

# Analisis Tinggi Muka Air Banjir Sungai Bailang Di Lorong Symphony Kelurahan Sumompo Kota Manado

Nadia C. Maweikere<sup>#1</sup>, Jeffrey S. F. Sumarauw<sup>#2</sup>, Cindy J. Supit<sup>#3</sup>  
<sup>#</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

Jl. Kampus UNSRAT Kelurahan Bahu, Manado, Indonesia, 95115

<sup>1</sup>cyfranadia10@gmail.com; <sup>2</sup>jeffrysumarauw@unsrat.ac.id; <sup>3</sup>cindyjeanesupit@unsrat.ac.id

## Abstrak

Sungai Bailang merupakan salah satu sungai yang ada di Provinsi Sulawesi Utara. Aliran sungai Bailang mengairi beberapa kelurahan di Kecamatan Tuminting yaitu Sumompo dan Tuminting. Di bantaran sungai Bailang merupakan wilayah yang rawan terjadi banjir. Sungai bailang merupakan salah satu sungai yang memberikan dampak kerusakan karna banjir pada tahun 2014. Terjadinya banjir di sungai Bailang karena aliran air berlebihan merendam daratan yang disebabkan oleh intensitas air hujan yang sangat tinggi sehingga melebihi kapasitas debit air pada penampang sungai yang tersedia. Analisis dimulai dengan mencari frekuensi hujan menggunakan metode Log Pearson III. Adapun data hujan yang digunakan berasal dari pos hujan Bailang. Data curah hujan yang digunakan adalah data hujan harian maksimum tahun 2011 s/d 2020. Setelah didapat besaran hujan, pemodelan hujan aliran pada program komputer HEC-HMS menggunakan metode HSS Soil Conservation Services, dan untuk kehilangan air dengan SCS Curve Number (CN). Untuk aliran dasar (baseflow) menggunakan metode recession. Dilakukan kalibrasi parameter HSS SCS 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 paramtere 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 untuk penampang STA 0+25 masih mampu menampung debit banjir untuk kala ulang 5 tahun, sedangkan 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, 100 tahun sudah tidak mampu ditampung. Untuk STA 0+50 hanya mampu menampung debit banjir untuk kala ulang 5 tahun, selain itu sudah meluap melebihi penampang sungai. Untuk STA 0+75 hanya mampu menampung debit banjir kala ulang 5 tahun selain itu sudah meluap

melebihi penampang sungai. Untuk STA 0+100, STA 0+125, STA 0+150, STA 0+175, dan STA 0+200 tidak mampu untuk menampung semua debit banjir kala ulang.

**Kata Kunci** - sungai Bailang, analisis tinggi muka air banjir, HEC-HMS, HEC-RAS

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Sungai Bailang merupakan salah satu sungai yang ada di Provinsi Sulawesi Utara. Aliran sungai Bailang mengairi beberapa kelurahan di Kecamatan Tuminting yaitu Sumompo dan Tuminting. Di bantaran sungai Bailang merupakan wilayah yang rawan terjadi banjir. Sungai bailang merupakan salah satu sungai yang memberikan dampak kerusakan karna banjir pada tahun 2014. Terjadinya banjir di sungai Bailang karena aliran air berlebihan merendam daratan yang disebabkan oleh intensitas air hujan yang sangat tinggi sehingga melebihi kapasitas debit air pada penampang sungai yang tersedia.

### B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat dirumuskan masalah yang terjadi apakah penampang sungai Bailang di lorong Symphony mampu menampung debit air yang dihasilkan dari intensitas curah hujan yang tinggi.

### C. Batasan Penelitian

Masalah yang diteliti dalam penelitian ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

- Titik tinjau terletak pada jembatan di jalan lorong Symphony dengan jarak 200 masing-masing 100 meter ke arah hulu dan 100 meter ke arah hilir
- Analisis Hidrologi menggunakan data hujan harian maksimum.

- Analisis menggunakan program komputer HEC-HMS untuk analisis hidrologi dan HEC-RAS untuk analisis hidraulika.
- Kala ulang rencana dibatasi pada 5,10,25,50, dan 100 tahun.

