



Review Potensi Debit Banjir Dan Elevasi Muka Air Sungai Sosoan Sapa Kelurahan Tumatangtang Kecamatan Tomohon Selatan Kota Tomohon

Marcelino G. R. Mamoto^{#a}, Tiny Mananoma^{#b}, Jeffry S. F. Sumarauw^{#c}

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

^amamotomarcelino@gmail.com, ^btmananoma@yahoo.com, ^cjeffrysumarauw@unsrat.ac.id

Abstrak

Sungai Sosoan Sapa mengalir dari Gunung Toulangkow dan melintasi Kelurahan Tumatangtang. Pada saat intensitas hujan yang tinggi, sungai ini meluap dan membanjiri Kelurahan Tumatangtang. Usaha warga telah dilakukan untuk mengatasi banjir tersebut namun masih kurang berhasil. Maka dilakukan penelitian untuk mengetahui besarnya debit banjir dan tinggi muka air yang potensial terjadi sehingga dapat dilakukan upaya pengendalian dari bencana tersebut. Analisis debit banjir dan tinggi muka air dilakukan dengan mencari frekuensi hujan menggunakan metode Log Pearson III dengan data hujan harian maksimum dari tahun 2012 s/d 2021 yang berasal dari stasiun Klimatologi Kakaskasen. 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. 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 dengan menggunakan program komputer HEC-RAS menunjukkan adanya luapan di STA 0+25 pada kala ulang 50 dan 100 tahun. Luapan terjadi pada STA 0+75 dan STA 0+100 pada kala ulang 10 sampai 100 tahun. Pada STA 0+200 luapan terjadi pada kala ulang 25 sampai 100 tahun dan pada STA 0+175 luapan hanya terjadi pada kala ulang 100 tahun. Luapan juga terjadi pada STA 0+50 dan STA 0+125 pada setiap kala ulang. Hasil simulasi juga menunjukkan tidak terjadi luapan pada STA 0+150 pada setiap kala ulang.

Kata kunci: Sungai Sosoan Sapa, HEC-HMS, HEC-RAS

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Sungai Sosoan Sapa adalah salah satu sungai di kota Tomohon yang mengalir melewati kelurahan Lahendong, kelurahan Tumatangtang dan kelurahan Pinaras Tomohon Selatan. Hulu sungai Sosoan Sapa berada di Gunung Toulangkow di daerah administrasi Kelurahan Lahendong. Pada tahun 2017 sungai Sosoan Sapa meluap di kelurahan Tumatangtang. Luapan air dari Sungai Sosoan Sapa menyebabkan terjadinya banjir dan menimbulkan kerugian bagi warga yang tinggal di sekitar sungai. Sejak di bangunnya perumahan penduduk di daerah hulu sungai, elevasi tinggi muka air sungai sosoan sapa sangat mudah naik pada saat hujan lebat. Berdasarkan masalah yang terjadi diperlukan upaya pengendalian terhadap banjir sehingga air yang meluap tidak mengganggu aktivitas masyarakat. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis terhadap besar debit banjir dan meninjau tinggi muka air banjir di sungai Sosoan Sapa.

1.2. Rumusan Masalah

Banjir yang terjadi di sungai Sosoan Sapa mengakibatkan kerugian bagi masyarakat yang tinggal maupun yang beraktivitas di sekitaran sungai, maka diperlukan upaya dalam pengendalian banjir dengan menganalisis debit banjir dan tinggi muka air.

1.3. Batasan Penelitian

- Titik kontrol terletak di jembatan Sapa Kelurahan Tumatangtang. Lokasi penelitian jarak 100 meter ke arah hulu dan 100 meter ke arah hilir;
- Analisis hidrologi yang berhubungan dengan debit banjir rencana periode 5,10,25,50, dan 100 tahun;
- 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 dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui besaran debit banjir rencana dan tinggi muka air sungai Sosoan Sapa Kelurahan Tumatangtang.

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan informasi bagi pihak terkait yang berwenang dalam penanggulangan permasalahan banjir di sungai Sosoan Sapa dan dapat bermanfaat sebagai salah satu bahan referensi untuk penelitian lebih lanjut.

