



Analisis Tinggi Muka Air Banjir Anak Sungai Sario Di Titik Jalan Stadion Selatan, Kelurahan Ranotana

Jeremia R. R. Oroh^{#a}, Jeffry S. F. Sumarauw^{#b}, Liany A. Hendratta^{#c}

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

^ajeremiarusanto@gmail.com, ^bjeffrysumarauw@unsrat.ac.id, ^clianyhendratta@unsrat.ac.id

Abstrak

Anak Sungai Sario adalah salah satu anak sungai Sario yang seringkali mengalami pengelupaan dan mengakibatkan terjadinya banjir di Kota Manado terlebih khusus pada beberapa jalan dan kelurahan yang dilewati oleh anak sungai ini. Jalan Stadion Selatan, Kelurahan Ranotana yang merupakan salah satu daerah yang dilewati oleh anak sungai ini terdampak langsung luapan anak sungai Sario yang menyebabkan jalan serta beberapa rumah di kelurahan ini terendam banjir dan mengalami kerusakan. Oleh karena itu untuk mengantisipasi banjir yang kemungkinan terjadi kelak, perlu dilakukan analisis terhadap besarnya debit banjir dan elevasi tinggi muka air anak sungai Sario. Analisis dimulai dengan analisis frekuensi hujan menggunakan metode Log Pearson III. Data hujan yang digunakan yaitu data hujan harian maksimum yang di ambil dari pos MRG Tinoor pada tahun 2008 s/d 2022. Pemodelan hujan aliran dilakukan pada program komputer HEC-HMS menggunakan metode HSS Soil Conservation Service serta baseflow menggunakan metode recession. Dilakukan kalibrasi parameter HSS SCS sebelum melakukan simulasi debit banjir dengan melakukan uji debit puncak. Parameter yang dikalibrasi adalah lag time, curve number, recession constant, initial discharge dan ratio to peak. Setelah itu dilakukan analisis debit banjir dengan parameter yang telah dikalibrasi menggunakan program computer HEC-HMS. Debit puncak hasil simulasi setiap kala ulang dimasukkan ke dalam program computer HEC-RAS untuk simulasi elevasi tinggi muka air dengan menggunakan data penampang yang telah diukur di lapangan. Hasil debit puncak menunjukkan 21,8 m³ /det. Hasil simulasi menunjukkan bawah semua penampang dari sta 0+25 sampai 0+125 tidak dapat menampung debit banjir untuk semua kala ulang rencana.

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

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Anak Sungai Sario adalah anak sungai yang seringkali meluap dan mengakibatkan terjadinya banjir di Kota Manado terlebih khusus pada beberapa kelurahan yang dilewati oleh anak sungai ini. Kelurahan Ranotana lebih tepatnya di Jalan Stadion Selatan yang merupakan salah satu daerah yang dilewati oleh anak sungai ini terdampak langsung luapan anak sungai Sario yang menyebabkan beberapa rumah dan jalan di kelurahan ini terendam banjir dan mengalami kerusakan.

Maka dari itu diperlukan analisis terhadap besarnya debit banjir dan elevasi tinggi muka air di anak sungai tersebut agar dapat mengantisipasi berbagai resiko yang nantinya dapat merugikan masyarakat pada daerah tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Tingginya intensitas hujan menyebabkan meluapnya air dan menggenangi jalan dan pemukiman warga di sekitar daerah aliran sungai (DAS) sehingga diperlukan analisis besarnya

debit banjir dan elevasi tinggi muka air dalam upaya penanganan banjir.

1.3 Batasan Penelitian

- Titik tinjau terletak pada Jalan Stadion Selatan, Kelurahan Ranotana, Kecamatan Sario, Sulawesi Utara, dengan jarak 140 meter masing-masing 70 meter ke arah hulu dan ke arah hilir
- Analisis hidrologi menggunakan data hujan harian maksimum
- Analisis menggunakan program computer HEC-HMS untuk analisis hidrologi dan HEC-RAS untuk analisis hidrolika
- Kala ulang rencana dibatasi pada 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besaran debit banjir dengan berbagai kala ulang dan elevasi tinggi muka air yang berpotensi terjadi pada penampang anak sungai Sario, Jalan Stadion Selatan, Kelurahan Ranotana.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini manfaat yang diharapkan yaitu agar dapat menjadi bahan informasi maupun tinjauan bagi instansi terkait yang berwenang untuk melakukan penanggulangan banjir di anak sungai Sario.

