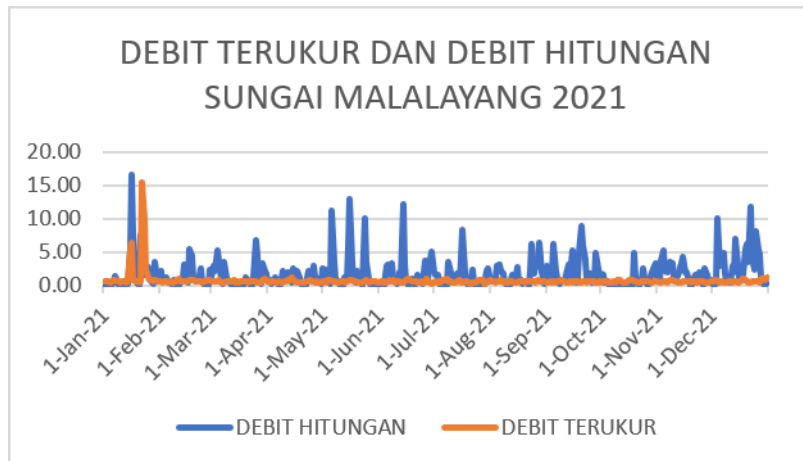
#### 4.6. Parameter Hasil Kalibrasi

Kalibrasi dilakukan terhadap debit puncak dengan membandingkan debit puncak hasil simulasi dan debit puncak terukur. Hasil awal menunjukkan debit puncak simulasi sebesar **55,4 m<sup>3</sup>/det**, lebih tinggi daripada debit puncak terukur sebesar **15,394 m<sup>3</sup>/det**. Oleh karena itu, parameter model disesuaikan secara bertahap hingga diperoleh debit puncak simulasi yang mendekati nilai debit puncak terukur.

Berdasarkan hasil penyesuaian parameter model, diperoleh debit puncak hasil simulasi sebesar **16,560 m<sup>3</sup>/det**, yang mendekati debit puncak terukur sebesar **15,394 m<sup>3</sup>/det**. Dengan demikian, hasil kalibrasi sudah dapat diterima.

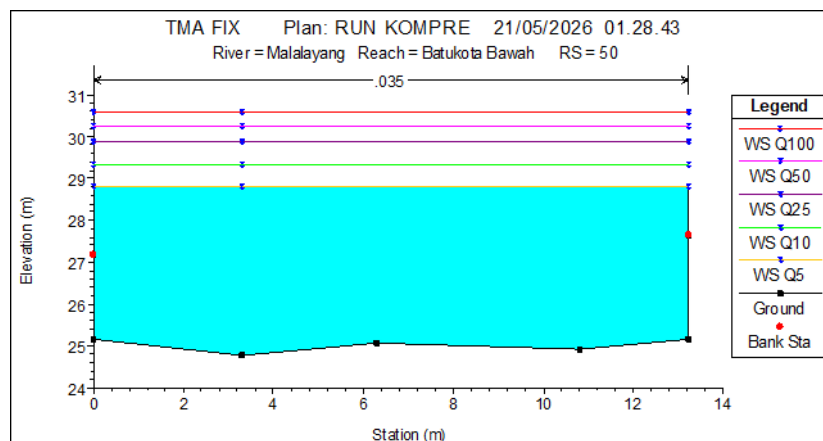
**Tabel 8.** Parameter Hasil Kalibrasi

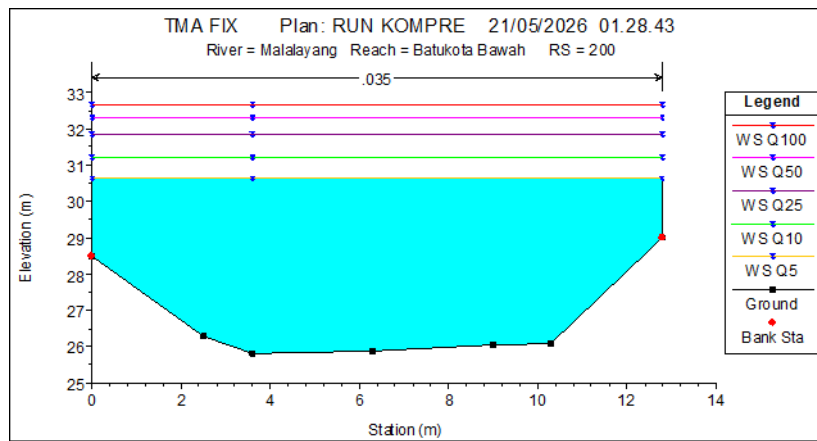
|                              |                |
|------------------------------|----------------|
| <b>CN</b>                    | <b>81.097</b>  |
| <b>Recesion<br/>Constant</b> | <b>0.1</b>     |
| <b>Rasio to Peak</b>         | <b>0.3</b>     |
| <b>Initial Discharge</b>     | <b>0.8</b>     |
| <b>Lag Time</b>              | <b>133.510</b> |

