



Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Malalayang Di Titik Jembatan Parigi 7, Kelurahan Bahu, Kota Manado

Naomi W. N. Delarue^{#a}, Jeffry S. F. Sumarauw^{#b}, Tiny Mananoma^{#c}

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

^anaomidelarue021@student.unsrat.ac.id, ^bjeffrysumarauw@unsrat.ac.id, ^ctmananoma@yahoo.com

Abstrak

Sungai Malalayang yang mengalir melintasi Kelurahan Bahu, beberapa kali meluap dan menyebabkan banjir, ketika terjadi hujan dengan intensitas curah hujan yang tinggi. Masyarakat yang tinggal di sekitar Sungai Malalayang ini mengalami kerugian saat terjadi hujan, karena beberapa rumah dan jalan di kelurahan ini terendam banjir dan mengalami kerusakan. 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 empat pos hujan, yaitu pos hujan Malalayang-Kakaskasen, pos hujan Tinoor, pos hujan Ranowangko-Taratara, pos hujan Tikala-Sawangan. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum selama 16 tahun, yaitu tahun 2008 s/d 2023. Setelah didapat besaran hujan, pemodelan hujan aliran pada program komputer HEC-HMS menggunakan metode HSS Soil Conversion 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 pada penampang melintang dari STA 0+25 menampung banjir pada kala ulang 5 tahun dan pada kala ulang 10 tahun sampai 100 tahun tidak dapat menampung banjir. Pada STA 0+50 sampai STA 0+200 tidak mampu menampung debit banjir untuk semua kala ulang rencana.

Kata kunci: Jembatan Parigi 7, Sungai Malalayang, debit puncak, tinggi muka air

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Sungai Malalayang yang mengalir melintasi Kelurahan Bahu, beberapa kali meluap dan menyebabkan banjir, ketika terjadi hujan dengan intensitas curah hujan yang tinggi. Masyarakat yang tinggal di sekitar Sungai Malalayang ini mengalami kerugian saat terjadi hujan, karena beberapa rumah dan jalan di kelurahan ini terendam banjir dan mengalami kerusakan.

Penyebab utama terjadinya banjir adalah curah hujan yang tinggi dalam kurun waktu yang cukup panjang. Maka dari itu berdasarkan masalah yang terjadi diperlukan analisis terhadap besarnya debit banjir dan elevasi tinggi muka air agar dapat mengurangi kerugian yang terjadi pada masyarakat di daerah tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Banjir dan meluapnya air di Sungai Malalayang mengakibatkan kerugian dan aktivitas yang terganggu bagi masyarakat yang tinggal di bantaran sungai, maka diperlukan upaya

penanganan banjir dengan menganalisis debit banjir dan elevasi tinggi muka air.

1.3. Batasan Penelitian

1. Titik Kontrol terletak di Jembatan Parigi 7, Kelurahan Bahu, Kecamatan Malalayang, Kota Manado dengan jarak 200 meter ke aikrah hulu.
2. Analisis Hidrologi menggunakan data hujan harian maksimum.
3. Analisis dihitung menggunakan program komputer HEC-HMS untuk analisis hidrologi dan HEC-RAS untuk analisis hidrolika.
4. Kala ulang rencana dibatasi pada 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun