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi Penelitian

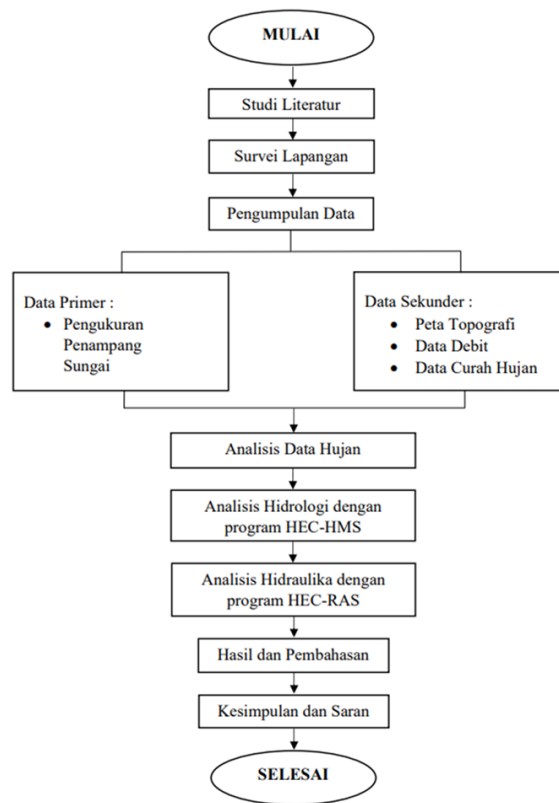
Anak sungai Sario terletak di Kelurahan Ranotana, Kecamatan Sario, Kota Manado, Sulawesi Utara. Titik kontrol penelitian terletak di jalan Stadion Selatan Kelurahan Ranotana. Secara geografis terletak pada $1^{\circ}27'27''$ Lintang Utara $124^{\circ}50'10''$ Bujur Timur.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (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 Oulier

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 $Cs_{1og} \geq 0,4$ maka: uji *outlier* tinggi, koreksi data, uji outlier rendah, koreksi data.
2. Jika $Cs_{1og} \leq -0,4$ maka: uji *outlier* rendah, koreksi data, uji outlier tinggi, koreksi data.
3. Jika $-0,4 < Cs_{1og} < 0,4$ maka: uji *outlier* tinggi dan rendah sekaligus koreksi data.

Rumus yang digunakan:

- $\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{n}$
- $S_{\log} = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \overline{\log x})^2}{N-1}}$
- $Cs_{\log} = \frac{N}{(N-1)(N-2)S_{\log}^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3$
- *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.

$\overline{\log x}$ = 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.

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 sintesis 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:

$$T_1 = \frac{L^{0,8}(2540 - 22,86 \text{ CN})^{0,7}}{14,104 \text{ CN} \times s^{0,5}} \quad \text{Untuk luas DAS} < 16 \text{ km}^2$$

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

$$T_p = \frac{T_r}{2} + T_1$$

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

Menghitung *Time of Concentration* (T_c) :

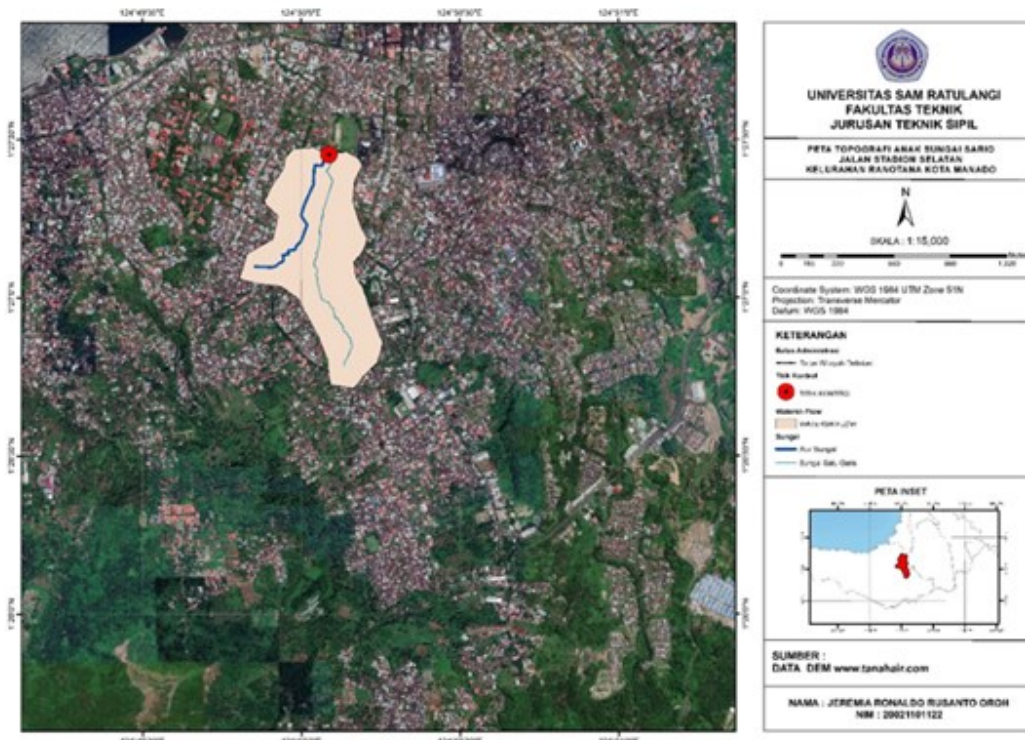
$$T_c = \frac{0,606 (L.n)^2}{s^{0,234}}$$