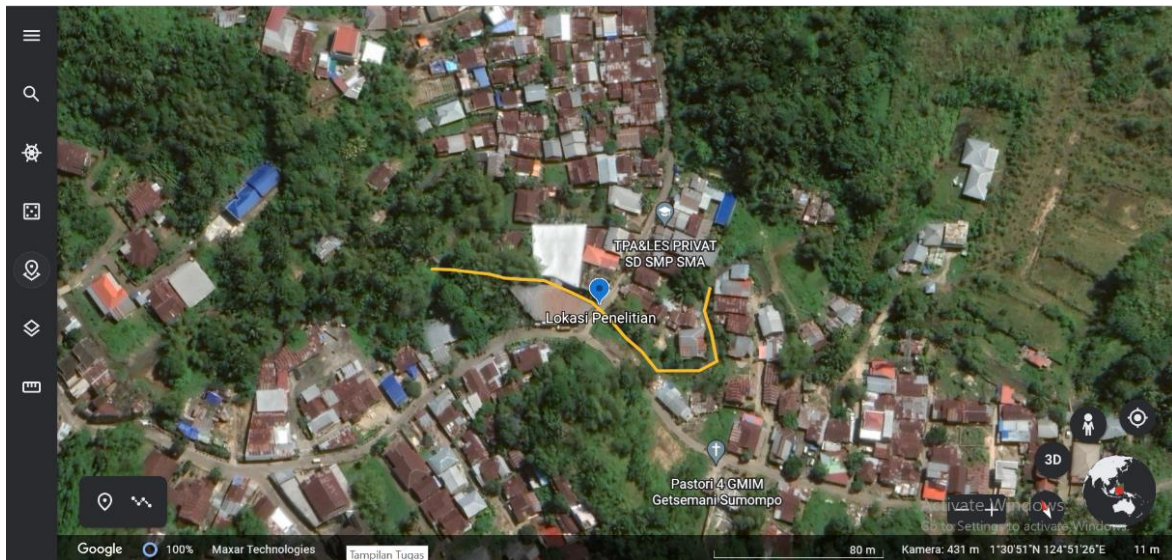
#### D. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui debit banjir dan elevasi tinggi muka air Sungai Bailang di

titik tinjauan dari Jembatan Bailang sampai 175 m menuju ke hulu.

#### E. Manfaat Penelitian

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



Gambar 1. Lokasi Penelitian

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi penelitian berada di Lorong Symphony Kelurahan Sumompo Kota Manado. Lokasi penelitian akan ditunjukkan pada Gambar 1. Prosedur penelitian yang dilakukan akan digambarkan pada Gambar 2.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Analisis Daerah Aliran Sungai

Analisis daerah aliran sungai (DAS) dilakukan untuk mengetahui luas DAS Bailang di titik Lorong Symphony. Perhitungan luas DAS dilakukan dengan bantuan program Global Mapper dengan menggunakan data SIG yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi-1. Sehingga diperoleh luas DAS Bailang di titik Lorong Symphony sebesar 7,3 Km<sup>2</sup>. Hasil perhitungan luas DAS akan ditampilkan pada Gambar 3.

### B. Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan DAS Bailang di titik Lorong Symphony dilakukan dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan periode pencatatan tahun 2011 sampai dengan tahun 2020. Pos hujan yang

digunakan sebanyak 1 Pos Hujan MRG Bailang Berikut merupakan data hujan harian maksimum dari tahun 2011 sampai 2020. Data Curah Hujan Harian Maksimum akan ditampilkan pada Tabel 1.

### C. Uji Data Outlier

Data *outlier* adalah data yang menyimpang terlalu tinggi ataupun terlalu rendah dari sekumpulan data sehingga baik untuk digunakan pada analisis selanjutnya.

Hasil *outlier* mendapatkan bahwa data-data curah hujan tidak ada yang menyimpang.

### D. Penentuan Tipe Distribusi Hujan

Jenis sebaran hujan bergantung pada nilai parameter statistik yaitu rata – rata hitung atau *mean* ( $\bar{X}$ ), simpangan baku (S) koefisien kemencengan (Cs), koefisien variasi (Cv) dan koefisien kurtosis (Ck). Penentuan Jenis Tipe Sebaran Data akan ditampilkan pada Tabel 2.

### E. Analisis Curah Hujan Rencana

Analisis curah hujan rencana dengan tipe sebaran Log Pearson III. Hasil perhitungan curah hujan rencana akan ditampilkan pada Tabel 3. Perhitungan dilakukan dengan terlebih dahulu.

Rata – rata hitung:

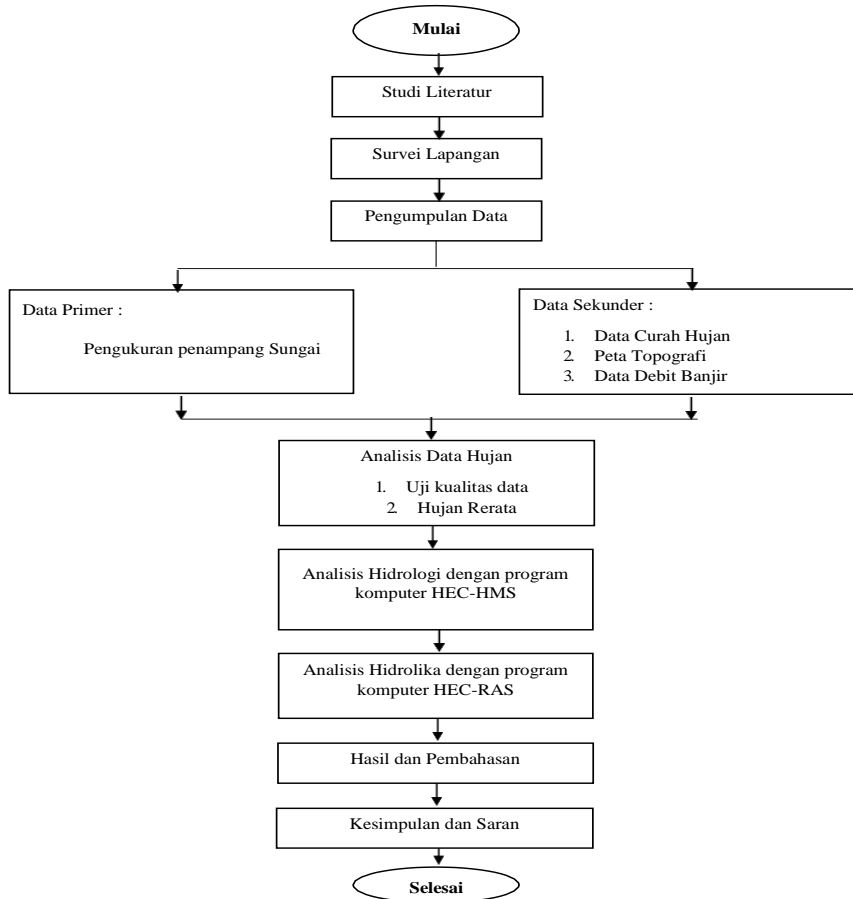
$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i = \frac{1}{12} \times 20,161 = 2,016$$

Simpangan Baku:

$$S_{\log X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,435}{10-1}} = 0,220$$

Koefisien *Skewness* (Kemencengan):

$$C_{S_{\log X}} = \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot (S_{\log X})^3} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3 = \frac{10}{(10-1)(10-2) \cdot 0,184^3} \times 0,005 = 0,07 \text{ (Kemencengan Positif)}$$



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

**F. Pola Distribusi Hujan Jam-jaman**

Distribusi hujan jam-jaman merupakan pembagian intensitas hujan berdasarkan pola hujan suatu daerah. Dalam penelitian ini digunakan pola hujan dari daerah sekitar yaitu pola hujan daerah Kota Manado dan sekitarnya. Hasil Distribusi Hujan Rencana Tiap kala ulang akan ditampilkan pada Tabel 4.

**G. Perhitungan Nilai SCS Curve Number**

Nilai CN rata – rata untuk DAS Bailang di titik Jembatan Bailang adalah 78,633. Perhitungan akan ditampilkan pada Tabel 5.

**H. Analisis Debit Banjir Rencana**

Pemodelan hujan aliran pada program komputer 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.

**I. Kalibrasi Parameter HSS SCS**

Kalibrasi merupakan suatu proses dimana nilai hasil perhitungan dibandingkan dengan nilai hasil observasi lapangan. Kalibrasi Parameter HSS SCS perlu dilakukan untuk mencari nilai parameter HSS SCS teroptimasi dengan membandingkan hasil simulasi HEC – HMS dengan data debit terukur.

Kalibrasi dilakukan pada DAS Lokasi penelitian dengan data debit terukur hasil perhitungan. Kalibrasi dilakukan hanya pada debit puncak.

Dikarenakan Ruas Terpilih di Sungai Bailang tidak memiliki data debit terukur, maka perlu dilakukan perhitungan dengan metode analisis regional sehingga data debit Ruas Terpilih di Sungai Bailang dapat

diketahui. Hasil simulasi debit hitungan Sungai Bailang akan ditampilkan pada Gambar 4.

Karena hasil kalibrasi debit puncak sama dengan 5,6 m<sup>3</sup>/s melebihi debit terukur 2,3 m<sup>3</sup>/s maka parameter-parameter yang ada di coba-coba hingga debit hasil simulasi dianggap memenuhi ketentuan. Parameter hasil kalibrasi akan ditampilkan pada Tabel 6. Sedangkan Grafik Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur akan ditampilkan pada Gambar 5.

**J. Simulasi Debit Banjir dengan Program Komputer HEC-HMS**

Setelah kalibrasi, semua parameter terkalibrasi akan digunakan sebagai parameter pada komponen sub-DAS untuk perhitungan debit banjir. Hasil simulasi untuk tiap kala ulang akan ditampilkan pada Gambar 6, 7, 8, 9,10.

**K. Analisis Tinggi Muka Air**

Analisis tinggi muka air menggunakan program komputer HEC-RAS membutuhkan data masukan yaitu penampang saluran, karakteristik saluran untuk nilai koefisien *n Manning*, dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng (*Steady Flow*).