2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

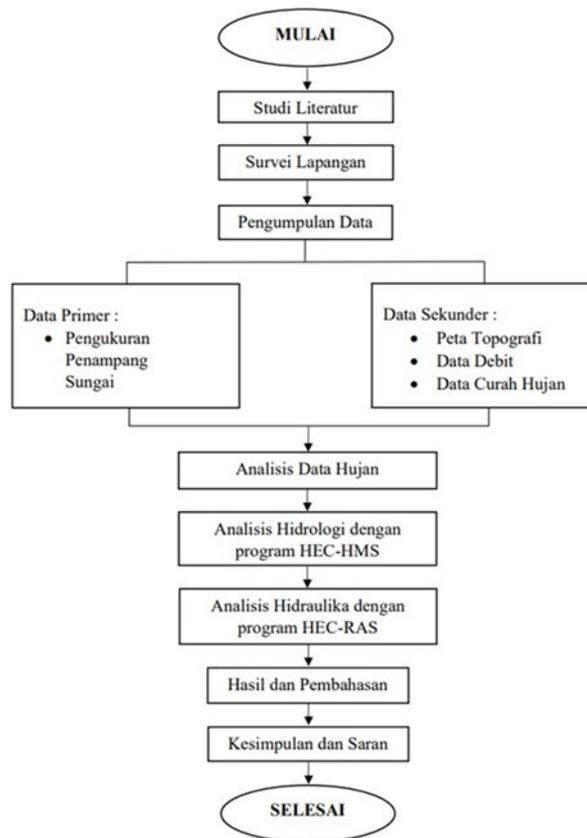
Sungai Sosoan Sapa mengalir melewati Kelurahan Tumatangtang Kecamatan Tomohon Selatan Kota Tomohon. Hulu sungai Sosoan Sapa berada di Gunung Toulangkow yang berada di Kelurahan Lahendong. Sungai Sosoan Sapa mengalir melewati Kelurahan Lahendong, Kelurahan Tumatangtang dan Kelurahan Pinaras Kecamatan Tomohon Selatan. Titik tinjau terletak di Jembatan Sapa Kelurahan Tumatangtang. Secara geografis terletak pada $1^{\circ} 17' 53''$ Lintang Utara dan $124^{\circ} 49' 40''$ Bujur Timur.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Sumber: Google Earth)

2.2. Bagan Alir Penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan menurut alur yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3. Landasan Teori

3.1. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi atau daur hidrologi merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali lagi ke bumi. Neraca air tahunan diberikan dalam nilai relatif terhadap hujan yang jatuh di daratan (100%). Air di permukaan tanah, sungai, danau dan laut menguap ke udara. Uap air tersebut bergerak dan naik ke atmosfer, yang kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang berbentuk awan. Selanjutnya titik-titik air tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan. Hujan yang jatuh sebagian tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (intersepsi) dan selebihnya sampai ke permukaan tanah. Sebagian air hujan yang sampai ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan sebagian lainnya mengalir di atas permukaan tanah (aliran permukaan atau *surface runoff*) mengisi cekungan tanah, danau, dan masuk ke sungai dan akhirnya mengalir ke laut.

3.2. Daerah Aliran Sungai (DAS)

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.

3.3. Analisis Data Outlier

Pengujian data *outlier* dilakukan untuk menentukan berapa banyak data yang menyimpang terlalu tinggi dan terlalu rendah. Hasil uji *outlier* mendapatkan bahwa tidak ada data-data curah hujan tidak ada yang menyimpang. Jika ada data yang menyimpang bisa dikarenakan kesalahan saat pencatatan data atau adanya kejadian ekstrim. Uji *outlier* memiliki 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 dan rendah sekaligus koreksi data.

umus yang digunakan:

- $\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{n}$
- $S_{log} = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \overline{\log x})^2}{n}}$
- $CS_{log} = \frac{n}{n(n-1)(n-2)S_{log}^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3$
- *Outlier* tinggi: $\text{Log } x_h = \overline{\log x} + Kn \cdot S_{log}$
- *Outlier* rendah: $\text{Log } x_l = \overline{\log x} - Kn \cdot S_{log}$

Dengan:

- Cs_{log} = Koefisien Kemencengan.
- S_{log} = Simpangan Baku.
- $\log x$ = 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.

