



## Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Maketah Di Desa Mokupa Kecamatan Tombariri Kabupaten Minahasa

Joel Y. F. Wantania<sup>#a</sup>, Jeffry S. F. Sumarauw<sup>#b</sup>, Cindy J. Supit<sup>#c</sup>

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

<sup>a</sup>axelpangemanan021@student.unsrat.ac.id, <sup>b</sup>jeffrysumarauw@unsrat.ac.id, <sup>c</sup>cindyjeanesupit@unsrat.ac.id

### Abstrak

Sungai Maketah adalah sungai yang terletak di Desa Mokupa, Kecamatan Tombariri, Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara. Sungai Maketah juga merupakan sungai yang memberi dampak yang cukup besar pada banjir 21 Februari 2006. Penyebab utama terjadinya banjir adalah curah hujan yang tinggi dalam kurun waktu yang cukup Panjang sehingga mengakibatkan kerugian bagi masyarakat sekitar bantaran sungai Maketah lebih khusus para pengendara yang melewati Jembatan Mokupa II. Maka diperlukan upaya pengendalian banjir. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan mengetahui besarnya debit banjir dan tinggi muka air Sungai Maketah. Analisis debit banjir dan tinggi muka air dilakukan dengan mencari frekuensi hujan dengan menggunakan metode Log Pearson III. Data curah hujan yang digunakan berasal dari pos hujan Ranowangko Tara-tara. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum selama 10 tahun, yaitu tahun 2012 s/d 2021. Setelah didapat besaran hujan, pemodelan hujan aliran pada program komputer HEC-HMS menggunakan metode HSS *Soil Convertation Services*, dan untuk kehilangan air dengan *SCS Curve Number (CN)*. Untuk aliran dasar (*baseflow*) menggunakan metode *recession*. Dilakukan kalibrasi parameter HSS SCS sebelum melakukan simulasi debit banjir dengan mengkalibrasi debit puncak. Dalam kalibrasi ini, parameter yang dikalibrasi adalah *lag time*, *curve number*, *recession constant*, *baseflow* dan *ratio to peak*. Untuk Batasan setiap parameter disesuaikan dengan nilai standar pada program komputer HEC-HMS. Kemudian dilakukan analisis debit banjir dengan parameter yang terkalibrasi menggunakan program komputer HEC-HMS. Debit puncak hasil simulasi setiap kala ulang dimasukkan dalam program komputer HEC-RAS untuk simulasi elevasi tinggi muka air pada penampang yang telah diukur. Hasil simulasi menunjukkan bahwa semua penampang Sungai Maketah yang ditinjau sudah tidak bisa menampung debit banjir untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun.

*Kata kunci: Sungai Maketah, debit banjir rencana, tinggi muka air, HEC-HMS, HEC-RAS*

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang

Pada 21 Februari 2006 terjadi banjir bandang di Kec. Tombariri. Yang menjadi penyebab utama adalah curah hujan yang tinggi dalam kurun waktu yang cukup panjang, dan mengakibatkan meluapnya sungai – sungai di Kec. Tombariri, salah satunya sungai Maketah. Berdasarkan masalah yang terjadi maka diperlukan upaya yang dapat dilakukan upaya pengendalian terhadap banjir.

### 1.2. Rumusan Masalah

Dengan didasarkan oleh latar belakang diatas dapat dirumuskan masalah untuk penelitian ini apakah penampang Sungai Maketah dapat menampung debit banjir yang dihasilkan dari intensitas curah hujan.

### 1.3. Batasan Penelitian

1. Titik tinjau terletak di Jembatan Mokupa II, Desa Mokupa, Kecamatan Tombariri dengan jarak 100 meter kearah hulu dan 100 meter kearah hilir.
2. Analisis hidrologi yang berhubungan dengan debit banjir rencana periode 2,5,10,25,50, dan 100 tahun.
3. Analisis dihitung dengan bantuan program komputer yaitu *Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System* (HEC-HMS) untuk analisis hidrologi dan *Hydrologic Engineering Center – River Analysis System* (HEC – RAS) untuk analisis hidraulika.