Data penampang Sungai Bailang di Jembatan

Bailang diambil sejauh 200m tepat di daerah sungai yang pernah meluap.

Data Penampang Melintang untuk STA 0+25m akan ditampilkan pada Gambar 11, Untuk pengisian data debit akan ditampilkan pada Gambar 12, dan pengisian *reach boundary conditions* akan ditampilkan pada Gambar 13.

**L. Simulasi Tinggi Muka Air Dengan Program Komputer HEC-RAS**

Hasil simulasi menunjukkan untuk penampang STA 0+25 masih mampu menampung debit banjir untuk kala ulang 5 tahun, sedangkan 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, 100 tahun sudah tidak mampu ditampung. Untuk STA 0+50 hanya mampu menampung debit banjir untuk kala ulang 5 tahun, selain itu sudah meluap melebihi penampang sungai. Untuk STA 0+75 hanya mampu menampung debit banjir kala ulang 5 tahun selain itu sudah meluap melebihi penampang sungai. Untuk STA 0+100, STA 0+125, STA 0+150, STA 0+175, dan STA 0+200 tidak mampu untuk menampung semua debit banjir kala ulang. Rangkuman tinggi muka air potongan memanjang Sungai Bailang akan di tampilkan pada Gambar 14.

**TABEL 1**  
**Data Curah Hujan Harian Maksimum**

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
	MRG Bailang-Bengkol
2011	190
2012	75,9
2013	194,3
2014	201
2015	124,5
2016	65,1
2017	99,3
2018	78,8
2019	46
2020	88,2

Sumber: Balai Wilayah Sungai Sulawesi I

**TABEL 2**  
**Penentuan Jenis Sebaran Data**

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	Cs = 0	0,6035	Tidak Memenuhi
	Ck = 3	2,6819	Tidak Memenuhi
Log Normal	Cs = Cv <sup>3</sup> + 3 . Cv = 0,8392	0,6035	Tidak Memenuhi
	Ck = Cv <sup>3</sup> + 6Cv <sup>6</sup> + 15Cv <sup>4</sup> + 16Cv <sup>2</sup> + 3 = 4,2778	2,7346	Tidak Memenuhi
Gumbel	Cs = 1,14	0,6035	Tidak Memenuhi
	Ck = 5,40	2,6819	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Bila tidak ada parameter statistik yang sesuai dengan ketentuan distribusi sebelumnya	-	Memenuhi

**TABEL 3**  
**Curah Hujan Rencana**

Kala Ulang (TR)	Log $X_{TR}$	$X_{TR}$
5 Tahun	2,19939	158,267 mm
10 Tahun	2,29979	199,432 mm
25 Tahun	2,40677	255,133mm
50 Tahun	2,47643	299,52 mm
100 Tahun	2,53958	346,399 mm

**TABEL 4**  
**Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang**

Jam Ke-	P (mm)				
	Kala Ulang (Tahun)				
	5	10	25	50	100
1	85.46	107.69	137.77	161.74	187.06
2	34.82	43.87	56.13	65.89	76.21
3	12.66	15.95	20.41	23.96	27.71
4	9.50	11.97	15.31	17.97	20.78
5	4.75	5.98	7.65	8.99	10.39
6	1.58	1.99	2.55	3.00	3.46
7	4.75	5.98	7.65	8.99	10.39
8	4.75	5.98	7.65	8.99	10.39
<b>P (mm)</b>	158.27	199.43	255.13	299.52	346.40

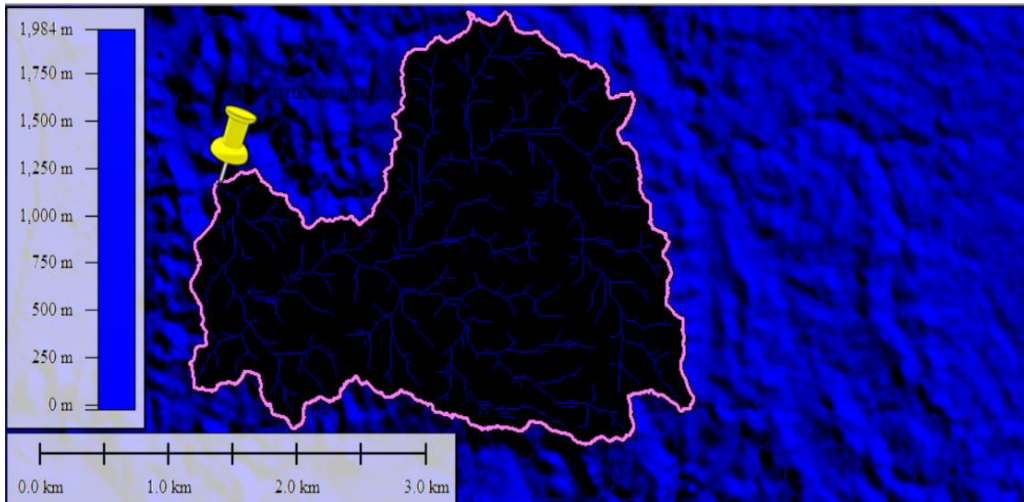
**TABEL 5**  
**Perhitungan Nilai CN DAS Bailang di Titik Jembatan Bailang**

