



Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Sario Di Titik Jembatan Kanaan Ranotana Weru, Kecamatan Wanea, Kota Manado

Axel R. Pangemanan^{#a}, Jeffry S. F. Sumarauw^{#b}, Cindy J. Supit^{#c}

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

^aaxelpangemanan021@student.unsrat.ac.id, ^bjeffrysumarauw@unsrat.ac.id, ^ccindyjeanesupit@unsrat.ac.id

Abstrak

Sungai Sario merupakan salah satu sungai yang ada di kota Manado, yang melintasi kelurahan Ranotana Weru dan bagian hilir yang berakhirnya aliran sungai tersebut di Teluk Manado. Sungai tersebut merupakan sungai yang rawan akan terjadinya bencana alam seperti banjir, dengan intensitas hujan yang sangat tinggi sungai pernah menyebabkan banjir akibat luapan air sungai tersebut di titik jembatan Kanaan Ranotana Weru. Analisis debit banjir curah hujan rencana menggunakan metode *Log Pearson III* dengan data hujan harian maksimum dengan periode pencatatan dari tahun 2013 s/d 2022 data tersebut berasal dari pos Tikala-Sawangan dan Tinoor. Mengingat perkembangan teknologi yang semakin maju sehingga penelitian ini menggunakan program komputer HEC-HMS untuk analisis hidrologi dengan metode *HSS Soil Conservation Services* serta *baseflow* menggunakan metode *recession*. Pada program ini akan mengkalibrasi parameter – parameter seperti *Cuve Number*, *initial discharge*, *ratio to peak*, *lag time* dan *recession constant* untuk mendapatkan debit puncak yang sama atau mendekati dengan data debit puncak sungai kontrol sebesar $1,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Debit puncak dari hasil simulasi HEC-HMS adalah $1,3 \text{ m}^3/\text{detik}$ kemudian dilakukan simulasi kala ulang untuk 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun yang akan dimasukkan pada program komputer HEC-RAS untuk analisis hidraulika. Lalu dilakukan simulasi elevasi tinggi muka air dengan penampang sungai yang telah diukur. Hasil simulasi menunjukkan tidak terjadi luapan pada kala ulang 5 tahun sampai dengan 100 tahun di STA 0+200, lalu di STA 0+175 dan 0+100 terjadi luapan pada kala ulang 50 tahun dan 100 tahun, kemudian di STA 0+125 hanya mampu menampung debit banjir kala ulang 5 tahun, pada STA 0+175 terjadi luapan pada kala ulang 25 tahun sampai dengan 100 tahun, pada STA 0+50 terjadi luapan di semua debit kala ulang,serta untuk 0+25 hanya mampu menampung debit kala ulang 5 tahun.

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

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Sungai Sario merupakan salah satu sungai yang banyak mengairi pemukiman warga dan salah satunya di titik jembatan Kanaan Ranotana Weru. Sungai Sario ini dapat memberikan banyak manfaat pada warga sekitar, akan tetapi sungai ini pernah meluap pada tahun 2014. Sungai Sario merupakan salah satu sungai yang memberikan dampak yang besar atas kerusakan banjir pada tahun 2014. Peluapan yang terjadi karena curah hujan yang cukup tinggi hingga membanjiri rumah warga yang berada di sekitaran Sungai Sario. Dalam hal ini sudah dilakukan penelitian sebelumnya terkait debit tinggi muka air pada sungai Sario. Maka dari itu penulis ingin meneliti lebih lanjut melalui penulisan ini.

Berdasarkan hal tersebut maka dibutuhkan penelitian lebih lanjut mengenai studi kasus yang akan dilakukan oleh penulis tentang analisis debit banjir yang didalamnya membahas dan menghitung besarnya debit dan tinggi muka air sungai tersebut. Dengan adanya penelitian ini penulis mengharapkan bisa menjadi salah satu alternatif untuk penyelesaian masalah banjir disungai di lokasi penelitian.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, daerah yang memiliki dampak banjir yang besar mengakibatkan adanya kerugian bagi masyarakat sekitar yang tinggal dibantaran sungai tersebut, sehigga diperlukan untuk adanya pengendalian banjir dengan menganalisis debit banjir dan tinggi muka air.