1.4. Tujuan Penelitian

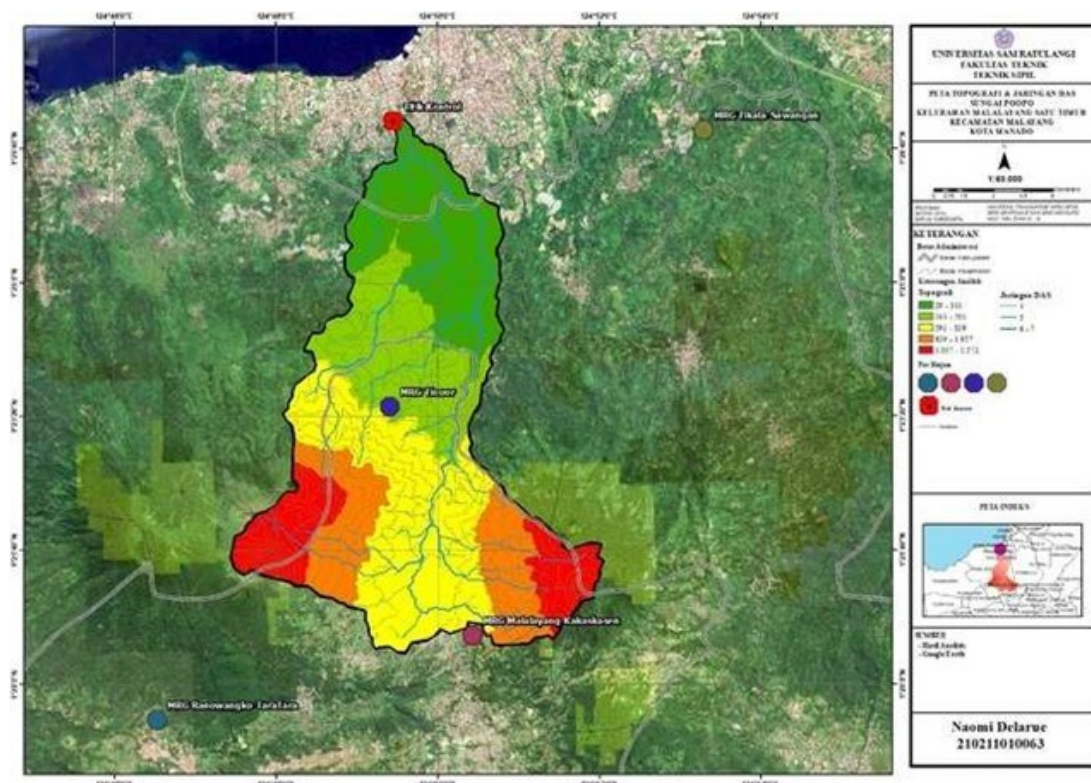
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besaran debit banjir dengan berbagai kala ulang dan elevasi tinggi muka air Sungai Malalayang di titik Jembatan Parigi 7, Kelurahan Bahu, Kecamatan Malalayang, Kota Manado.

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan informasi bagi pihak-pihak yang membutuhkan dalam mengatasi masalah banjir di Sungai Malalayang.

1.6. Lokasi Penelitian

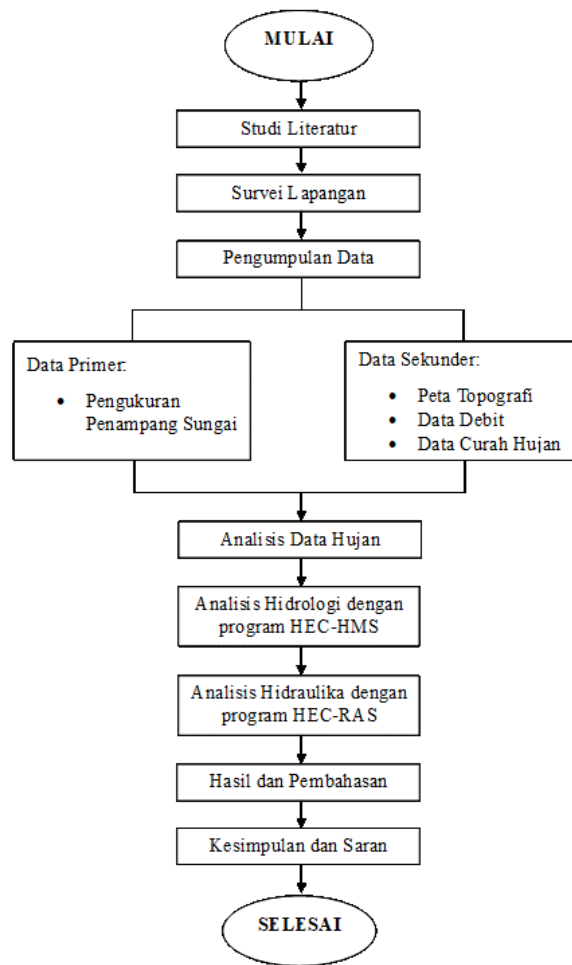
Titik ditinjaunya terletak dari jembatan Parigi 7 Kecamatan Malalayang, Kelurahan Bahu. Titik kontrol yang di ambil untuk penelitian ini terletak di jembatan yang berada di tengah-tengah kawasan pemukiman warga Bahu. Dalam Geografi terletak pada $1^{\circ}27'07''\text{N}$ $124^{\circ}49'27''\text{E}$.