### 1.4. Tujuan Penelitian

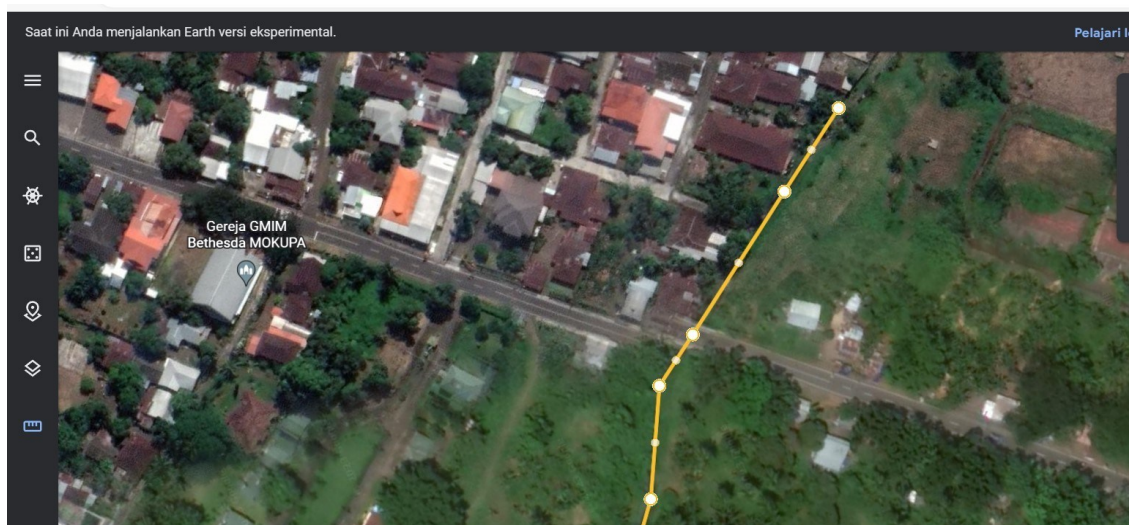
Tujuan dari penelitian ini agar dapat mengetahui debit banjir rencana dan tinggi muka air sehingga dapat mengevaluasi apakah penampang Sungai Maketah dapat menampung debit banjir yang akan terjadi.

### 1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini agar dapat menjadi bahan referensi bagi para Peneliti-peneliti berikutnya, serta diharapkan menjadi informasi untuk instansi yang berwenang dalam melakukan penanggulangan banjir.

### 1.6. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di sungai Maketah, Desa Mokupa, Kecamatan Tombariri, Kabupaten Minahasa. Dengan titik tinjau berada di Jembatan Mokupa II yang membatasi desa Mokupa dengan desa Tasikria. Secara geografis terletak pada 1°25'04"N 124°42'48"E.



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

## 2. Tahap Penelitian

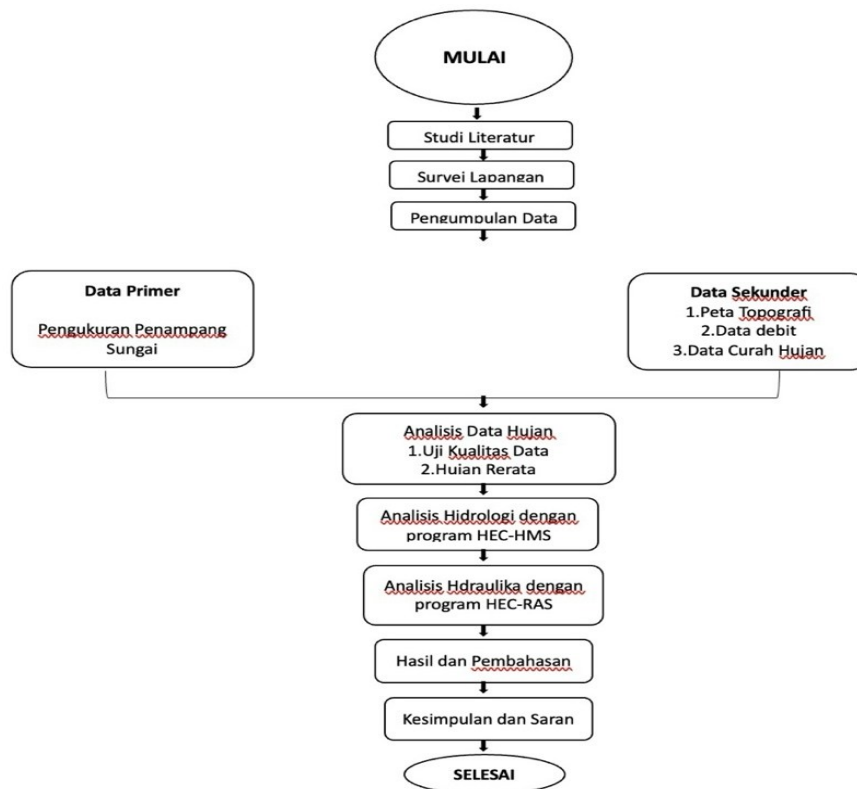
Tahap penelitian digambarkan dalam alur yang ditunjukkan pada Gambar 2.