1.3. Batasan Penelitian

1. Titik tinjauan terletak pada jembatan Kanaan Ranotana Weru dengan jarak 100 meter kearah hulu dan 100 meter kearah hilir.
2. Analisis hidrologi yang digunakan menggunakan data hujan harian maksimum.
3. Kala ulang rencana dibatasi pada 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun.
4. Analisis dihitung menggunakan bantuan program komputer *Hydrolic Engineering Center* (HEC) dan *Hydrolic Modeling System* (HMS) untuk analisis hidrologi dan *Hydrolic Engineering Center*(HEC) – *River Analysis System* (HEC-RAS) untuk analisis hidraulika.

1.4. Tujuan Penelitian

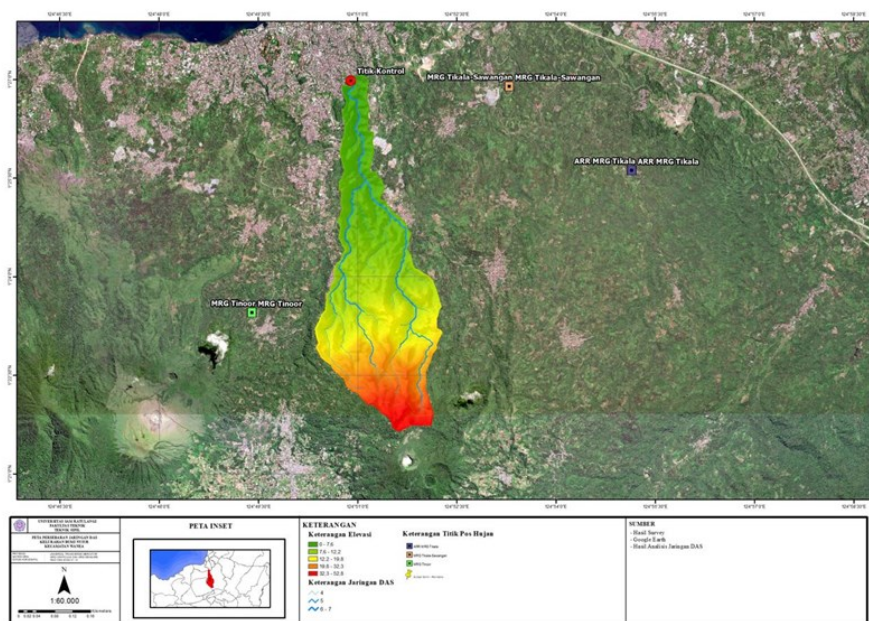
Dengan berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan diatas,maka tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui besaran debit banjir rencana dan tinggi muka air banjir sungai Sungai Sario tepatnya di jembatan Kanaan Ranotana Weru.

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat menjadi suatu sumber informasi kepada para pihak yang dikemudian hari membutuhkan beberapa sumber dalam proses penanggulangan permasalahan banjir pada sungai Sario tepatnya di titik jembatan Kanaan Ranotana Weru dan dapat bermanfaat sebagai bahan referensi untuk penelitian.