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. Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang secara topografi dibatasi oleh punggung-punggung gunung yang menampung air hujan untuk disalurkan ke laut melalui sungai utama. (dikutip dalam Asdak dkk, 2010).

3.2. Analisis Curah Hujan

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

Untuk mendapatkan besaran banjir perkiraan yang terjadi di suatu penampang sungai tertentu, harus diketahui kedalaman hujan yang terjadi. Diperlukan besaran kedalaman hujan yang terjadi di seluruh DAS. Jadi tidak hanya yang terjadi di suatu stasiun pengukuran hujan, melainkan data dari beberapa stasiun hujan yang tersebar di seluruh DAS (Bambang Triatmodjo, 2008)

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

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

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

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

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

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

Dengan :

| | | |
|---------------------|---|---|
| Cs_{log} | = | Koefisien kemencengan dalam log. |
| S_{log} | = | Simpangan baku. |
| $\overline{\log x}$ | = | Nilai rata – rata. |
| Kn | = | Nilai K (diambil dari <i>outlier</i> test K value) tergantung dari jumlah data yang dianalisis. |
| $\log X_h$ | = | <i>Outlier</i> tinggi. |
| $\log X_l$ | = | <i>Outlier</i> rendah. |
| n | = | Jumlah data. |

Nilai Kn dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

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

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) Kofisien 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 Cs, Cv, Ck. Kriteria pemilihan untuk tiap-tipe distribusi berdasarkan parameter statistik adalah sebagai berikut :

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:

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

Dengan :

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

$\log \bar{X}$ = 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 , Kabupaten

Minahasa Utara dan Kabupaten Minahasa yang terjadi dalam waktu 7 – 10 jam (Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman Daerah Manado, Minahasa Utara dan Minahasa).

3.7. *Debit Banjir Rencana*

Pemodelan Hujan aliran program computer HEC-HMS akan menggunakan metoode 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 Malalayang dilakukan dengan menggunakan data curah hujan maksimum yang didapat dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1 dengan periode Pencacatan tahun 2008 sampai dengan tahun 2023. Pos hujan yang digunakan yaitu MRG Malalayang-Kakaskasen, MRG Tinoor, MRG Ranowangko Tara-Tara dan MRG Tikala-Sawangan. Berikut merupakan data hujan harian maksimum dari tahun 2018 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.

4.3 *Curah Hujan Rencana*

Nilai $CS_{\log X}$ juga diperlukan untuk mencari nilai K. perhitungan dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung parameter statistik sehingga didapati : $CS_{\log} = -0,06$ (Kemencengan negatif. Faktor frekuensi K untuk tiap kala ulang terdapat pada tabel $K_{TR,CS}$ untuk kemencengan negatif (Terlampir) yang ditentukan dengan menggunakan nilai $CS_{\log X}$ dan kala ulang dalam tahun.

