



Analisis Kapasitas Penampang Terhadap Debit Banjir Anak Sungai Tikala Di Kompleks Jalan Manguni 17, Kelurahan Perkamil

Shawn D. Kairupan^{#a}, Jeffry S. F. Sumarauw^{#b}, Liany A. Hendratta^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^ashawndbkairupan@gmail.com, ^bjeffrysumarauw@unsrat.ac.id, ^clianyhendratta@unsrat.ac.id

Abstrak

Sungai Tikala merupakan salah satu anak sungai Tikala yang sering menguap dan menyebabkan banjir di Kota Manado, terutama di beberapa ruas jalan dan kecamatan yang dilalui anak sungai tersebut. Jalan Manguni 17 Kecamatan Perkamil yang menjadi salah satu kawasan yang dilalui anak sungai ini terkena dampak langsung dari meluapnya anak sungai Tikala yang menyebabkan jalan dan beberapa rumah di kecamatan ini terendam banjir dan rusak. Oleh karena itu, untuk mengantisipasi banjir yang mungkin terjadi di kemudian hari, perlu dilakukan analisis besaran debit banjir dan tinggi muka air Sungai Tikala. Analisis diawali dengan mencari frekuensi hujan dengan menggunakan metode Log Pearson III. Data hujan yang digunakan merupakan data hujan harian maksimum yang diambil dari Pos Hujan Sawangan. Data curah hujan yang digunakan merupakan data curah hujan harian maksimum pada tahun 2008 sampai dengan tahun 2022. Setelah diperoleh besaran hujan maka pemodelan aliran curah hujan pada program komputer HEC-HMS menggunakan metode HSS Soil Conservation Services, dan untuk kehilangan air menggunakan SCS Curve Number (CN). Untuk aliran dasar digunakan metode resesi. Kalibrasi parameter HSS SCS dilakukan sebelum melakukan simulasi debit banjir. Pada kalibrasi ini, parameter yang dikalibrasi adalah lag time, angka kurva, konstanta resesi, baseflow dan rasio terhadap puncak. Analisis debit banjir dilakukan dengan parameter terkalibrasi menggunakan program HEC-HMS. Debit puncak hasil simulasi pada setiap periode ulang dimasukkan ke dalam program HEC-RAS untuk mensimulasikan elevasi muka air pada penampang yang diukur. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penampang STA 0+25 mampu menampung banjir pada kala ulang 2 tahun sampai 5 tahun dan pada kala ulang 10 tahun sampai 100 tahun tidak mampu menampung banjir. Pada STA 0+50 hingga STA 0+150 tidak mampu menampung debit banjir untuk seluruh periode ulang yang direncanakan.

Kata kunci: anak Sungai Tikala, debit banjir, elevasi tinggi muka air

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Anak Sungai Tikala adalah anak sungai dari Sungai Tikala yang seringkali meluapkan mengakibatkan terjadinya banjir di Kota Manado terlebih khusus pada beberapa kelurahan yang dilewati oleh anak sungai ini. Kelurahan Perkamil lebih tepatnya pada Jalan Manguni 17 yang merupakan salah satu daerah yang dilewati oleh anak sungai ini terdampak langsung luapan Anak Sungai Tikala 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 Manguni 17, Kelurahan Perkamil, Kecamatan Paal Dua, Sulawesi Utara, dengan jarak 150 meter ke arah hulu
- 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 Tikala, Jalan Mangunii 17, Kelurahan Perkamil.

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 Tikala.