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

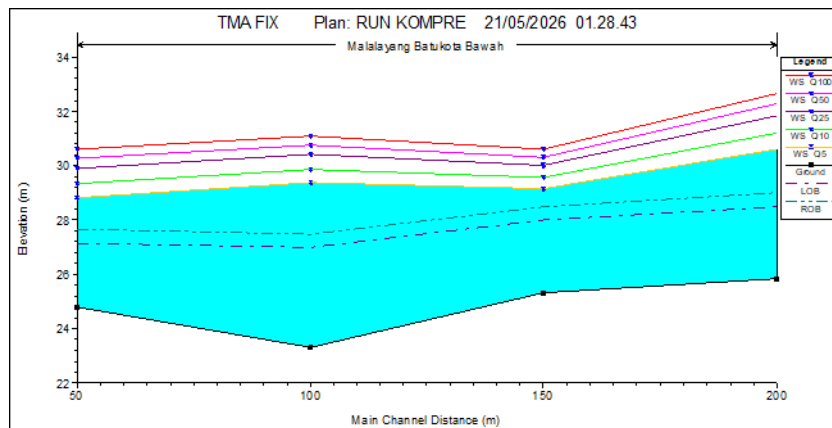
#### 4.7. Hasil Simulasi Tinggi Muka Air dengan Program Komputer HEC-RAS

Analisis tinggi muka air menggunakan HEC-RAS memerlukan data penampang sungai, koefisien kekasaran Manning ((n)), dan debit banjir sebagai masukan dalam simulasi aliran permanen (*steady flow*). Data penampang Sungai Malalayang diperoleh sepanjang 200 meter ke arah hilir dari lokasi penelitian. Hasil simulasi menunjukkan luapan air terjadi pada seluruh STA pada setiap kala ulang yang ada

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



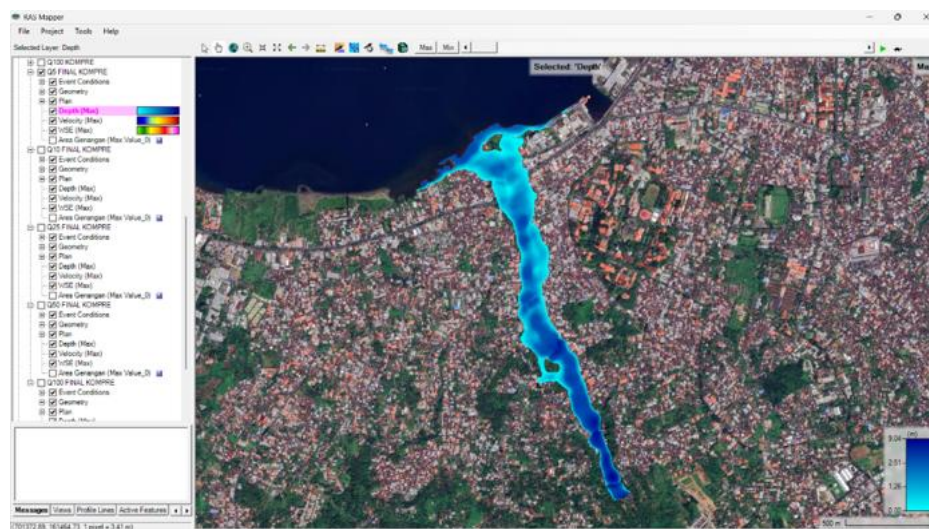
Gambar 7. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0+200 m



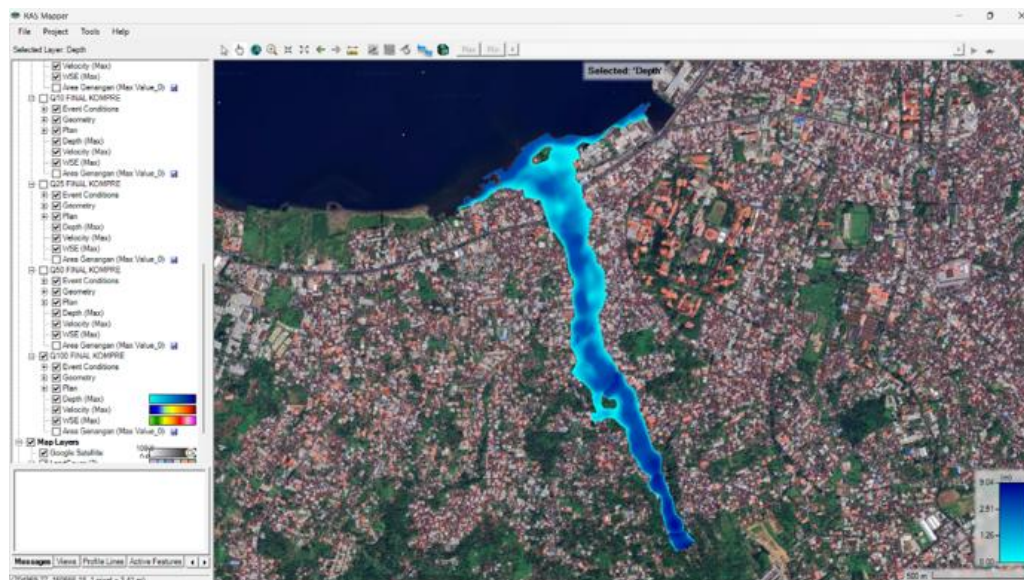
Gambar 8. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang

#### 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 9. Luas Genangan Kala Ulang 5 Tahun



Gambar 10. Luas Genangan Kala Ulang 100 Tahun

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis hidrologi, debit puncak banjir meningkat seiring bertambahnya kala ulang, yaitu sebesar 209,9 m<sup>3</sup>/det (5 tahun), 247,6 m<sup>3</sup>/det (10 tahun), 291,3 m<sup>3</sup>/det (25 tahun), 321,4 m<sup>3</sup>/det (50 tahun), dan 349,4 m<sup>3</sup>/det (100 tahun). Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar kala ulang, semakin besar pula debit banjir yang terjadi.

Simulasi hidraulika menggunakan HEC-RAS menunjukkan terjadinya luapan aliran pada seluruh penampang pengamatan (STA 0+050, STA 0+100, STA 0+150, dan STA 0+200) untuk setiap kala ulang. Luapan tersebut menyebabkan terbentuknya genangan dengan luas yang terus meningkat, yaitu 0,348 km<sup>2</sup> (5 tahun), 0,354 km<sup>2</sup> (10 tahun), 0,361 km<sup>2</sup> (25 tahun), 0,370 km<sup>2</sup> (50 tahun), dan 0,379 km<sup>2</sup> (100 tahun). Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan debit banjir berbanding lurus dengan bertambahnya luas genangan di wilayah penelitian.

### 5.2. Saran

Berdasarkan hasil analisis hidrologi dan simulasi hidraulika menggunakan HEC-RAS, seluruh penampang sungai menunjukkan potensi luapan yang dapat menyebabkan genangan di sekitar lokasi penelitian. Oleh karena itu, diperlukan upaya mitigasi untuk mengurangi risiko banjir, salah satunya melalui peningkatan kapasitas penampang sungai dengan meninggikan atau memperkuat tanggul pada penampang yang mengalami luapan, terutama di STA 0+050, STA 0+100, STA 0+150, dan STA 0+200.

## Referensi

- Amin, M., Ir Ridwan, Ms., Ir Iskandar Zulkarnaen, M., & Jurusan Teknik Pertanian, Ms. (2018). *PENGLOLAAN DAERAH ALIRAN SUNGAI*.
- Delarue, N. W. N., Sumarauw, J. S. F., & Mananoma, T. (2024). Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Malalayang di Titik Jembatan Parigi 7, Kelurahan Bahu, Kota Manado. *TEKNO*.
- 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>
- Hendratta, L. A., Monica, L., & Mangangka, I. R. (2023). Non-Metallic Material Sand, Gravel and Stone on Ongkag River: Method of Mining. *SSRG International Journal of Civil Engineering*, 10(5), 7–20. <https://doi.org/10.14445/23488352/IJCE-V10I5P102>
- Prof. Dr. Ir. H.Syarifuddin Kadir, M. Si., Dr.Badaruddin, S. Hut. ,M. P., & Dr.Ir.Eko Rini Indrayatie, M. P. (2020). *PENGLOLAAN DAERAH ALIRAN SUNGAI*. [www.irdhcenter.com](http://www.irdhcenter.com)

- Sumarauw, J. (2017). POLA DISTRIBUSI HUJAN 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*.
- Sumarauw, J. S. F. (2023b). *HUJAN*.
- Sumarauw, J. S. F. (2023c). *PENGUJIAN DATA HIDROLOGI*.
- Syahrul, M. (2022). Studi Analisis Genangan Banjir pada Saluran Drainase Jalan Cendrawasih Kota Tarakan. Skripsi, Tarakan: Universitas Borneo Tarakan.
- Tumatar, A. L. L., Sumarauw, J. S. F., & Hendratta, L. A. (2026). Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Saluwangko Desa Tounalet, Kecamatan Kakas, Kabupaten Minahasa. *TEKNO*.
- Toding Datu, R., Sumarauw, J. S. F., & Hendratta, L. A. (2025). Perencanaan Sistem Drainase Perumahan Sawangan Permai Klaster De Hoek Desa Sawangan Kabupaten Minahasa. *TEKNO*.
- Triatmodjo Bambang. (2008). *HIDROLOGI TERAPAN*. Beta Offset.
- 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.