1.6. Lokasi Penelitian

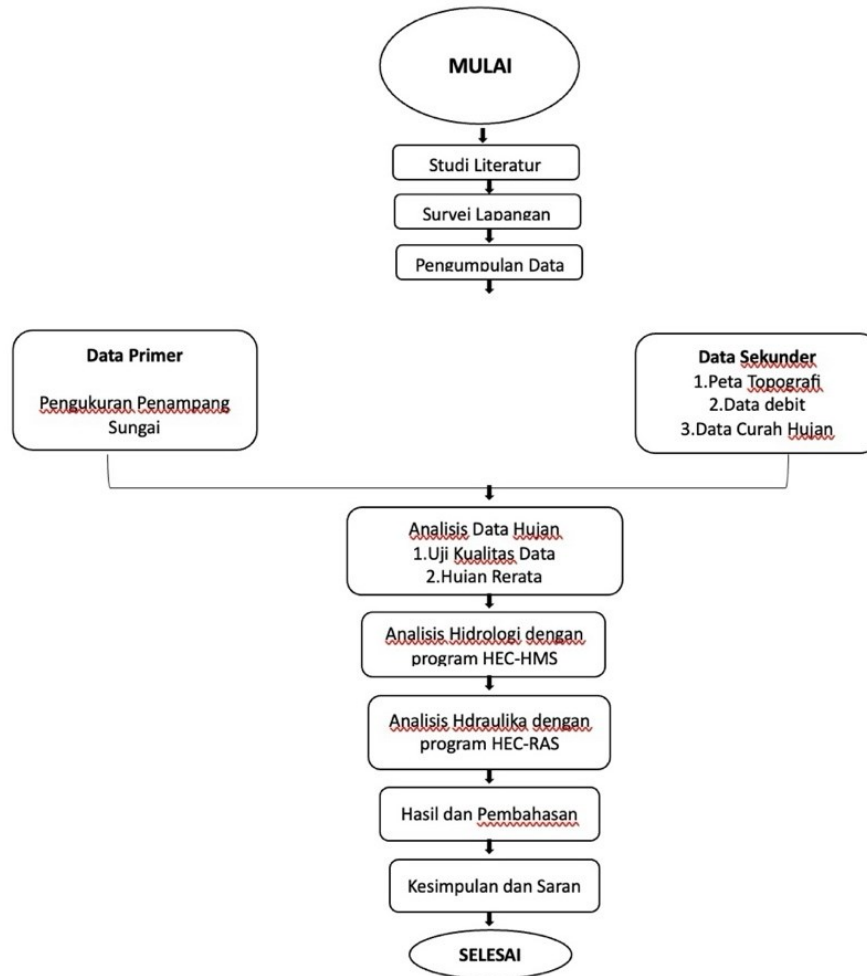
Titik ditinjaunya terletak dari jembatan yang menghubungkan kelurahan Ranotana Weru dan Kelurahan Bumi Nyiur. Titik kontrol yang di ambil untuk penelitian ini terletak di jembatan penghubung tersebut yang berada di tengah-tengah kawasan pemukiman warga Bumi Nyiur dan Ranotana Weru. Dalam Geografi terletak pada $1^{\circ}26'59''N$ $124^{\circ}50'54''E$.



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 daerah dimana semua airnya mengalir ke dalam suatu sungai yang dimaksudkan. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi yang berarti ditetapkan berdasarjan pada aliran permukaan, dan bukan ditetapkan berdasar pada air bawah tanah karena permukaan air tanah selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkat pemakaian. (dikutip dalam Kamase Malinda dkk, 2017).

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) 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:

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

Dengan :

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

$\bar{\log X}$ = Rata – rata nilai X hasil pengamatan.

KTR, 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 Sario dilakukan dengan menggunakan data curah hujan maksimum yang didapat dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1 dengan periode Pencacatan tahun 2013 sampai dengan tahun 2022. Pos hujan yang digunakan yaitu MRG Tikala-Sawangan dan MRG Tinoor. 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.

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

Curah Hujan Maksimum (mm)			
No	Tahun	MRG Tikala-Sawangan	MRG Tinoor
1	2013	180.40	80.00
2	2014	170.70	184.00
3	2015	90.00	108.20
4	2016	90.70	156.00
5	2017	180.00	108.10
6	2018	76.00	157.00
7	2019	130.00	120.30
8	2020	121.00	134.80
9	2021	175.00	156.00
10	2022	165.00	87.90

Tabel 2. Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	$C_s = 0$ $C_k = 3$	0,38 3,39	Tidak Memenuhi
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3.C_v = 1,22$ $C_k = C_v^8 + C_v^6 + 25C_v^4 + 16C_v^2 + 3 = 5,76$	0,67 3,81	Tidak Memenuhi
Gumbell	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,40$	0,38 3,39	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Bila tidak ada parameter statistik yang memenuhi syarat sebelumnya	-	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 : $C_{S \log} = -0,209$ (Kemencengan negatif. Faktor frekuensi K untuk tiap kala ulang terdapat pada tabel K_{TR,C_s} untuk kemencengan negatif (Terlampir) yang ditentukan dengan menggunakan nilai $C_{S \log X}$ dan kala ulang dalam tahun.

Tabel 3. Nilai K_{TR,C_s} Untuk Tiap Kala Ulang

Kala Ulang	Curah Hujan (mm)
5 Tahun	131,92
10 Tahun	155,53
25 Tahun	184,35
50 Tahun	205,10
100 Tahun	225,23

Selanjutnya adalah perhitungan hujan kala 5 tahun:

$$\log X_{TR} = \bar{Y} + K_{TR,C_s} \cdot S_{\log X} = 2,105 + 0,54 \times 0,095 = 2,16$$

$$X_{TR} = 10^{2,16} = 143,26 \text{ mm}$$

Tabel 4. Curah Hujan Rencana

Kala Ulang (TR)	$\log X_{TR}$	X_{TR}
5 Tahun	2.16	143.26
10 Tahun	2.18	152.29
25 Tahun	2.23	169.75
50 Tahun	2.32	207.43
100 Tahun	2.35	224.94