Nilai Kn dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

Untuk nilai Cs_{log} lebih dari 0,4:

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

Untuk nilai Cs_{log} kurang dari -0,4:

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

3.4. Parameter Statistik

Parameter statistik yang digunakan dalam analisis data hidrologi yaitu: rata – rata hitung (mean), simpangan baku (standar deviasi), koefisien variasi, kemencengan (koefisien skewness) dan koefisien kurtosis.

3.5. Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit maksimum pada suatu sungai dengan periode ulang tertentu. Data yang dibutuhkan untuk menentukan debit banjir rencana antara lain data curah hujan, luas catchment area dan data penutup lahan. Debit banjir rencana biasa didapatkan dengan beberapa metode antara lain metode empiris yaitu hidrograf satuan untuk menghitung besarnya debit banjir dengan bantuan program komputer HEC-HMS.

3.6. HSS-SCS

Hidrograf tidak berdimensi SCS (Soil Conservation Services) adalah hidrograf satuan sintetis dimana debit dinyatakan sebagai nisbah debit q terhadap debit puncak q_p dan waktu dalam nisbah waktu t terhadap waktu naik dari hidrograf satuan T_p .

Parameter – parameter SCS:

$$T_1 = \frac{L^{0,8} (2540 - 22,86 \text{ CN})^{0,7}}{14,104 \text{ CN} \times S^{0,5}} \quad \text{Untuk Luas Das} < 16 \text{ Km}^2$$

$$T_1 = 0,6 T_c \quad \text{Untuk luas DAS} \geq 16 \text{ km}^2$$

$$T = T_r + T$$

$$O_p = \frac{2,08 \times A}{T_p}$$

Menghitung *Time of Concentration* (T_c):

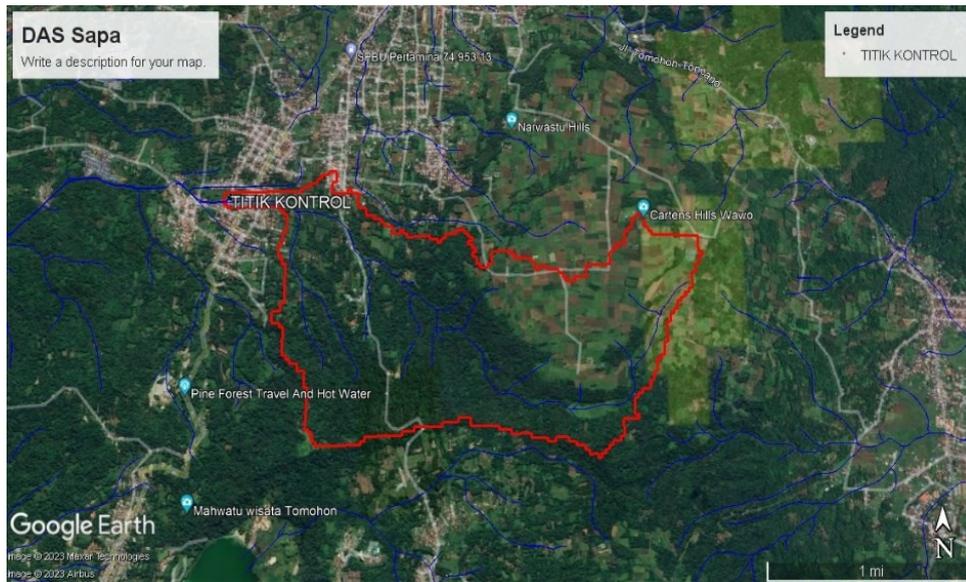
$$T_c = \frac{0.606 (L.n)^2}{s^{0,234}}$$

T_c = Waktu konsentrasi (jam).
 L = Panjang sungai utama terhadap titik kontrol yang ditinjau (km).
 S = Kemiringan lahan antara elevasi maksimum dan minimum
 n = Koefisien kekasaran lahan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Analisis Daerah Aliran Sungai

Analisis daerah aliran sungai (DAS) dilakukan untuk mengetahui luas DAS Sapa. Perhitungan luas DAS dilakukan dengan bantuan program komputer Google Earth dengan menggunakan data yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I. Sehingga diperoleh luas DAS Sapa sebesar 4.58 km².