## 3. Kajian Literatur

### 3.1. Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah di mana semua airnya mengalir ke dalam suatu sungai yang dimaksudkan. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi yang berarti

ditetapkan berdasarkan pada aliran permukaan, dan bukan ditetapkan berdasar pada air bawah tanah karena permukaan air tanah selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkat pemakaian.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

### 3.2. Analisis Curah Hujan

Sesuai dengan daur hidrologi, air yang berada di bumi ini secara langsung maupun tidak langsung berasal dari air hujan. Hujan merupakan komponen masukan yang paling penting dalam proses hidrologi karena jumlah kedalaman hujan ini yang dialihragamkan menjadi aliran di sungai, baik melalui limpasan permukaan, aliran antara, maupun sebagai aliran air tanah.

Untuk mendapatkan perkiraan besar banjir yang terjadi di suatu penampang sungai tertentu, maka kedalaman hujan yang terjadi harus diketahui pula. Yang diperlukan adalah besaran kedalaman hujan yang terjadi di seluruh DAS. Jadi tidak hanya besaran hujan yang terjadi disuatu stasiun pengukuran hujan, melainkan data kedalaman hujan dari beberapa stasiun hujan yang tersebar di seluruh DAS. Beberapa penelitian menggunakan analisis curah hujan (Supit Cindy dkk, 2013)

### 3.3. Analisis Outlier

Data *outlier* adalah data 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  $C_{slog} \geq 0,4$  maka: uji *outlier* tinggi, koreksi data, uji *outlier* rendah, koreksi data.
2. Jika  $C_{slog} \leq -0,4$  maka: uji *outlier* rendah, koreksi data, uji *outlier* tinggi, koreksi data.
3. Jika  $-0,4 < C_{slog} < 0,4$  maka : uji *outlier* tinggi atau rendah, koreksi data. Rumus yang digunakan:

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

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

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

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

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

Dengan :

$C_{slog}$  = Koefisien kemencengan dalam log.

$S_{log}$  = Simpangan baku.

$\overline{\log x}$  = Nilai rata – rata.

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

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

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

$n$  = Jumlah data.

Nilai  $Kn$  dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

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

### 3.4. 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 hitung merupakan nilai rata – rata dari sekumpulan data :

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

Dengan :

$\bar{X}$  = Nilai rata – rata.

$n$  = Jumlah data.

$X_i$  = Nilai varian.

#### b) Simpangan Baku (Standar Deviasi)

Apabila penyebaran data sangat besar terhadap nilai rata – rata maka nilai S akan besar, tetapi apabila penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata – rata maka S akan kecil.

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

Dengan :

S = Standar deviasi.

$\bar{X}$  = Nilai rata – rata.

$n$  = Jumlah data.

$X_i$  = Nilai varian.

#### c) Koefisien *Skewness* (Kemencengan).

Kemencengan (*Skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan dari suatu bentuk distribusi. Pengukuran kemencengan adalah mengukur seberapa besar suatu kurva frekuensi dari suatu distribusi tidak simetris atau menceng.