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)				
	5	10	25	50	100
	P (mm)				
1	72.82	77.41	86.28	105.44	114.34
2	36.06	38.33	42.73	52.21	56.62
3	12.38	13.16	14.67	17.92	19.44
4	7.06	7.51	8.37	10.23	11.09
5	4.20	4.46	4.97	6.08	6.59
6	1.93	2.06	2.29	2.80	3.04
7-10	1.78	1.89	2.10	2.57	2.79
Total	136.22	144.81	161.42	197.24	213.90

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

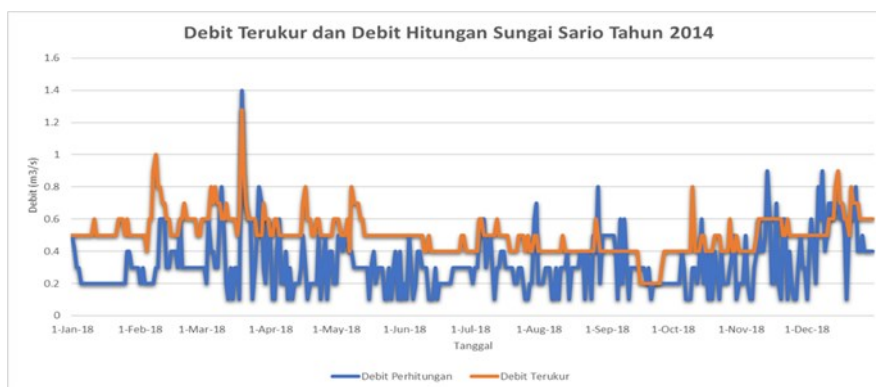
4.5 Parameter Hasil Kalibrasi

Parameter yang telah dioptimalkan menggunakan program komputer HEC-HMS dikarenakan hasil kalibrasi debit puncak sama dengan 1.4 m³/s yang melebihi nilai debit terukur 1.3 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>	70
<i>Recesion Constant</i>	0.1
<i>Ratio to Peak</i>	0.4
<i>Initial discharge</i>	0.45
<i>Lag Time</i>	103.02

4.6 *Data Debit Hasil Perhitungan dan Data Debit Terukur*



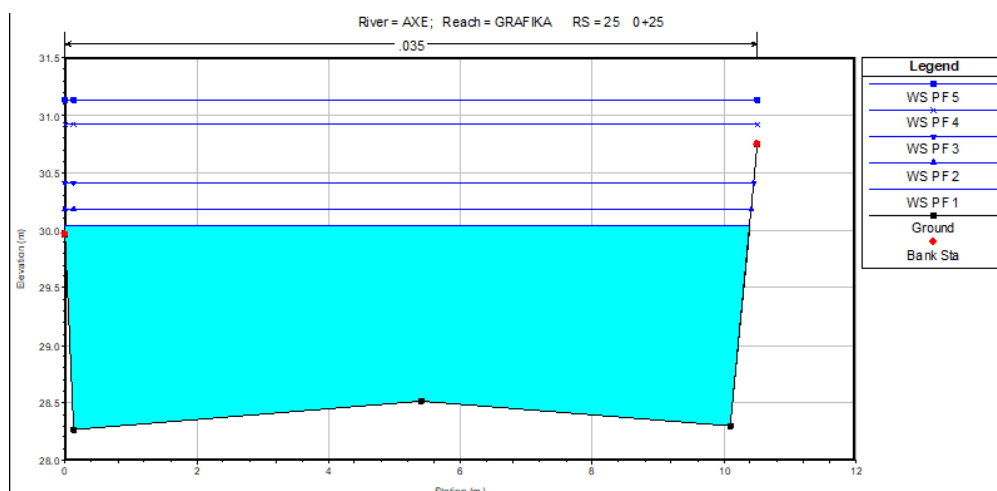
Gambar 3. Grafik Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur

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

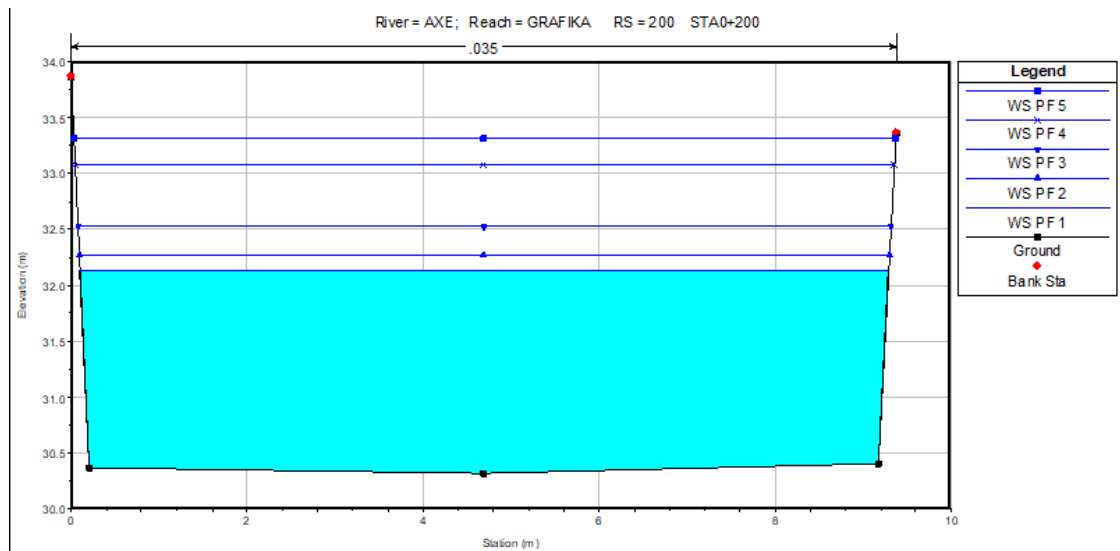
4.7 *Hasil Simulasi-Simulasi Tinggi Muka Air dengan Program Komputer HEC-RAS*

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

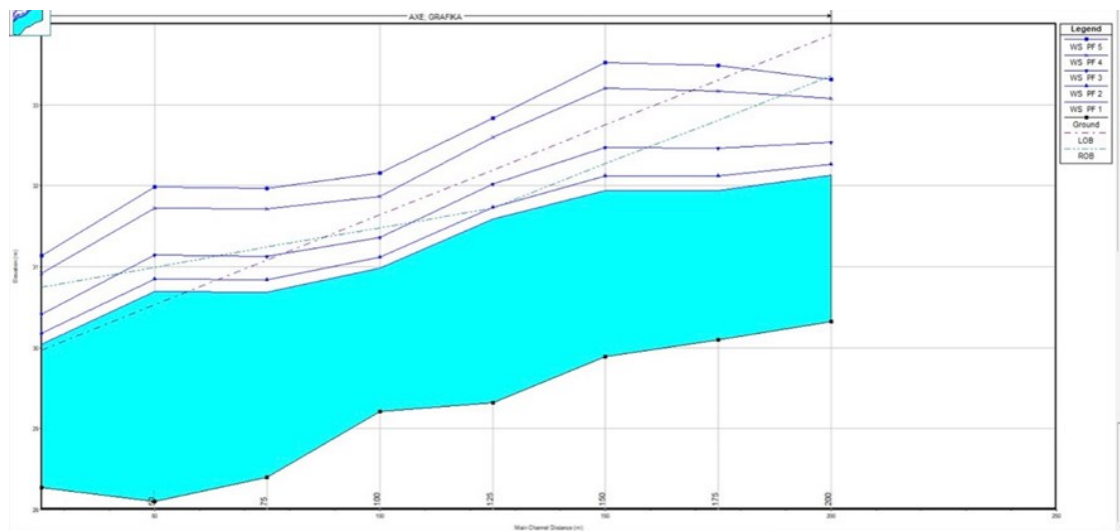
Hasil simulasi menunjukkan adanya luapan air yang terjadi pada STA 0+25, STA 0+50, STA 0+100, STA 0+125, dan STA 0+150 pada semua debit banjir kala ulang dan pada STA 0+75, STA 0+175 dan STA 0+200 dapat menampung debit kala ulang 5 tahun (Q_5) kemudian luapan terjadi pada debit kala ulang 25 tahun (Q_{25}),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



Gambar 6. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang

5. Kesimpulan

Debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun (Q_5) = 66.3 m³/det, kala ulang 10 tahun (Q_{10}) = 92.3 m³/det, kala ulang 25 tahun (Q_{25}) = 108.1 m³/det, kala ulang 50 tahun (Q_{50}) = 140.7 m³/det, dan kala ulang 100 tahun (Q_{100}) = 153.6 m³/det.