Tabel 1. Data Curah Hujan Harian Maksimum

(Sumber: Balai Wilayah Sungai Sulawesi I)

| No | Tahun | Pos Hujan | | | |
|----|-------|-------------------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------|
| | | Malalayang-Kakaskasen (mm) | Tinoor (mm) | Ranowangko-TaraTara (mm) | Tikala-Sawangan (mm) |
| 1 | 2008 | 80 | 74,1 | 117 | 130,8 |
| 2 | 2009 | 38 | 65,4 | 98 | 100,3 |
| 3 | 2010 | 65 | 101,7 | 156 | 123 |
| 4 | 2011 | 92 | 102,4 | 158 | 120,3 |
| 5 | 2012 | 42 | 96,8 | 136,4 | 110 |
| 6 | 2013 | 157 | 110,5 | 80,8 | 180,4 |
| 7 | 2014 | 145 | 184 | 196,5 | 170,7 |
| 8 | 2015 | 204 | 108,2 | 112,4 | 90 |
| 9 | 2016 | 95 | 90,3 | 102 | 90,7 |
| 10 | 2017 | 96 | 156 | 92 | 180 |
| 11 | 2018 | 100 | 108,1 | 105,5 | 76 |
| 12 | 2019 | 104 | 120,3 | 68,5 | 130 |
| 13 | 2020 | 76 | 134,8 | 107 | 121 |
| 14 | 2021 | 165 | 156,4 | 135,5 | 175 |
| 15 | 2022 | 83 | 84,9 | 124 | 165 |
| 16 | 2023 | 76 | 126,2 | 124 | 126,2 |

Tabel 2. Penentuan Jenis Sebaran Data

| Tipe Sebaran | Syarat Parameter Statistik | Parameter Statistik Data Pengamatan | Keterangan |
|-----------------|---|-------------------------------------|------------|
| Normal | Cs = 0 Ck = 3 | 0,44 | Tidak |
| | | 3,46 | Memenuhi |
| Log Normal | Cs = Cv ³ + 3.Cv = 0,85 | 0,44 | Tidak |
| | Ck = Cv ⁸ + Cv ⁶ + 25Cv ⁴ + 16Cv ² + 3 = 3,41 | 3,46 | Memenuhi |
| Gumbell | Cs = 1,14 Ck = 5,40 | 0,44 | Tidak |
| | | 3,46 | Memenuhi |
| Log Pearson III | Bila tidak ada parameter statistik yang memenuhi syarat sebelumnya | - | Memenuhi |

Tabel 3. Nilai KTR,Cs Untuk Tiap Kala Ulang

| Kala Ulang | Curah Hujan (mm) |
|------------|------------------|
| 5 Tahun | 0,844 |
| 10 Tahun | 1,275 |
| 25 Tahun | 1,730 |
| 50 Tahun | 2,022 |
| 100 Tahun | 2,282 |

Selanjutnya adalah perhitungan hujan kala 5 tahun:

$$\log X_{TR} = \bar{Y} + K_{TR,Cs} \cdot S_{\log X} = 2,02 + 0,844 \times 0,14 = 2,14$$

$$X_{TR} = 10^{2,14} = 137,71 \text{ mm}$$

Tabel 4. Curah Hujan Rencana

| Kala Ulang (TR) | $\log X_{TR}$ | X_{TR} |
|--------------------|---------------|----------|
| 5 Tahun | 2,14 | 137,70 |
| 10 Tahun | 2,20 | 158,72 |
| 25 Tahun | 2,27 | 184,46 |
| 50 Tahun | 2,31 | 203,09 |
| 100 Tahun | 2,34 | 221,30 |

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 | 69,99 | 80,68 | 93,76 | 103,23 | 112,49 |
| 2 | 34,66 | 39,95 | 46,43 | 51,12 | 55,70 |
| 3 | 11,90 | 13,71 | 15,94 | 17,55 | 19,12 |
| 4 | 6,79 | 7,83 | 9,09 | 10,01 | 10,91 |
| 5 | 4,03 | 4,65 | 5,40 | 5,95 | 6,48 |
| 6 | 1,86 | 2,14 | 2,49 | 2,74 | 2,99 |
| 7-10 | 1,71 | 1,97 | 2,29 | 2,52 | 2,74 |
| Total | 130,94 | 150,93 | 175,40 | 193,12 | 210,43 |

Tabel di atas merupakan hasil perkalian dari curah hujan rencana dengan persentasi distribusi hujan tiap jam.