Jenis Tutup Lahan	Luas (Km <sup>2</sup> )	Persentase (%)	CN Tiap Lahan	CN
Pemukiman (38% kedap air)	1,9	27,22	83	22,59321
Hutan (Tanaman jarang, penutupan jelek)	5,08	72,22	77	56,04011
Total	6,98	100	-	78,63324

**TABEL 6**  
**Parameter Hasil Kalibrasi**

<i>CN</i>	60
<i>Recesion Constant</i>	0,1
<i>Ratio to Peak</i>	0,3
<i>Initial discharge</i>	0,3178 m <sup>3</sup> /s
<i>Lag Time</i>	136.182 menit





Gambar 3. DAS Bailang di Lorong Symphony  
 Sumber: Global Mapper, Data GIS BWSS-I

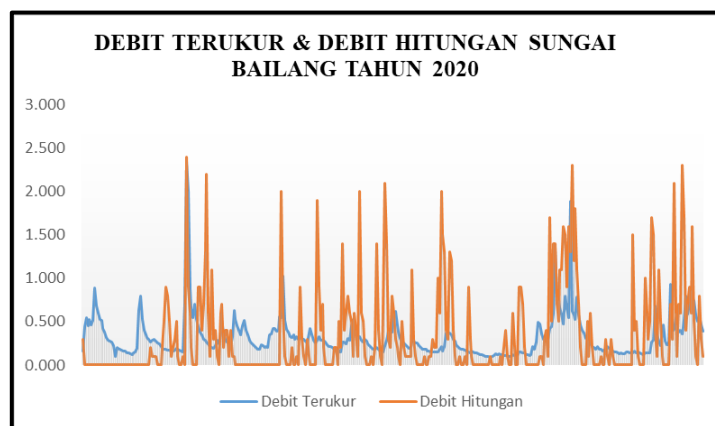
Time-Series Results for Subbasin "TITIK KONTROL SUMO..."

Project: 2020\_Nay Simulation Run: Run 1  
 Subbasin: TITIK KONTROL SUMOMPO

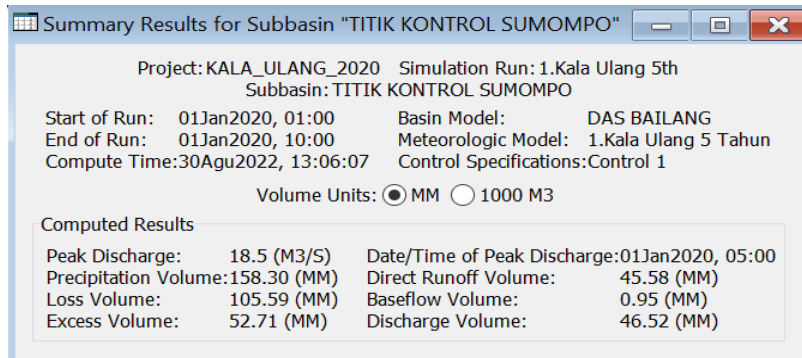
Start of Run: 01Jan2020, 00:00 Basin Model: DAS BAILANG  
 End of Run: 31Des2020, 00:00 Meteorologic Model: Kalibrasi  
 Compute Time: 30Agu2022, 10:46:12 Control Specifications: Control 1

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct ... (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total F... (M3/S)
01Jan2...	00:00				0.0	0.3	0.3
02Jan2...	00:00	2.00	2.00	0.00	0.0	0.0	0.0
03Jan2...	00:00	9.00	9.00	0.00	0.0	0.0	0.0
04Jan2...	00:00	7.00	7.00	0.00	0.0	0.0	0.0
05Jan2...	00:00	5.00	5.00	0.00	0.0	0.0	0.0
06Jan2...	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
07Jan2...	00:00	2.00	2.00	0.00	0.0	0.0	0.0
08Jan2...	00:00	6.00	6.00	0.00	0.0	0.0	0.0
09Jan2...	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
10Jan2...	00:00	6.00	5.94	0.06	0.0	0.0	0.0
11Jan2...	00:00	3.00	2.84	0.16	0.0	0.0	0.0
12Jan2...	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
13Jan2...	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
14Jan2...	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
15Jan2...	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
16Jan2...	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
17Jan2...	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
18Jan2...	00:00	3.00	2.75	0.25	0.0	0.0	0.0
19Jan2...	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
20Jan2...	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
21Jan2...	00:00	1.00	0.90	0.10	0.0	0.0	0.0
22Jan2...	00:00	1.00	0.89	0.11	0.0	0.0	0.0
23Jan2...	00:00	3.00	2.60	0.40	0.0	0.0	0.0
24Jan2...	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0