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

Dengan :

$Cs$  = Koefisien Kemencengan.

S = Standar deviasi.

$\bar{X}$  = Nilai rata – rata

$n$  = Jumlah data.

$X_i$  = Nilai varian.

#### d) Koefisien Variasi

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

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

Dengan :

$Cv$  = Koefisien variasi.

$S$  = Standar deviasi.

$\bar{X}$  = Nilai rata – rata.

$n$  = Jumlah data.

$X_i$  = Nilai varian.

### 3.5. Pemilihan Distribusi Probabilitas

Analisis hidrologi terhadap data curah hujan yang ada harus sesuai dengan tipe distribusi datanya. Masing – masing tipe distribusi memiliki sifat – sifat yang khusus sehingga tiap data hidrologi harus diuji kesesuaiannya dengan sifat masing – masing tipe distribusi tersebut. Parameter – parameter yang digunakan sebagai langkah awal penentuan tipe distribusi adalah  $C_s$ ,  $C_v$ ,  $C_k$ . Kriteria pemilihan untuk tiap-tipe distribusi berdasarkan parameter statistik adalah sebagai berikut :

1. Tipe distribusi Normal

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

2. Tipe distribusi Log Normal  $C_s \approx 3C_v$

3. Tipe distribusi Gumbel

$$C_s \approx 1,139; C_k \approx 5,4$$

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:

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

Dengan :

$\log X$  = Nilai varian  $X$  yang diharapkan terjadi pada peluang atau periode ulang tertentu

$\bar{\log \bar{x}}$  = 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.

### 3.6. 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 dan sekitarnya. Pola distribusi hujan jam-jaman di Kota Manado dan sekitarnya terjadi dalam waktu 8-10 jam.

### 3.7. Debit Banjir Rencana

Pemodelan Hujan aliran program computer 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*.

### 3.8. Hidrograf Satuan Sintetis

Seperti disebutkan sebelumnya, untuk menghitung hidrograf satuan diperlukan data debit terukur dan data hujan yang cukup untuk memodelkan hidrograf satuan dari suatu DAS.

### 3.9. 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.

### 3.10. Simulasi Banjir Dengan Program Komputer HEC-HMS

Setelah dilakukan kalibrasi pada parameter – parameter yang ada, parameterparameter tersebut kemudian akan digunakan sebagai parameter pada komponen sub DAS untuk perhitungan debit banjir.

### 3.11. 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 DAS Maketah dilakukan dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan periode pencatatan tahun 2012 sampai dengan tahun 2021. Penentuan Pos hujan dilakukan dengan bantuan program komputer Arcgis dan Google Earth dengan menggunakan metode *Polygon Thiessen*. Pos hujan yang digunakan hanya 1 pos hujan, yaitu pos hujan MRG Ranowangko Tara-tara. Tabel 1 merupakan data hujan harian maksimum dari tahun 2012 sampai 2021.

### 4.2 Penentuan Tipe Distribusi Hujan

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.

**Tabel 1.** Data Curah Hujan Harian Maksimum

(Sumber: Balai Wilayah Sungai Sulawesi I)

| No. | Tahun | Curah Hujan Harian Maksimum (mm) |
|-----|-------|----------------------------------|
|     |       | MRG Ranowangko Tara-tara         |
| 1   | 2012  | 136,00                           |
| 2   | 2013  | 80,80                            |
| 3   | 2014  | 196,50                           |
| 4   | 2015  | 112,40                           |
| 5   | 2016  | 102,00                           |
| 6   | 2017  | 92,00                            |
| 7   | 2018  | 105,50                           |
| 8   | 2019  | 68,50                            |
| 9   | 2020  | 107,00                           |
| 10  | 2021  | 135,50                           |