Gambar 3. DAS Sungai Sosoan Sapa
(Sumber: Google Earth, Data Balai Wilayah Sungai Sulawesi I)

4.2. Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan di DAS Sapa 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. Pos hujan yang digunakan sebanyak 1 pos hujan, yaitu pos hujan MRG Kakaskasen.

Tabel 1. Data Curah Hujan Harian Maksimum
(Balai Wilayah Sungai Sulawesi I; 2023)

No.	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
		MRG Kakaskasen
1	2012	42
2	2013	157
3	2014	145
4	2015	204
5	2016	95
6	2017	96
7	2018	100
8	2019	104
9	2020	76
10	2021	165

4.3. Uji Data Outlier

Hasil uji outlier data hujan harian maksimum pos hujan MRG Kakaskasen menunjukkan bahwa data-data curah hujan dari pos hujan tersebut tidak ada yang menyimpang.

4.4. 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). Untuk membantu perhitungan parameter untuk penentuan tipe distribusi, dibuat tabel berikut.

Tabel 2. Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	Cs = 0	0,77	Tidak Memenuhi
	Ck = 3	3,75	Tidak Memenuhi
Log Normal	Cs = Cv ³ + 3 Cv = 0,88	0,77	Tidak Memenuhi
	Ck = Cv ⁸ + 6*Cv ⁶ + 15*Cv ⁴ + 16*Cv ² + 3 = 4 = 4,42	3,75	Tidak Memenuhi
Gumbel	Cs = 1,14	0,77	Tidak Memenuhi
	Ck = 5,40	3,75	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Bila tidak ada parameter statistik yang sesuai dengan ketentuan distribusi	-	Memenuhi

4.5. Analisis Curah Hujan Rencana

Analisis curah hujan rencana dengan tipe sebaran Log Pearson tipe III. Perhitungan dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung parameter statistik.

Rata-rata hitung:

$$\begin{aligned} \text{Rata - rata hitung :} \\ \bar{X} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \frac{1}{10} \times 1184 \\ &= 118,4 \end{aligned}$$

Simpangan Baku:

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{20926,4}{10-1}} \\ &= 48,219 \end{aligned}$$

Koefisien *Skewness* (Kemencengan):

$$\begin{aligned} Cs &= \frac{n}{(n-1)(n-2) \times S^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 = \frac{10}{(10-1)(10-2) \times 48,219^3} \times 249313,7 \\ &= 0,308 \end{aligned}$$

Tabel 3. Hujan Rencana Tiap Kala Ulang

TR	Log X TR	X TR
5	2.205777	160.6118
10	2.269144	185.842
25	2.325456	211.571
50	2.357852	227.9565
100	2.384053	242.1322

4.6. Pola distribusi Hujan Jam-jaman

Distribusi hujan jam-jaman merupakan pembagian intensitas hujan berdasarkan pola hujan 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 (Salem dkk., 2016).

Tabel 4. Pola Distribusi Hujan Manado dan Sekitarnya (Salem Haniedo Pratama; 2016)

Jam ke-	1	2	3	4	5	6	7	8
% Distribusi Hujan	55	22	8	6	3	1	3	3

4.7. Perhitungan nilai SCS Curve Number

Tabel 5. Perhitungan Nilai CN Rata-Rata DAS Sungai Sosoan Sapa

Jenis Penutup Lahan	Luas (km ²)	Presentase (%)	CN Tiap Lahan	CN
Kebun	0.09917	2.165285261	88	1.905451
Sawah	0.022465	0.490502505	88	0.431642
Ladang	1.28	27.94761656	71	19.84281
Pemukiman	0.127942	2.79349528	83	2.318601
Hutan	3.05042	66.6031004	70	46.62217
Total	4.579997	100		71.12067

Nilai CN rata – rata DAS Sosoan Sapa adalah 71,12067

4.8. 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. Hitung asumsi lag time awal dari DAS Sungai Sosoan Sapa.