- 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 anak sungai Sario. Perhitungan DAS dilakukan dengan bantuan program computer arcgis dengan menggunakan data DEMNAS yang bersumber dari Indonesia Geospatial Portal. Sehingga diperoleh luas DAS anak sungai Sario sebesar 6,1 Km².



Gambar 3. DAS Anak Sungai Sario (ArcGIS 10.8, Data DEM www.tanahair.com)

4.2 Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan DAS Sario di titik jalan Stadion Selatan dilakukan dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan periode pencatatan tahun 2008 sampai dengan tahun 2022. Pos hujan yang digunakan yaitu Pos Hujan MRG Tinoor. Berikut merupakan data hujan harian maksimum dari tahun 2008 sampai 2022.

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

No	Tahun	Pos Hujan Tinoor (mm)
1	2008	74,1
2	2009	65,4
3	2010	101,7
4	2011	102,4
5	2012	96,8
6	2013	110,5
7	2014	184
8	2015	108,2
9	2016	90,3
10	2017	156
11	2018	108,1
12	2019	120,3
13	2020	134,8
14	2021	156,4
15	2022	87,9

4.3 Uji Data Outlier

Hasil uji *outlier* data hujan harian maksimum pos hujan MRG Tinoor 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). Penentuan tipe distribusi adalah dengan melihat kecocokan nilai dari parameter statistik Cs, Cv dan Ck dengan syarat untuk tiap tipe distribusi. Penentuan jenis sebaran disajikan dalam tabel 4.5 berikut:

Tabel 2. Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	$C_s = 0$	0,77	Tidak Memenuhi
	$C_k = 3$	3,75	Tidak Memenuhi
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3 C_v = 0,88$	0,77	Tidak Memenuhi
	$C_k = C_v^8 + 6 C_v^6 + 15 C_v^4 + 16 C_v^2 + 3 = 4 = 4,42$	3,75	Tidak Memenuhi
Gumbel	$C_s = 1,14$	0,77	Tidak Memenuhi
	$C_k = 5,40$	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:

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i = \frac{1}{15} \times 30,56$$

$$= 2,04$$

Simpangan Baku:

$$S_{\log} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log x - \log \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,208}{15-1}} = 0,12$$

Koefisien skewness (Kemencengan):

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

$$= \frac{15}{(15-1)(15-2)0,12^3} \times 0,003 = 0,138 \text{ (Kemencengan Positif)}$$

Tabel 3. Hujan Rencana Tiap Kala Ulang

Kala Ulang (TR)	Log X _{TR}	X _{TR}
2 Tahun	2,035	108,304
5 Tahun	2,139	137,747
10 Tahun	2,195	156,808
25 Tahun	2,257	180,547
50 Tahun	2,297	198,031
100 Tahun	2,333	215,471

4.6 Pola distribusi Hujan Jam-jaman

Pola distribusi hujan jam-jaman merupakan pembagian intensitas hujan berdasarkan pola hujan suatu daerah. Dalam penelitian ini digunakan pola hujan Kota Manado dan sekitarnya.