**Tabel 2.** Penentuan Jenis Sebaran Data

| Jenis Sebaran   | Syarat Parameter Statistik                           | Parameter Statistik Data | Kesimpulan     |
|-----------------|--|--------------------------|----------------|
| Normal          | $C_s \approx 0$                                      | 1,3483                   | Tidak Memenuhi |
|                 | $C_k \approx 3$                                      | 6,3054                   |                |
| Log Normal      | $C_s \approx C_v^3 + 3 C_v$                          | 1,3483                   | Tidak Memenuhi |
|                 | $C_k \approx C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$ | 0,9823                   |                |
|                 |  | 4,7636                   |                |
| Gumbell         | $C_s \approx 1.14$                                   | 1,3483                   | Tidak Memenuhi |
|                 | $C_k \approx 5.4$                                    | 6,3054                   |                |
| Log Pearson III | Jika tidak memenuhi ketiga syarat di atas            | -                        | Memenuhi       |

#### 4.3 Curah Hujan Rencana

Nilai  $C_{S_{\log X}}$  juga diperlukan untuk mencari nilai K. perhitungan dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung parameter statistik sehingga didapati :  $C_{S_{\log}} = 0,498$  (*Kemencengan Positif*) Faktor frekuensi K untuk tiap kala ulang terdapat pada tabel nilai  $K_T$  untuk Koefisien *Skewness* yang ditentukan dengan menggunakan nilai  $C_{S_{\log}}$  dan kala ulang dalam tahun.

**Tabel 3.** Nilai K Untuk Tiap Kala Ulang

| Kala Ulang | Curah Hujan (mm) |
|------------|------------------|
| 5 Tahun    | 0,812            |
| 10 Tahun   | 1,324            |
| 25 Tahun   | 1,91             |
| 50 Tahun   | 2,314            |
| 100 Tahun  | 2,686            |

Selanjutnya adalah perhitungan hujan kala 5 tahun:

$$\log X_{TR} = \bar{Y} + K_{TR, C_s} \cdot S_{\log X} = 2.037 + (0,812) \times 0,128$$

$$= 2,141$$

$$X_{TR} = 10^{2,141} = 138,356 \text{ mm}$$

**Tabel 4.** Curah Hujan Rencana

| Kala Ulang (TR) | $\log X_{TR}$ | $X_{TR}$ |
|-----------------|---------------|----------|
| 5 Tahun         | 2,141638      | 138,56   |
| 10 Tahun        | 2,207318      | 161,1827 |
| 25 Tahun        | 2,282329      | 191,5708 |
| 50 Tahun        | 2,334032      | 215,7903 |
| 100 Tahun       | 2,381766      | 240,8607 |

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 Dan Sekitarnya (Salem Haniedo Pratama; 2016)

| Jam Ke-            | 1  | 2  | 3 | 4 | 5 | 6 | 7-10 |
|--------------------|----|----|---|---|---|---|------|
| % Distribusi Hujan | 54 | 22 | 8 | 6 | 3 | 1 | 3    |

**Tabel 6.** Distribusi Hujan Rencana Berbagai Kala Ulang

| Besaran Hujan Ke - | P (mm)             |       |        |        |        |
|--------------------|--------------------|-------|--------|--------|--------|
|                    | Kala Ulang (Tahun) |       |        |        |        |
|                    | 5                  | 10    | 25     | 50     | 100    |
| 1                  | 74,82              | 87,04 | 103,45 | 116,53 | 130,06 |
| 2                  | 30,48              | 35,46 | 42,15  | 47,47  | 56,88  |
| 3                  | 11,08              | 12,89 | 15,33  | 17,26  | 20,68  |
| 4                  | 8,31               | 9,67  | 11,49  | 12,95  | 15,51  |
| 5                  | 4,16               | 4,84  | 5,75   | 6,47   | 7,76   |
| 6                  | 1,39               | 1,61  | 1,92   | 2,16   | 2,59   |
| 7                  | 4,16               | 4,84  | 5,75   | 6,47   | 7,76   |
| 8                  | 4,16               | 4,84  | 5,75   | 6,47   | 7,76   |