$$L = 4,58 \text{ km}^2$$

$$s = \frac{\text{Titik elevasi tertinggi} - \text{Titik elevasi terendah}}{\text{Panjang Sungai}} = \frac{961,07 \text{ m} - 762,61 \text{ m}}{4576 \text{ m}} = 0,043 \text{ m/m}$$

$$\text{CN} = 71,120$$

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
01Jan2020	00:00				0.0	0.3	0.3
02Jan2020	00:00	25.00	24.82	0.18	0.0	0.0	0.1
03Jan2020	00:00	14.00	11.40	2.60	0.1	0.0	0.1
04Jan2020	00:00	22.00	13.42	8.58	0.4	0.0	0.4
05Jan2020	00:00	6.00	2.97	3.03	0.2	0.0	0.2
06Jan2020	00:00	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
07Jan2020	00:00	46.00	16.74	29.26	1.2	0.0	1.2
08Jan2020	00:00	4.00	1.09	2.91	0.4	0.0	0.4
09Jan2020	00:00	2.00	0.53	1.47	0.2	0.0	0.2
10Jan2020	00:00	1.00	0.26	0.74	0.1	0.0	0.1
11Jan2020	00:00	26.00	5.98	20.02	0.8	0.0	0.8
12Jan2020	00:00	19.00	3.57	15.43	0.8	0.0	0.8
13Jan2020	00:00	2.00	0.34	1.66	0.3	0.0	0.3
14Jan2020	00:00	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
15Jan2020	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
16Jan2020	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
17Jan2020	00:00	6.00	1.00	5.00	0.2	0.0	0.2
18Jan2020	00:00	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
19Jan2020	00:00	1.00	0.16	0.84	0.0	0.0	0.0
20Jan2020	00:00	1.00	0.16	0.84	0.0	0.0	0.0
21Jan2020	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
22Jan2020	00:00	27.00	3.92	23.08	0.9	0.0	0.9
23Jan2020	00:00	0.00	0.00	0.00	0.3	0.0	0.3
24Jan2020	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
25Jan2020	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
26Jan2020	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
27Jan2020	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0

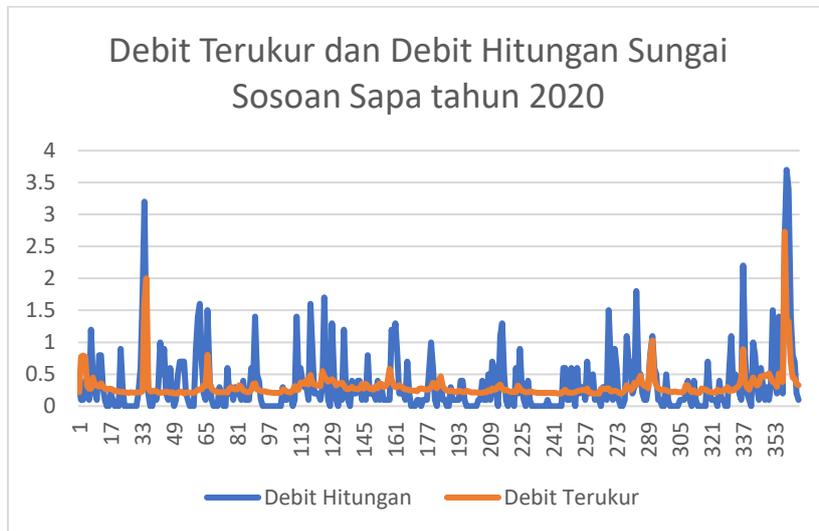
Gambar 4. Hasil Data Debit Hitungan Sungai Sosoan Sapa

4.9. Kalibrasi Model

Kalibrasi merupakan suatu proses dimana nilai hasil perhitungan dibandingkan dengan nilai hasil observasi lapangan. Kalibrasi Parameter HSS SCS perlu dilakukakn untuk mencari nilai parameter HSS SCS teroptimasi dengan membandingkan hasil simulasi HEC-HMS dengan data debit terukur. Setelah mendapatkan hasil debit hitungan dari simulasi HEC-HMS, maka dibandingkan dengan data debit terukur. Kalibrasi dilakukan pada DAS lokasi penelitian dengan data debit terukur di lapangan. Dikarenakan lokasi penelitim di titik kontrol tidak memiliki data debit terukur, maka perlu dilakukan perhitungan dengan metode analisis regional sehingga data debit Sungai Sosoan Sapa di lokasi penelitian dapat diketahui.