Gambar 4. Debit Hitungan Sungai Bailang



Gambar 5. Grafik Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur



Gambar 6. Summary Result Kala Ulang 5 Tahun



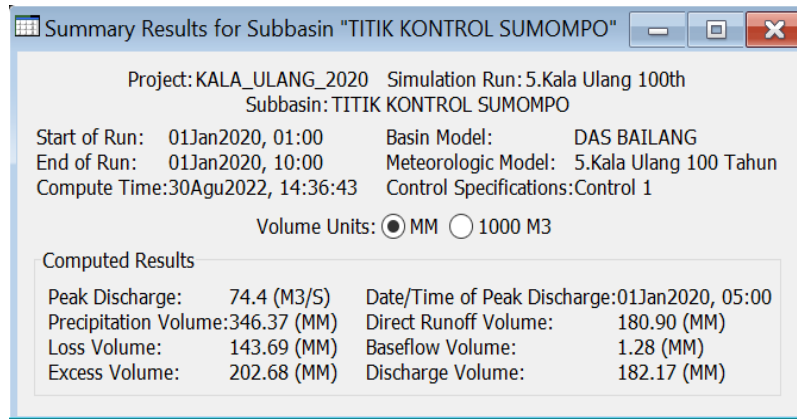
Gambar 7. Summary Result Kala Ulang 10 Tahun



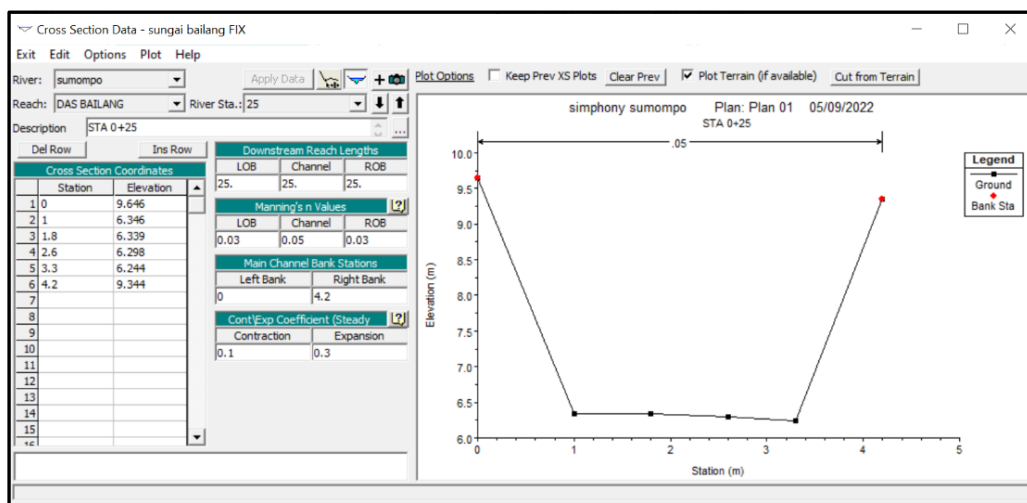
Gambar 8. Summary Result Kala Ulang 25 Tahun



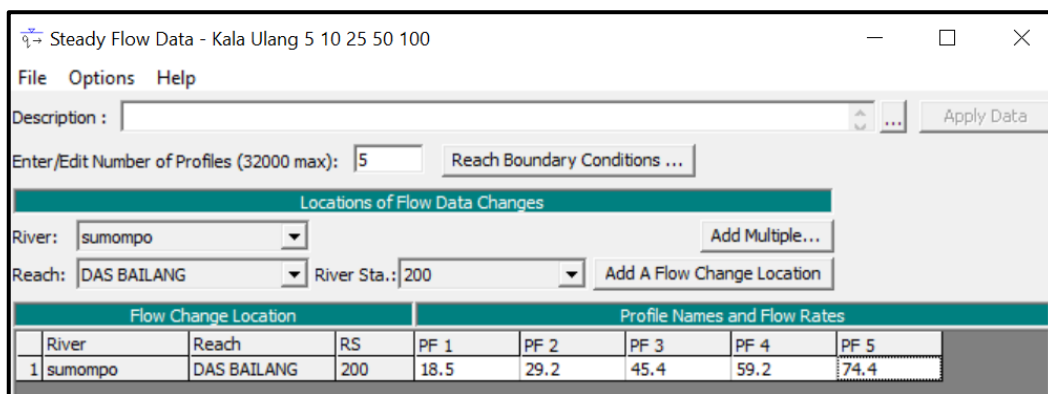
Gambar 9. Summary Result Kala Ulang 50 Tahun