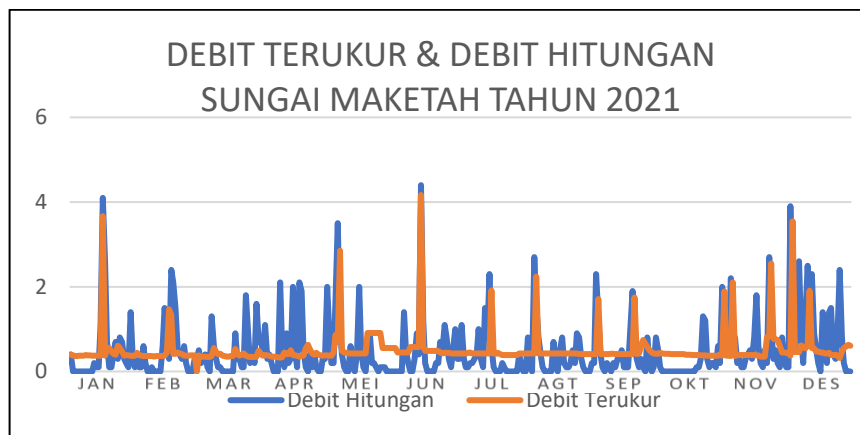
4.5 Parameter Hasil Kalibrasi

Karena hasil kalibrasi debit puncak sama dengan 4,4 m<sup>3</sup>/s melebihi debit terukur 4,17 m<sup>3</sup>/s maka parameter – parameter yang ada di coba – coba hingga debit hasil simulasi dianggap memenuhi ketentuan.

**Tabel 7.** Parameter – Parameter Hasil Kalibrasi

|                   |     |
|-------------------|-----|
| CN                | 64  |
| Recesion Constant | 0.1 |
| Ratio to Peak     | 0.3 |
| Initial discharge | 0.5 |
| Lag Time          | 69  |

4.6 Data Debit Hasil Perhitungan dan Data Debit Terukur



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

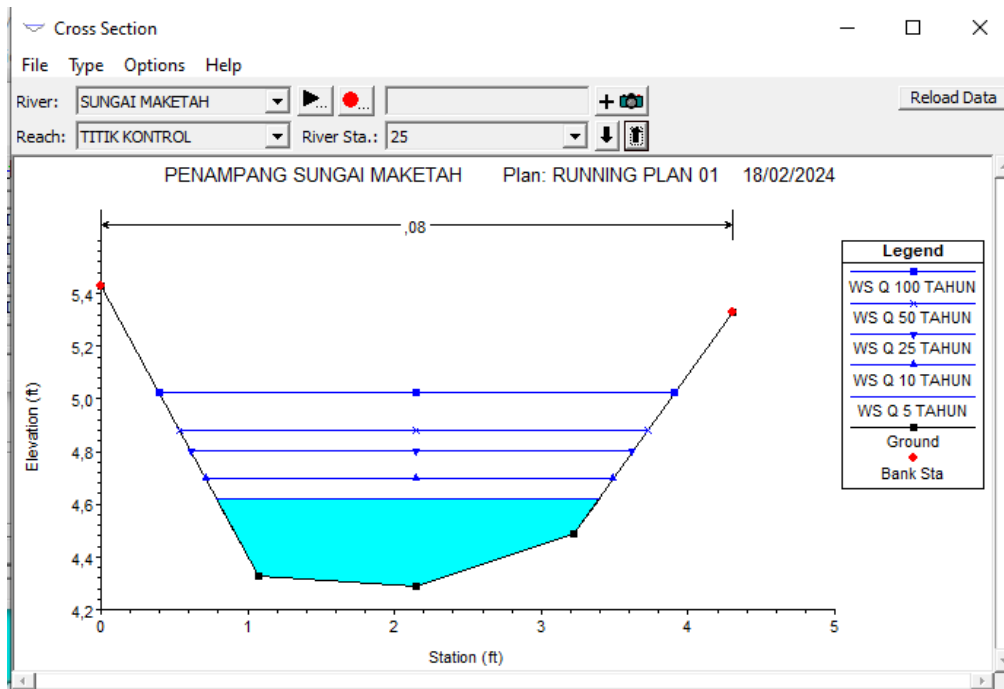
Grafik diatas adalah perbandingan dari data debit hasil perhitungan dan debit terukur, dimana nilai debit puncaknya sudah mendekati.