Tabel 6. Parameter – Parameter Hasil Kalibrasi

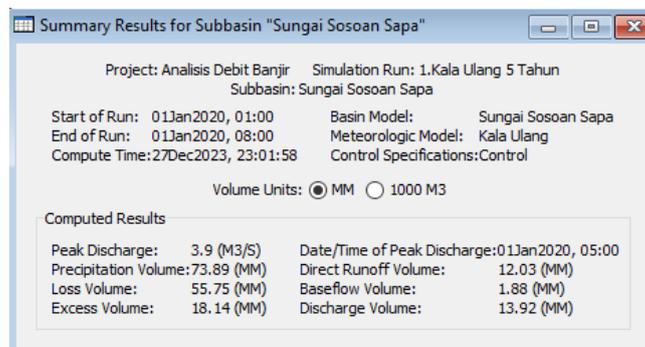
CN	71
Recesion Constant	0,1
Ratio to Peak	0,3
Initial Discharge	0,30
Lag Time	114,638 menit



Gambar 5. Grafik Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur

4.10. Simulasi Debit Banjir dengan Program HEC-HMS

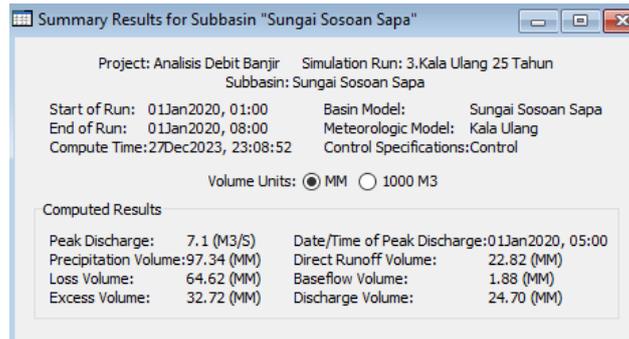
Semua parameter terkalibrasi akan digunakan sebagai parameter pada komponen sub-DAS untuk perhitungan debit banjir. Dengan data hujan rencana jam-jaman yang telah dihitung maka diperoleh hasil simulasi program *computer* HEC-HMS sebagai berikut:



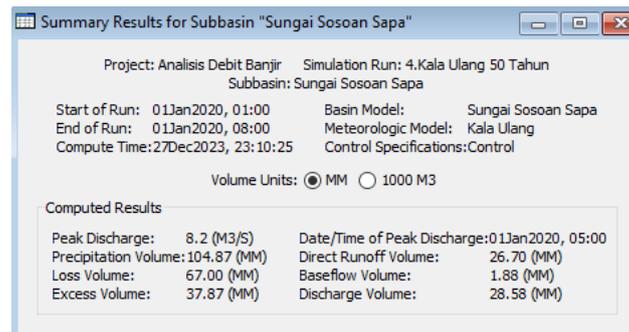
Gambar 6. Summary Result Kala Ulang 5 Tahun



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

4.11. Simulasi tinggi muka air dengan program HEC-RAS

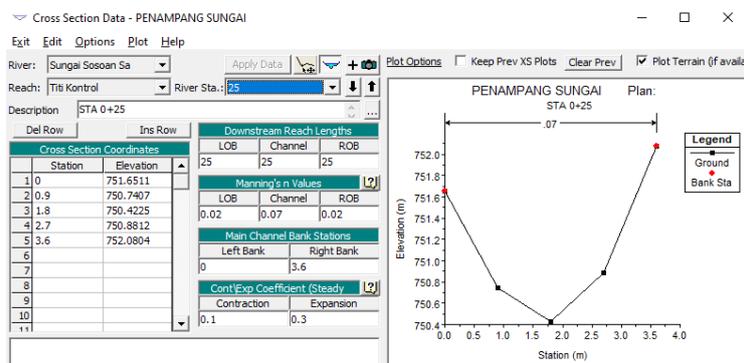
Analisis tinggi muka air menggunakan program komputer HEC-RAS membutuhkan data masukan yaotu penampang saluran, karakteristik saluran untuk nilai koefisien *n Manning*, dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng (*Steady Flow*). Data penampang Sungai Sosoan Sapa di jembatan Sapa Kelurahan Tumatangtang diambil sejauh 200 meter, yaitu 100 meter di bagian hulu jembatan dan 100 meter di bagian hilir jembatan.