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 Anak Sungai Sario

Jenis Tutup Lahan	Luas (km)	Presentase (%)	CN tiap lahan	CN
tanah yang diolah dan ditanami (konservasi)	0,10	2,13856	88	1,8819336
tanah yang diolah dan ditanami (tanpa konservasi)	0,01	0,28960	78	0,2258855
Pemukiman (65% kedap air)	4,38	97,57184	90	87,814658
Jumlah	4,49	100		89,922477

Nilai CN Rata-rata untuk DAS Anak Sungai Sario adalah 89,922

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 anak sungai Sario,

$$L = 19,312 \text{ km}^2$$

$$s = 0,008$$

$$T_l = \frac{L^{0,8} (2540 - 22,86 \text{ CN})^{0,7}}{14,104 \text{ CN} \times s^{0,5}} = 28,99 \text{ jam} = 1.739,188 \text{ menit}$$

4.9 Kalibrasi Parameter HSS-SCS

Kalibrasi merupakan suatu proses di mana nilai hasil perhitungan dibandingkan dengan

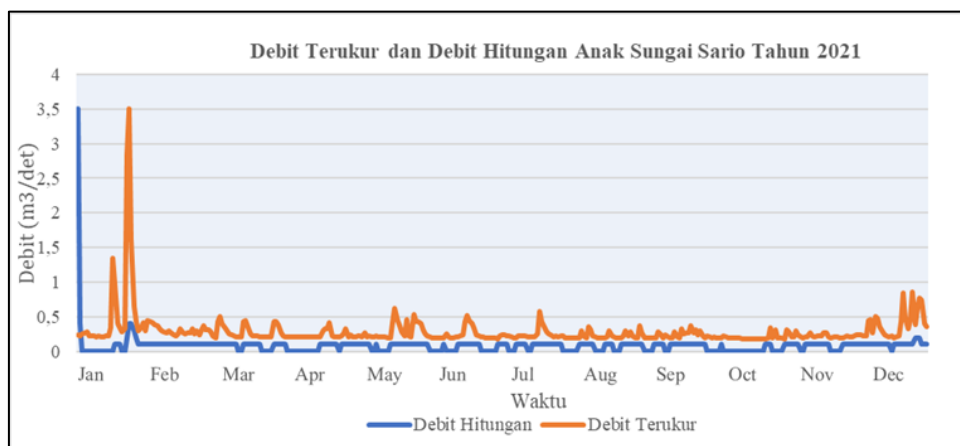
nilai hasil observasi lapangan. Kalibrasi Parameter HSS SCS perlu dilakukan untuk mencari nilai parameter HSS SCS teroptimasi dengan membandingkan hasil simulasi HEC-HMS dengan data debit terukur. Setelah mendapatkan hasil debit hitungan dari simulasi HEC-HMS, maka dibandingkan dengan data debit terukur. Kalibrasi dilakukan pada DAS lokasi penelitian dengan data debit terukur dilapangan. Dikarenakan anak sungai Sario tidak memiliki data debit terukur, maka perlu dilakukan perhitungan dengan metode analisis regional sehingga data debit anak sungai Sario dapat diketahui. Sungai yang digunakan adalah sungai Sario karena Sungai tersebut merupakan sungai utama atau terdekat dari lokasi pengukuran, sehingga debit sungainya dapat dibandingkan dengan perbandingan luas DAS.

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct ... (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
01Jan2021	00:00				0.0	0.3	0.3
02Jan2021	00:00	0.76	0.76	0.00	0.0	0.0	0.0
03Jan2021	00:00	0.87	0.87	0.00	0.0	0.0	0.0
04Jan2021	00:00	0.89	0.89	0.00	0.0	0.0	0.0
05Jan2021	00:00	0.94	0.94	0.00	0.0	0.0	0.0
06Jan2021	00:00	0.73	0.73	0.00	0.0	0.0	0.0
07Jan2021	00:00	0.76	0.76	0.00	0.0	0.0	0.0
08Jan2021	00:00	0.78	0.78	0.00	0.0	0.0	0.0
09Jan2021	00:00	0.71	0.71	0.00	0.0	0.0	0.0
10Jan2021	00:00	0.78	0.75	0.03	0.0	0.0	0.0
11Jan2021	00:00	0.69	0.64	0.05	0.0	0.0	0.0
12Jan2021	00:00	0.69	0.61	0.08	0.0	0.0	0.0
13Jan2021	00:00	0.73	0.62	0.11	0.0	0.0	0.0
14Jan2021	00:00	0.76	0.61	0.14	0.0	0.0	0.0
15Jan2021	00:00	1.15	0.89	0.26	0.0	0.0	0.0
16Jan2021	00:00	4.59	3.04	1.55	0.0	0.0	0.0
17Jan2021	00:00	3.30	1.80	1.51	0.1	0.0	0.1
18Jan2021	00:00	1.36	0.66	0.69	0.1	0.0	0.1
19Jan2021	00:00	1.15	0.53	0.62	0.1	0.0	0.1
20Jan2021	00:00	0.97	0.43	0.54	0.0	0.0	0.0
21Jan2021	00:00	1.12	0.48	0.65	0.0	0.0	0.0
22Jan2021	00:00	9.65	3.33	6.32	0.2	0.0	0.2
23Jan2021	00:00	11.89	2.85	9.04	0.4	0.0	0.4
24Jan2021	00:00	5.47	1.01	4.46	0.4	0.0	0.4
25Jan2021	00:00	2.22	0.37	1.85	0.3	0.0	0.3
26Jan2021	00:00	1.45	0.23	1.22	0.2	0.0	0.2
27Jan2021	00:00	1.02	0.16	0.86	0.1	0.0	0.1
28Jan2021	00:00	1.15	0.17	0.98	0.1	0.0	0.1