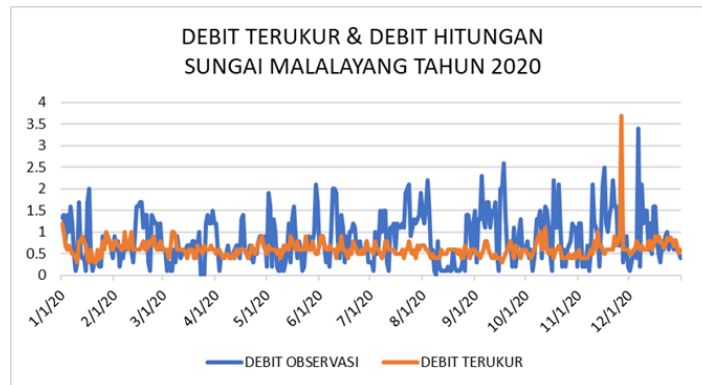
4.5 Parameter Hasil Kalibrasi

Parameter yang telah dioptimalkan menggunakan program komputer HEC-HMS dikarenakan hasil kalibrasi debit puncak sama dengan 3,7 m³/s yang melebihi nilai debit terukur 3,2 m³/s. Dengan metode *Trial and Error* pada parameter yang ada akan diperoleh debit hasil yang memenuhi ketentuan. Parameter hasil kalibrasi ditampilkan dalam Tabel 7. Parameter yang telah dioptimasi akan dipakai untuk simulasi debit banjir rencana menggunakan program komputer HEC-HMS.

Tabel 7. Parameter – Parameter Hasil Kalibrasi

| | |
|---------------------------|--------|
| <i>CN</i> | 66,072 |
| <i>Recession Constant</i> | 0,09 |
| <i>Ratio to Peak</i> | 0,28 |
| <i>Initial discharge</i> | 0,634 |
| <i>Lag Time</i> | 132,2 |

4.6 Data Debit Hasil Perhitungan dan Data Debit Terukur



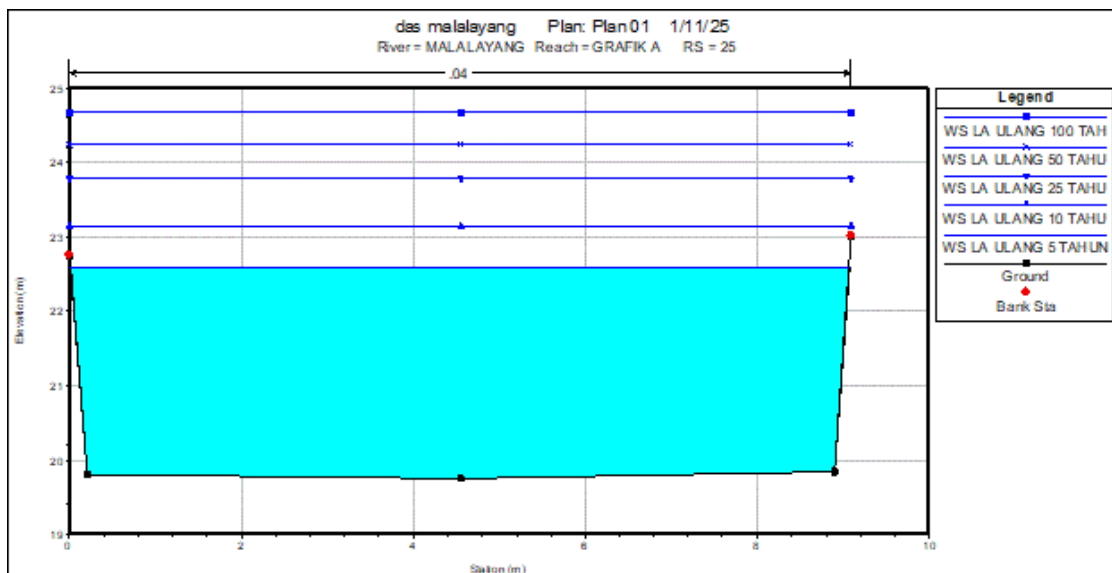
Gambar 3. Grafik Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur

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

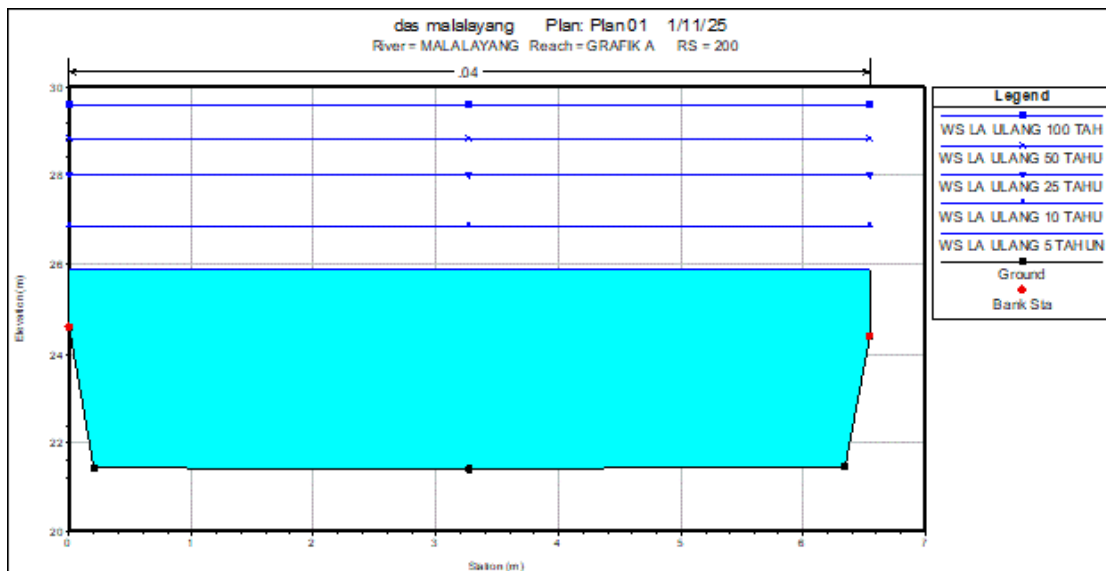
4.7 Hasil Simulasi-Simulasi Tinggi Muka Air dengan Program Komputer HEC-RAS

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).