5. Kesimpulan

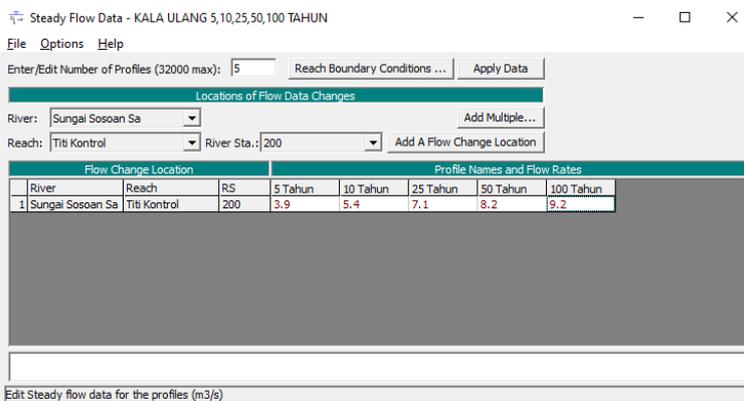
Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5,10, 25, 50, dan 100 tahun berturut-turut adalah 3,9, 5,4, 7,1, 8,2, dan 9,2 m³/det. Hasil simulasi dengan menggunakan program komputer HEC-RAS menunjukkan adanya luapan di STA 0+25 pada kala ulang 50 dan 100 tahun. Luapan terjadi pada STA 0+75 dan STA 0+100 pada kala ulang 10 sampai 100 tahun. Pada STA 0+200 luapan terjadi pada kala ulang 25 sampai 100 tahun dan pada STA 0+175 luapan hanya terjadi pada kala ulang 100 tahun. Luapan juga terjadi pada STA 0+50 dan STA 0+125 pada setiap kala ulang. Hasil simulasi juga menunjukkan tidak terjadi luapan pada STA 0+150 pada setiap kala ulang.

6. Saran

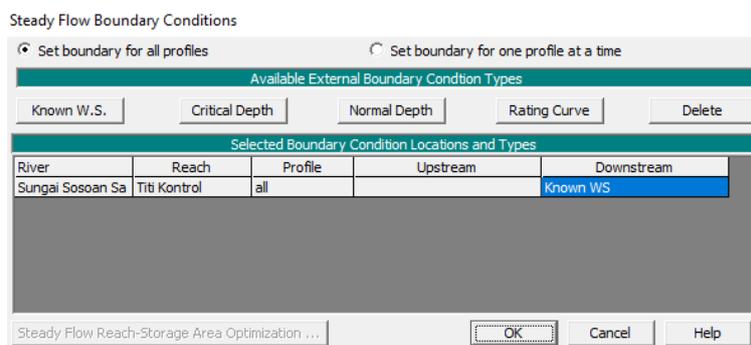
Hal yang disarankan agar memaksimalkan penanganan warga kelurahan Tumatangtang dari bencana banjir adalah memperbaiki dan menambah tinggi tanggul yang sudah ada disepanjang STA 0+25 sampai STA 0+200.