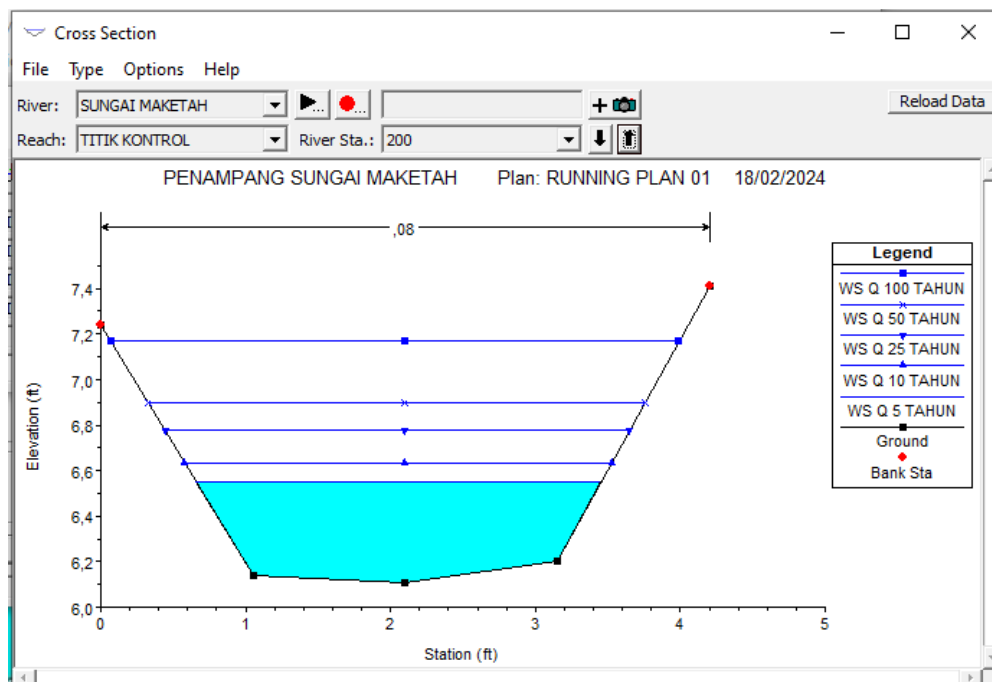
#### 4.7 Hasil Simulasi-Simulasi Tinggi Muka Air dengan Program Komputer HEC-RAS

Analisis Hidraulika menggunakan program komputer HEC-RAS dilakukan dengan data masukan 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).

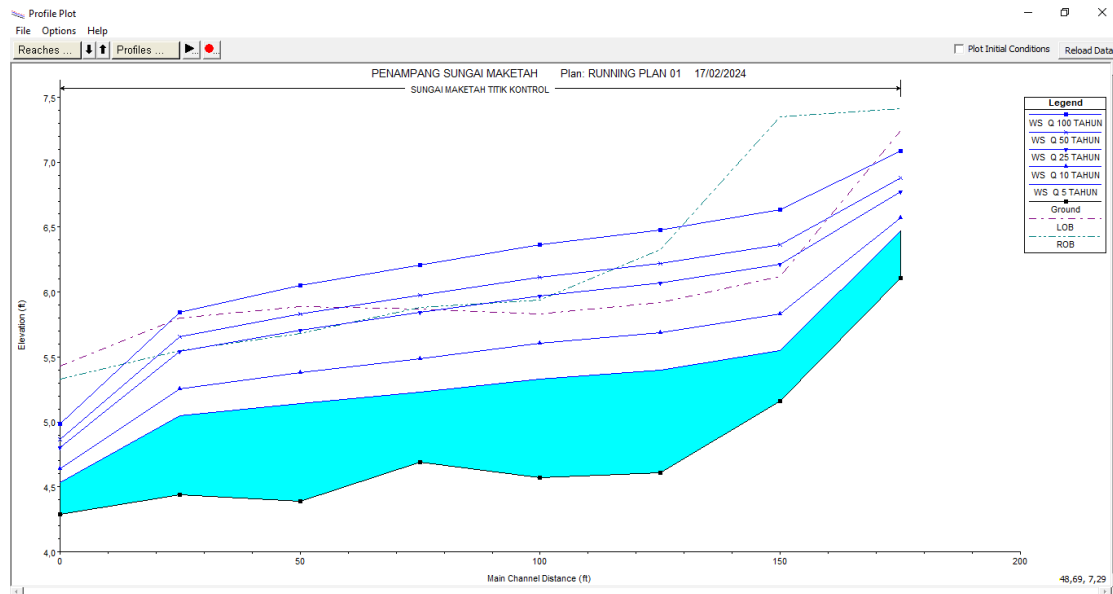
Hasil simulasi menunjukkan adanya luapan air yang terjadi pada STA 0+25, STA 0+50, STA 0+100, STA 0+125, dan STA 0+150 pada semua debit banjir kala ulang dan pada STA 0+75, STA 0+175 dan STA 0+200 dapat menampung debit kala ulang 5 tahun ( $Q_5$ ) kemudian luapan terjadi pada debit kala ulang 25 tahun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