Gambar 10. Summary Result Kala Ulang 100 Tahun

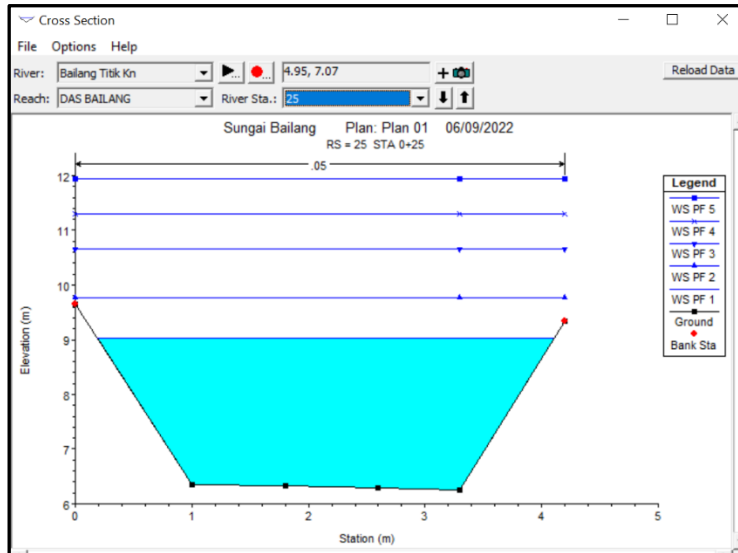


Gambar 11. Data Penampang Melintang Sta 0 + 25 m

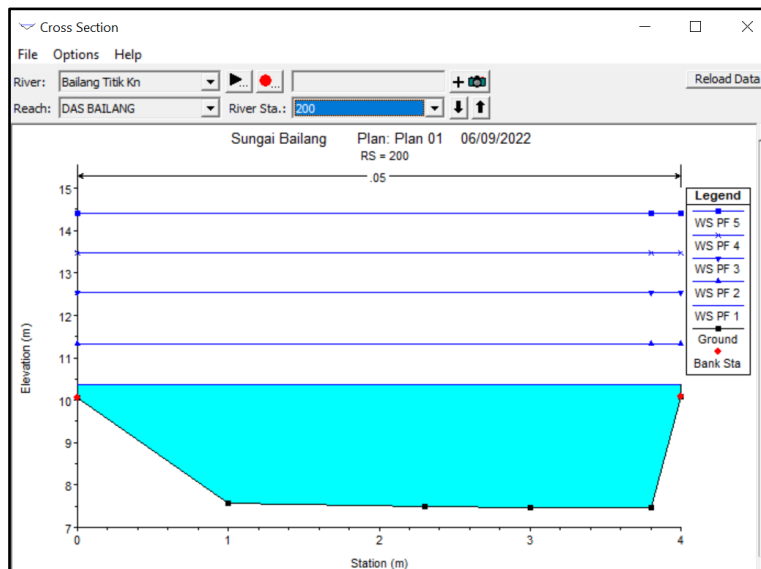


Gambar 12. Pengisian Data Debit

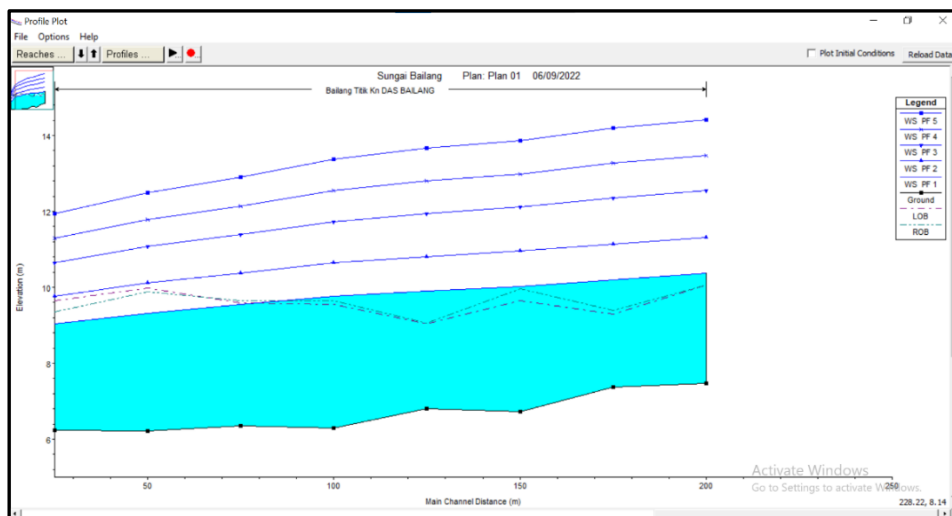




Gambar 13. Rangkuman Tinggi Muka Air Sta 0 + 25m (Hilir)