Gambar 4. Hasil Data Debit Hitungan Anak Sungai Sario

<i>CN</i>	89
<i>Recession Constant</i>	0,1
<i>Ratio to Peak</i>	0,3
<i>Initial discharge</i>	3,5 m ³ /s
<i>Lag Time</i>	1.739,188

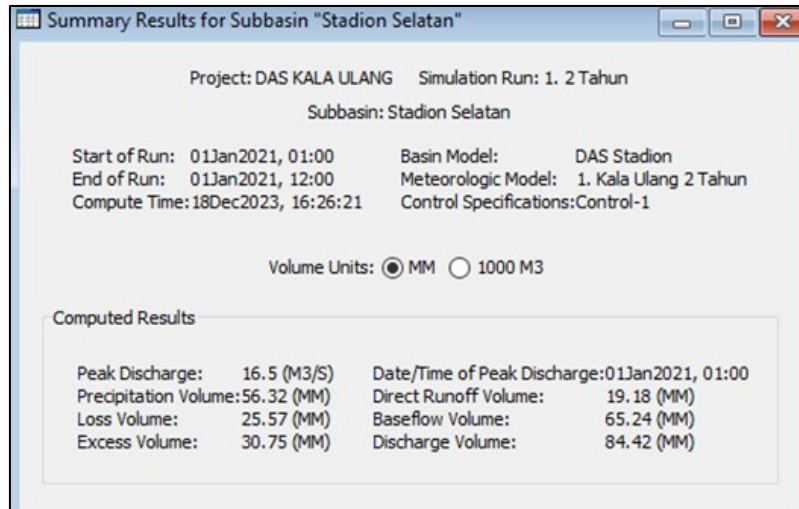
Gambar 5. Parameter-Parameter Hasil Kalibrasi



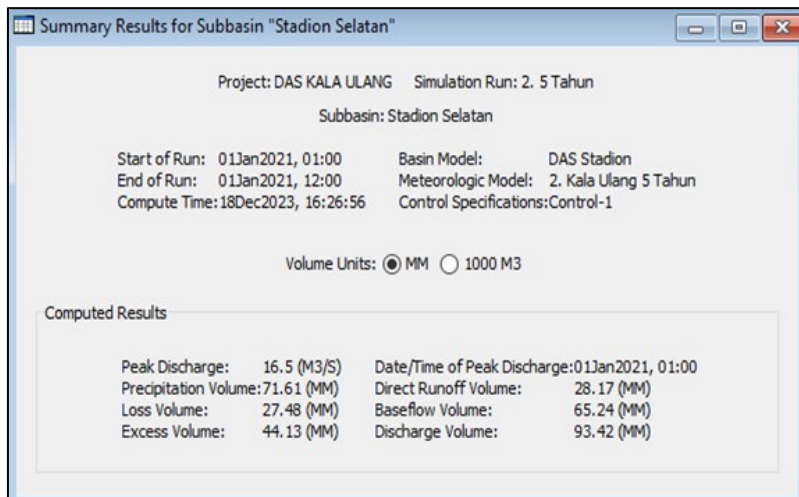
Gambar 6. Grafik Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur

4.10 Simulasi debit banjir dengan program HEC-HMS

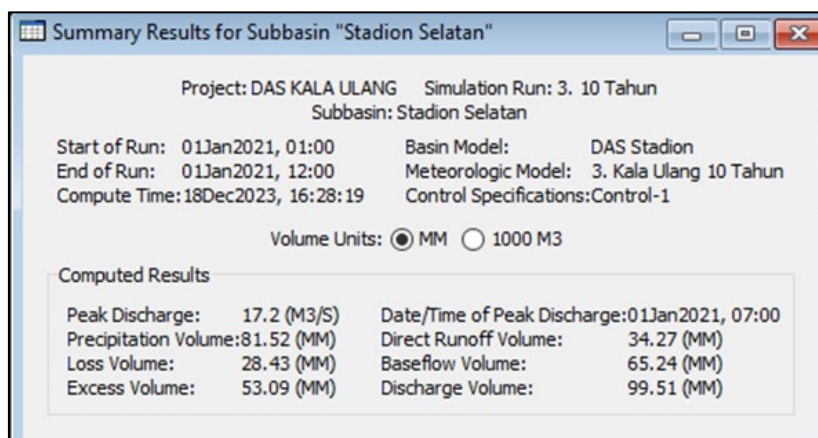
Semua parameter terkalibrasi akan digunakan sebagai parameter pada komponen sub-DAS untuk perhitungan debit banjir. Dengan data hujan rencana jam-jaman yang telah dihitung maka diperoleh hasil simulasi program *computer* HEC-HMS sebagai berikut:



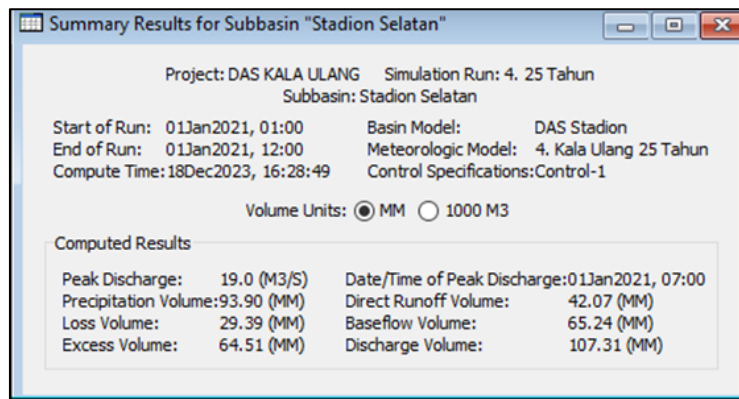
Gambar 7. Summary Result Kala Ulang 2 Tahun



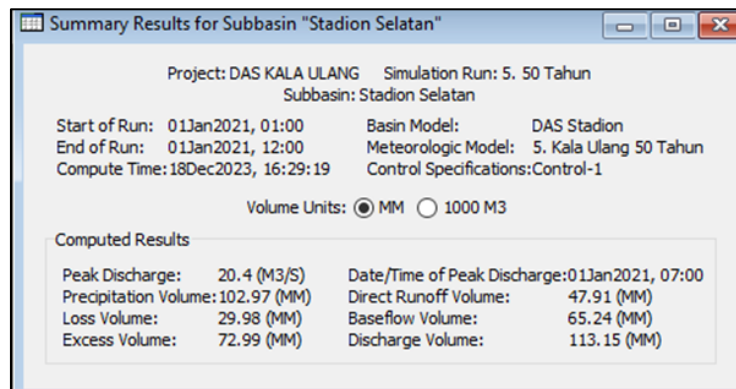
Gambar 8. Summary Result Kala Ulang 5 Tahun



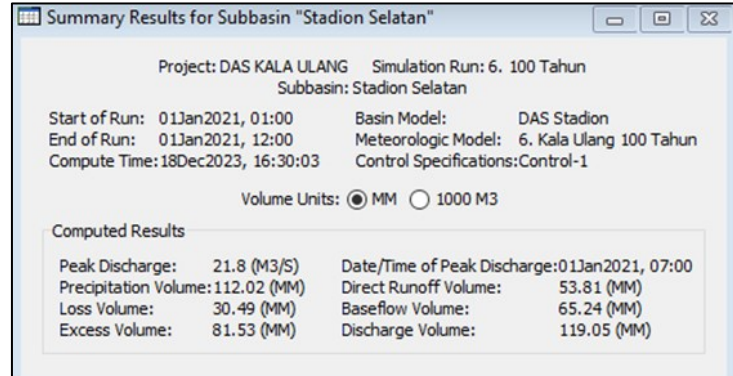
Gambar 9. Summary Result Kala Ulang 10 Tahun