Gambar 4. Rangkuman Tinggi Muka Air Sta. 0+ 025 m



Gambar 5. Rangkuman Tinggi Muka Air Sta. 0+200 m



Gambar 6. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi yang dibahas sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa besar debit banjir rencana dengan menggunakan HEC-HMS diperoleh hasil untuk kala ulang 5 tahun = 13,7 m<sup>3</sup>/det, kala ulang 10 tahun = 16,6 m<sup>3</sup>/det, kala ulang 25 tahun = 20,5 m<sup>3</sup>/det, kala ulang 50 tahun = 23.4 m<sup>3</sup>/det, dan kala ulang 100 tahun = 26.4 m<sup>3</sup>/det

Dari hasil simulasi menunjukkan tidak terjadi luapan pada kala ulang 5 tahun sampai dengan 10 tahun, kemudian terjadi luapan pada kala ulang 25 tahun di beberapa bagian yaitu STA 0+75, STA 0+100, STA 0+125, STA 0+150 dan STA 0+100 dan pada Kala Ulang 50 tahun (Q50) dan 100 tahun (Q100) terjadi luapan air pada STA 0+50 sampai STA 0+175.

## Referensi

- Data Hujan Harian Pos Hujan Ranowanko Tara-tara. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.  
 Data Hujan Harian Pos Hujan Ranowanko Tara-tara. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.  
 Data Debit Harian Sungai Manado-Minahasa. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.  
 2000. HEC-HMS Technical Reference Manual. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.  
 2016. HEC-RAS 5.0 Reference Manual. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.  
 2016. HEC-RAS 5.0 Users Manual. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.  
 Bambang Triatmodjo. 2008. Hidrologi Terapan. Beta Offset, Yogyakarta. (12-4, 34, 155-158, 163).  
 Nadia, Kivani., Tiny Mananoma, Hanny Tangkudung. 2019. Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Tembran Di Kabupaten Minahasa Utara. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.6 Juni 2019 (703-710) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.  
 Salem, Haniedo P., Jeffry S. F. Sumarauw, E. M. Wuisan, 2016. Pola Distribusi Hujan Jam – Jaman Di Kota Manado Dan Sekitarnya. Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.3 Maret 2016 (203-210) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.  
 Seyhan, Ersin. 1990. Dasar-dasar Hidrologi. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.  
 Sri Harto. 1993. Analisis Hidrologi. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.  
 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.  
 Talumepa, Marcio Yosua. Lambertus Tanudjaja. Jeffry S. F. Sumarauw. 2018. Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Sangkub Kabupaten Bolaan Mongondow Utara. Jurnal Sipil Statik Vol.5, No.10,

Desember 2017 (699-719), ISSN: 2337-6732, Univeristas Sam Ratulangi, Manado.  
Tulandi, Andre Felix. Liany Hendratta. Jeffry Sumarauw. 2019. Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Kalawing di Desa Malendeng Kota Manado. Jurnal Sipil Statik, Vol.7, No.12, Desember 2019 (1681-1682), Hal. 1684, ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.