Dari hasil simulasi menunjukkan tidak terjadi luapan pada kala ulang 5 tahun sampai dengan 100 tahun di STA 0+200, lalu di STA 0+175 dan 0+100 terjadi luapan pada kala ulang 50 tahun dan 100 tahun, kemudian di STA 0+125 hanya mampu menampung debit banjir kala ulang 5 tahun, pada STA 0+75 terjadi luapan pada kala ulang 25 tahun sampai dengan 100 tahun, dan di STA 0+50 terjadi luapan di semua debit kala ulang, serta untuk 0+25 hanya mampu menampung debit kala ulang 5 tahun.

Referensi

- Bambang, Triadmodjo. *Hidrologi Terapan: Beta Offset*, Yogyakarta 2008.
 Chow, V.T. Maidment, D. R., Mays 1998. *Applied Hydrology*. Singapore: McGraw-Hill. *Data Hujan Harian MRG Tikala-Sawangan*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado *Data Debit Harian Sungai Sario*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
 Hydrologic Engineering Center – *Hydrograph Modeling System Technical 6.0 Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA. 2000.

- Hydrologic Engineering Center – River Analyst System 6.0 Reference Manual.*
 Hydrologic Engineering Center. U.S Army Corps of Engineers, USA. 2016. *Hydrologic Engineering Center – River Analyst System 6.0 User’s Manual.* Hydrologic Engineering Center, USA. 206.
- L. Hendratta, S.Laurentia, D.Koh et al. (2024), *Tondano Lake Management-Environmental Issues and Integrated Counter Measurements, Environment and Ecology Research*, Vol 12, ISSN: 23316268
- Lumentut, Valen Y. Jeffry S.F. Sumarauw, Tiny Mananoman. 2019. *Analisis Kapasitas Penampang dan Tinggi Muka Air Sungai Malino Terhadap Berbagai Kala Ulang Banjir. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No. 6 Juni 2019 (595-604) ISSN: 2337-6732*
- Mawikere, N. C., Sumarauw, J. S., & Supit, C. J. (2022). *Analisis Tinggi Muka Air Banjir Sungai Bailang Di Lorong Symphony Kelurahan Sumompo Kota Manado.* Jurnal Tekno Vol. 20 no. 82.
- Seyhan, Ersin. *Dasar – dasar Hidrologi.* Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta 1990.m Sumarauw, Jeffry Swingly Frans. 2017. Pola Distribusi Hujan Jam – Jaman Daerah Manado, Minahasa Utara dan Minahasa. *Jurnal Sipil Statik Vol.5 no.10 Desember 2017 (669-678) ISSN: 2337-6732*, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sumarauw, Jeffry, 2017. Analisis Frekuensi Hujan. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sumarauw, Jeffry, 2017. Hidrograf Satuan Sintetis. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Supit, Cindy J. 2013. The Impact of Water Projects On River Hydrology. *Jurnal Tekno-Sipil Vol.11 No.59 Agustus 2013 (56-61) ISSN: 0215-9617*, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Tulandi, Andre F. Liany Hendratta, Jeffry S.F. Sumarauw. 2019. *Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Kalawing di Kelurahan Malendeng Kota Manado.* *Jurnal Sipil Statik Vol. 7 No. 12 Desember 2019 (1681-1668) ISSN: 2337-6732*, Manado.
- Arifin dan Nurhayati. (2000). *Pemeliharaan Taman.* Jakarta: Penebar Swadaya.
- Budiharjo dan Sujarto. (2005). *Kota Berkelanjutan.* Bandung: Alumni.
- Dermawan, Edy. (2009). *Ruang Publik dalam Arsitektur Kota.* Semarang: Badan Penerbit Undip.
- Dermawan, Edy. (2014). *Visual Estetika Taman Arsitektur Kota.* Semarang: Badan Penerbit Undip.
- Hakim, Rustam. (2003). *Komponen Perancangan Arsitektur Lansekap.* Jakarta: Bumi Aksara.
- Laure, Michael. (1984). *Pengantar Kepada Arsitektur Pertamanan.* Bandung: Intermatra.
- Neufert, Ernst. (1996). *Data Arsitek.* Jakarta: Erlangga.
- Pedoman Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan. (2010).
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 05/PRT/M/2008 Tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan.
- Shirvani, Hamid. (1985). *The Urban Design Process.* New York: Van Nostrand Rein Hold Company.