Gambar 10. Summary Result Kala Ulang 25 Tahun



Gambar 11. Summary Result Kala Ulang 50 Tahun



Gambar 12. Summary Result Kala Ulang 100 Tahun

4.11 Simulasi debit banjir dengan program HEC-HMS

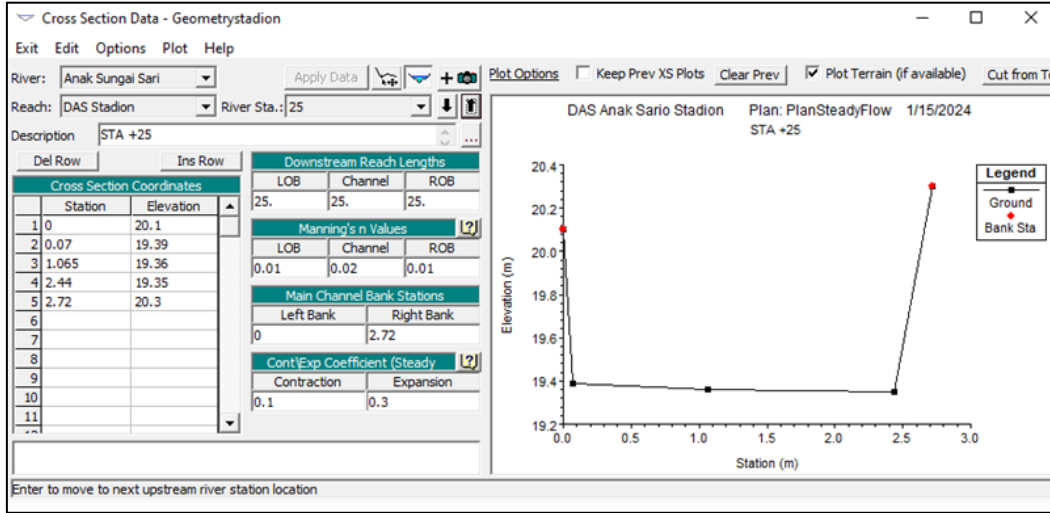
Analisis tinggi muka air menggunakan program komputer HEC-RAS membutuhkan data masukan yaitu penampang saluran, karakteristik saluran untuk nilai koefisien n Manning, dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng (*Steady Flow*).

5. Kesimpulan

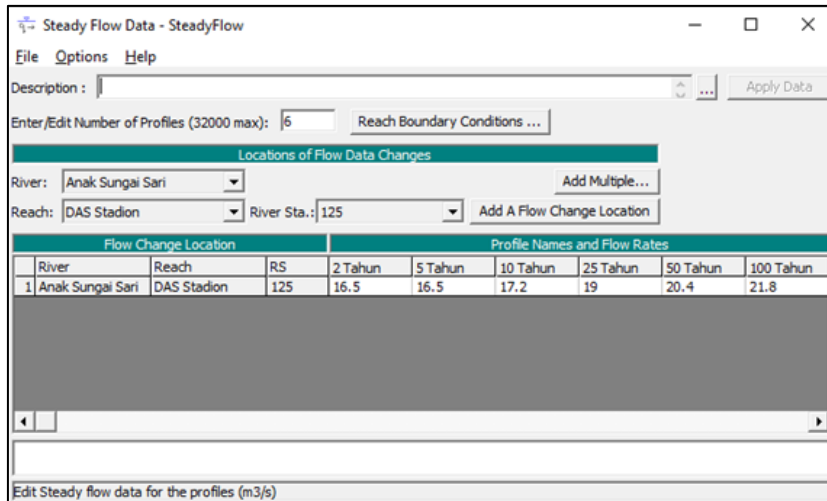
Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 2 tahun (Q_2) = 16,5 m³/det, 5 tahun (Q_5) = 16,5 m³/det, kala ulang 10 tahun (Q_{10}) = 17,2 m³/det, kala ulang 25 tahun (Q_{25}) = 19,0 m³/det, kala ulang 50 tahun (Q_{50}) = 20,4 m³/det, dan kala ulang 100 tahun (Q_{100}) = 21,8 m³/det. Hasil simulasi program HEC-RAS menunjukkan adanya luapan air yang terjadi pada STA 0+25 sampai STA 0+125 pada debit banjir kala ulang 2 tahun (Q_2) sampai 100 tahun (Q_{100}).

6. Saran

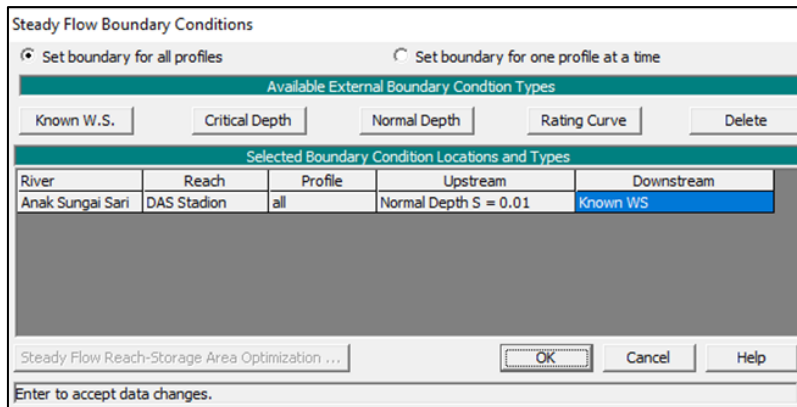
Setelah dilakukan analisis terhadap tinggi muka air banjir anak sungai Sario di titik Jalan Stadion Selatan, Kelurahan Ranotana, maka disarankan untuk di lakukan perbaikan pada talud yang sudah ada di antara STA +25 hingga STA +125 dalam memaksimalkan penanganan banjir di titik Jalan Stadion Selatan, Kelurahan Ranotana.