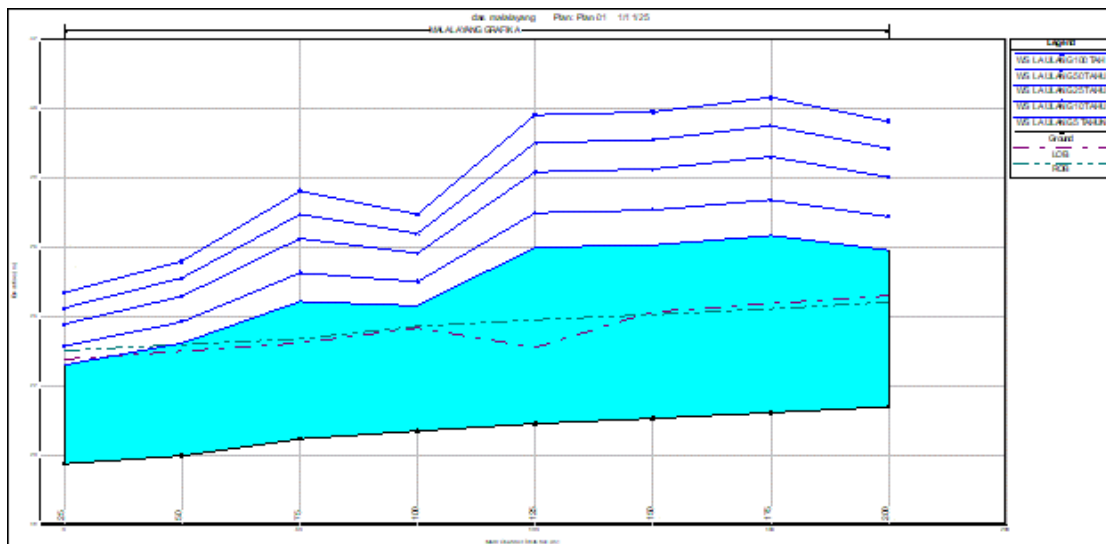
Hasil simulasi menunjukkan adanya luapan air yang terjadi pada pada STA 0+25 kala ulang 2 tahun (Q_2) tidak meluap, luapan air yang terjadi STA 0+25 pada kala ulang 10 tahun (Q_{10}) sampai kala ulang 100 tahun (Q_{100}), pada STA 0+50 sampai STA 0+200 terjadi luapan air untuk semua kala ulang



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



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



Gambar 6. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun = 129,2 m³/det , kala ulang 10 tahun = 169,4 m³/det , kala ulang 25 tahun = 221,7 m³/det, kala ulang 50 tahun = 261,3 m³/det , kala ulang 100 tahun = 301,1 m³/det.

Hasil simulasi program HEC-RAS menunjukkan pada STA 0+25 kala ulang 2 tahun tidak meluap, luapan air yang terjadi STA 0+25 pada kala ulang 10 tahun sampai kala ulang 100 tahun, pada STA 0+50 sampai STA 0+200 terjadi luapan air untuk semua kala ulang.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian mengenai tinggi muka air banjir Sungai Malalayang di titik Jembatan Parigi 7, Kelurahan Bahu, Maka disarankan untuk menambah tinggi talud di antara STA 0+25 hingga STA 0+200 agar dapat menampung banjir di titik Jembatan Parigi 7.

Referensi

- Bambang, Triadmodjo. *Hidrologi Terapan: Beta Offset*, Yogyakarta 2008.
- Fahrezi, D., Lambertus Tanudjaja, A., & Sumarauw, J. S. F. (2018). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Talawaan Di Titik 250 m Sebelah Hulu Bendung Talawaan. *Jurnal Sipil Statik*, 6(5), 269–276.
- Hartini, E., & Kesehatan, F. *Hidrologi & Hidrolika Terapan*.
- HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual. (2016). www.hec.usace.army.mil
- Hydrologic Modeling System HEC-HMS User's Manual CPD-74A.
- Kairupan S. D., Sumarauw, J. S. F., & Hendratta, L. A. (2024). Analisis Kapasitas Penampang Terhadap Debit Banjir Anak Sungai Tikala Di Kompleks Jalan Manguni 17, Kelurahan Perkamil. In *Tahun* (Vol. 22, Issue 88).
- Nadia, K., Mananoma, T., & Tangkudung, H. (2019). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Ssungai Tembran Di Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 7(Juni), 703–710.
- Suadnya, D. P., Sumarauw, J. S. F., & Mananoma, T. (2017). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Banjir Sungai Sario Di Titik Kawasan Citraland. *Jurnal Sipil Statik*, 5, 143–150.
- Supit, C. J. *The Impact Of Water Projects On River Hydrology*.
- Swingly, J., & Sumarauw, F. (2017). Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman Daerah Manado, Minahasa Utara Dan Minahasa. *Jurnal Sipil Statik*, 5(10), 669–678.
- Witsly Sondak Hanny Tangkudung, S., & Hendratta, L. (2019). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Girian Kota Bitung. *Jurnal Sipil Statik*, 7(8), 1049–1058.
- 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.