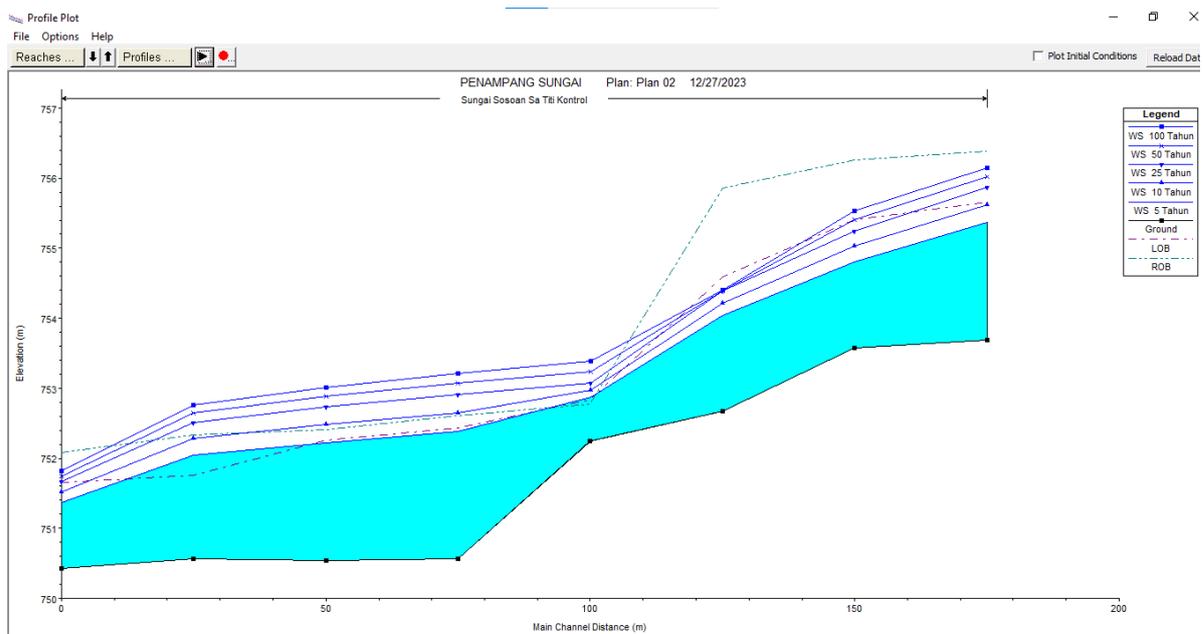
Gambar 11. Data Penampang Melintang Sungai STA 0+25



Gambar 12. Pengisian Data Debit



Gambar 13. Pengisian Reach Boundary Conditions



Gambar 14. Rangkuman Elevasi Tinggi Muka Air Profil Memanjang Sungai Sosoan Sapa di Titik Kontrol

Referensi

- _____. *Data Hujan Harian Pos Hujan Kakaskasen*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado 2023.
- _____. *Data Debit Harian Sungai Nimanga Lelema*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado 2023.
- Hydrologic Engineering Center – *Hydrograph Modeling System Technical Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA. 2000.
- Hydrologic Engineering Center – *River Analyst System 5.0 Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA. 2016.
- Hydrologic Engineering Center – *River Analyst System 5.0 Users Manual*. Hydrologic Engineering Center, USA. 2016.
- Bambang, Triadmodjo. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta 2008.
- Chow, V.T. Maidment, D. R., Mays 1998. *Applied Hydrology*. Singapore: McGraw-Hill.
- Mawikere, N. C., Sumarauw, J. S., & Supit, C. J. (2022). Analisis Tinggi Muka Air Banjir Sungai Bailang Di Lorong Symphony Kelurahan Sumompo Kota Manado. *TEKNO*, 20(82), 787-796. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/tekno/article/view/44176>
- 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.
- Sakudu, D. J., Sumarauw, J. S., & Mananoma, T. (2023). Kajian Pengendalian Banjir Di Sungai Kombi Desa Kombi Kabupaten Minahasa. *TEKNO*, 21(85), 1199-1209.
- Salaki, P. R., Sumarauw, J. S., & Mananoma, T. (2019). ANALISIS DEBIT BANJIR DAN TINGGI MUKA AIR SUNGAI SOSOAN SAPA KELURAHAN TUMATANGTANG KECAMATAN TOMOHON SELATAN KOTA TOMOHON. *JURNAL SIPIL STATIK*, 7(2). <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/22796>
- 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.
- Suadnya, D., Sumarauw, J., & Mananoma, T. (2017). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air. *Jurnal Sipil Statik*, 5(3), 143–150. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/29979>
- 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.
- 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, J. S., Mananoma, T., & Pandey, S. V. (2023). Cross-Sectional Engineering for Lombagin River Flood Management, Bolaang Mongondow Regency. *Tuijin Jishu/Journal of Propulsion Technology*, 44(6), 3244-3263.

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, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Tulandi, Andre Felix. Liany Hendratta. Jeffry 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 (1681-1682), Hal. 1684, ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.