Gambar 14. Rangkuman Tinggi Muka Air Sta 0 + 200m (Hulu)



Gambar 15. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sunagai Bailang di Lorong Symphony

**TABEL 7**  
**Rangkuman Debit Kala Ulang Yang Meluap Pada Tiap STA**

NO	STA	KALA ULANG				
		Q5	Q10	Q25	Q50	Q100
1	0+25		✓	✓	✓	✓
2	0+50		✓	✓	✓	✓
3	0+75		✓	✓	✓	✓
4	0+100	✓	✓	✓	✓	✓
5	0+125	✓	✓	✓	✓	✓
6	0+150	✓	✓	✓	✓	✓
7	0+175	✓	✓	✓	✓	✓
8	0+200	✓	✓	✓	✓	✓

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian yang telah dibahas sebelumnya, maka berikut ini adalah rekomendasi yang perlu dilaksanakan:

1. Hujan rencana kala ulang 5 tahun sebesar 153,267 mm/jam, 10 tahun sebesar 199,431 mm/jam, 25 tahun sebesar 255,133 mm/jam, 50 tahun sebesar 299,519 mm/jam, 100 tahun sebesar 346,398 mm/jam.
2. Debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun = 18,5 m<sup>3</sup>/det, kala ulang 10 tahun = 29,2 m<sup>3</sup>/det, kala ulang 25 tahun = 45,4 m<sup>3</sup>/det, kala ulang 50 tahun = 59,2 m<sup>3</sup>/det, kala ulang 100 tahun = 74,4 m<sup>3</sup>/det.
3. Hasil simulasi menunjukkan untuk penampang STA 0+25 masih mampu menampung debit banjir untuk kala ulang 5 tahun, sedangkan 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, 100 tahun sudah tidak mampu ditampung. Untuk STA 0+50 hanya mampu menampung debit banjir untuk kala ulang 5 tahun, selain itu sudah meluap melebihi penampang sungai. Untuk STA 0+75 hanya mampu menampung debit banjir kala ulang 5 tahun selain itu sudah meluap melebihi penampang sungai. Untuk STA 0+100, STA 0+125, STA 0+150, STA 0+175, dan STA 0+200 tidak mampu untuk menampung semua debit banjir kala ulang.

##### B. Saran

1. Perlu membuat tanggul pada semua daerah penampang sungai yang meluap.
2. Perlu dilakukan pengerukan di dasar sungai karena sudah terjadi pendangkalan yang disebabkan oleh sedimen.
3. Harus ada kesadaran masyarakat untuk tidak membuang sampah di sekitar sungai.

#### KUTIPAN

- [1] *Data Hujan Harian Pos Hujan Bailang*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- [2] *Data Debit Harian Sungai Bailang*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- [3] *HEC-HMS Technical Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA. 2000.
- [4] *HEC-RAS 5.0 Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA. 2016.
- [5] *HEC-RAS 5.0 Users Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA. 2016.
- [6] Bambang, Triatmodjo, *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta. 2008.
- [7] Salem, Haniedo P., Jeffry S. F. Sumarauw, E. M. Wuisan. *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. 2016.
- [8] Seyhan, Ersin. *Dasar-dasar Hidrologi*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. 1990.
- [9] Sumarauw, Jeffry. *Hujan*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado. 2013.
- [10] Sumarauw, Jeffry. *Analisis Frekwensi Hujan*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado. 2017.
- [11] Sumarauw, Jeffry. *Hidrograf Satuan Sintetis*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado. 2017.
- [12] Sumarauw, Jeffry. *HEC-HMS*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado. 2018.
- [13] Talumepa, Marcio Yosua., Lambertus Tanudjaja, Jeffry S. F. Sumarauw. Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Sangkub Kabupaten Bolaang Mongondow Utara. Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.10 Desember 2017 (699-710) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado. 2018.
- [14] Nadia, Kivani., Tiny Mananoma, Hanny Tangkudung. *Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Tembran Di Kabupaten Mnahasa Utara*. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.6 Juni 2019 (703-710) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado. 2019.
- [15] Mamuaya, Frana L., Jeffry S. F. Sumarauw, Hanny Tangkudung. 2019. *Analisis Kapasitas Penampang Sungai Roong Tondano Terhadap Berbagai Kala Ulang Banjir*. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.2 Februari 2019 (179-188) ISSN: 2337-6723, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [16] 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.
- [17] Chow, V.T., Maidment, D.R., Mays, 1988. *Applied Hydrology*. Singapore: McGraw-Hill.