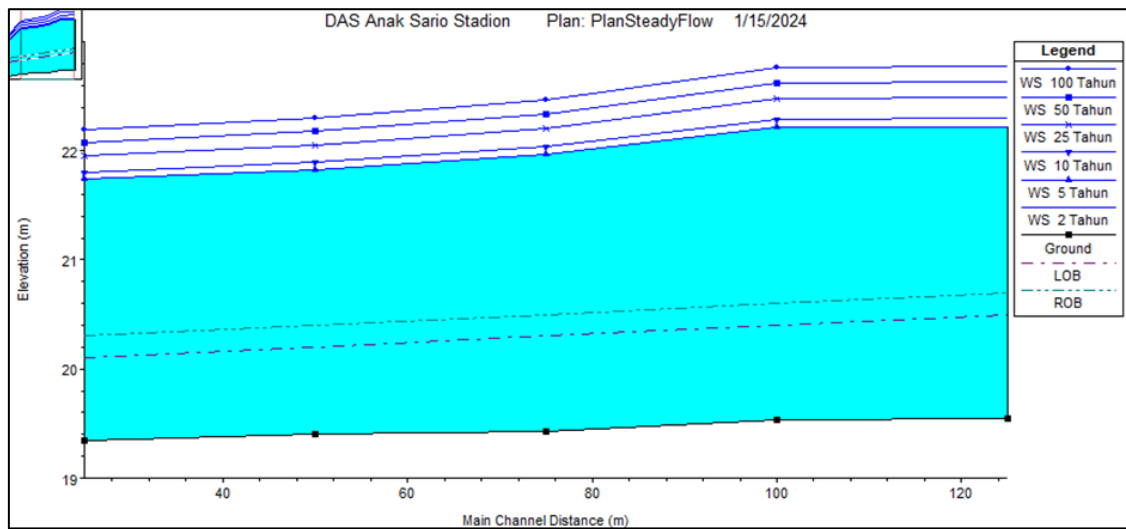
Gambar 13. Data Penampang Sungai STA 0+25m



Gambar 14. Pengisian Data Debit



Gambar 15. Pengisian Reach Boundary Conditions



Gambar 16. Rangkuman Elevasi Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Anak Sungai Sario

Referensi

- _____.2000. *HEC-HMS Technical Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineer, USA
- _____.2016. *HEC-RAS 5.0 Reference Manual*. Hidrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- _____.*Data Debit Harian Sungai Sario*. (2021). Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- _____.*Data Hujan Harian Pos Tinoor*, Tomohon. (2023). Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- Bambang, Triatmodjo. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta.
- Chow, V.T., Maidment, D.R., Mays, 1988. *Applied Hydrology*. Singapore: McGraw-Hill.
- Detikmanado, Redaktur (2019). Diguyur Hujan, Jalan Stadion Klabat Terendam Air. <https://detikmanado.com/diguyur-hujan-jalan-stadion-klabat-terendam-air/> [Di akses pada 21 Agustus 2023]
- Kamase, M., Hendratta, L. A., & Sumarauw, J. S. (2017). *Analisis Debit dan Tinggi Muka Air Sungai Tondano di Jembatan Desa Kuwil Kecamatan Kalawat*. *Jurnal Sipil Statik*, 5(4).
- 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: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- 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, H. P., Sumarauw, J. S., & Wuisan, E. M. (2016). *Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman Di Kota Manado dan Sekitarnya*. *JURNAL SIPIL STATIK*, 4(3).
- Seyhan, Ersin. 1990. *Dasar-dasar Hidrologi*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- 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.
- Sumarauw, Jeffry. 2013. *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.
- Talumepa, Marcio Yosua., Lambertus Tanudjaja, Jeffry S. F. Sumarauw. 2018. *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.
- Tampi, A. C., Sumarauw, J. S., & Supit, C. J. (2023). *Analisis Tinggi Muka Air Banjir Sungai Paniki Di Desa Borgo, Tanawangko Kabupaten Minahasa*. *TEKNO*, 21(85), 1219-1232.