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi Penelitian

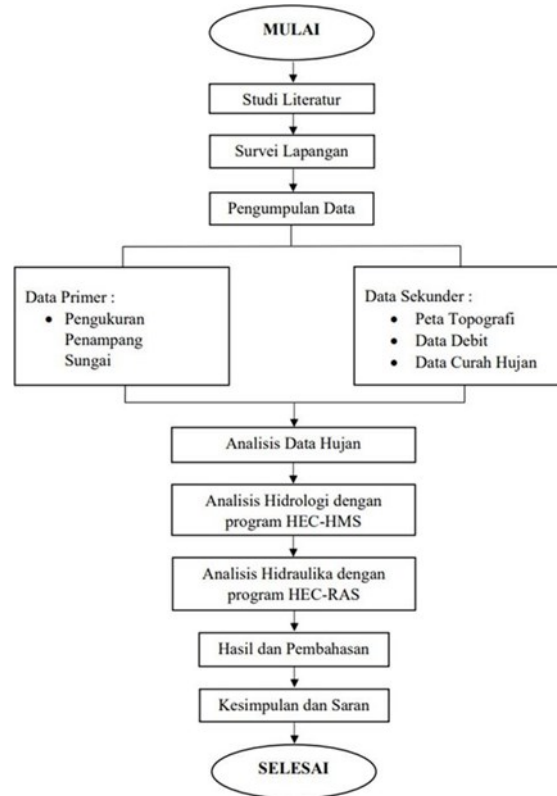
Anak Sungai Tikala terletak di Kelurahan Perkamil, Kecamatan Paal Dua, Kota Manado, Sulawesi Utara. Titik kontrol penelitian terletak di Jalan Manguni 17 Kelurahan Perkamil. Secara geografis terletak pada 1°28'12" Lintang Utara 124°52'30" Bujur Timur



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 $Cs_{log} \geq 0,4$ 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.

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:

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

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

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:

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

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

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

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

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).

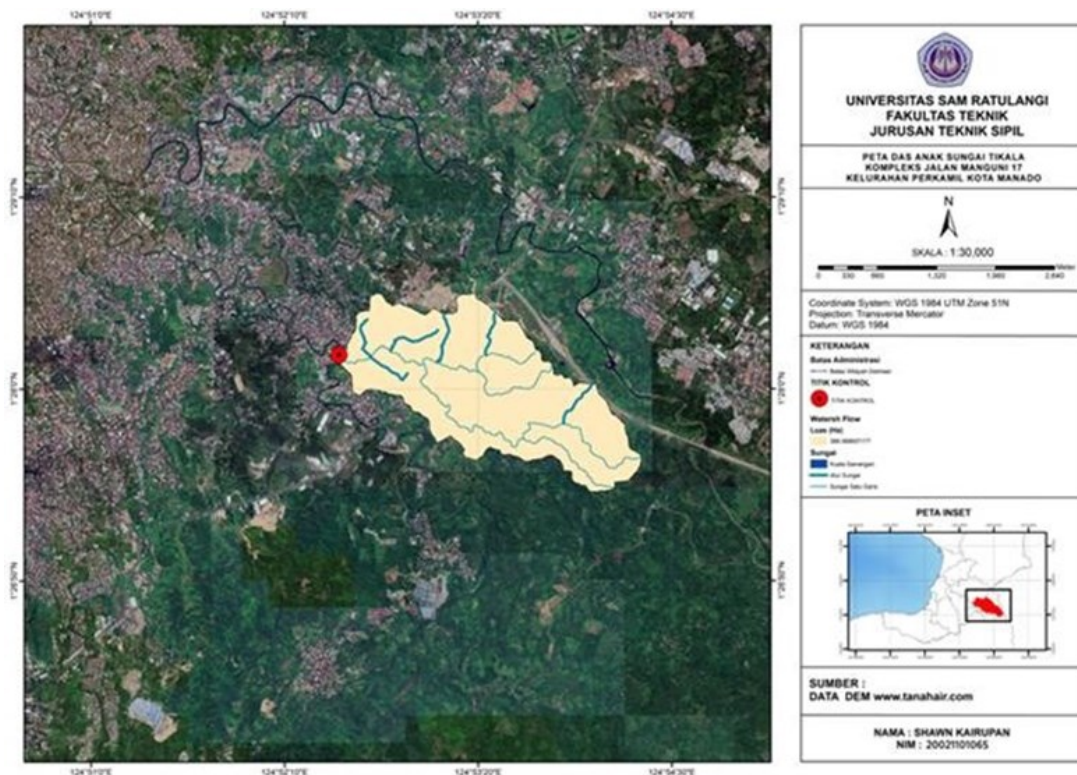
S = Kemiringan lahan antara elevasi maksimum dan minimum

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 Tikala. Perhitungan DAS dilakukan dengan bantuan program computer arcgis dengan menggunakan data DEMNAS yang bersumber dari Indonesia Geospatial Portal. Sehingga diperoleh luas DAS anak sungai Tikala sebesar 9,18 Km².



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

4.2 Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan DAS Tikala di titik jalan Manguni 17 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 Tikala-Sawangan. Berikut merupakan data hujan harian maksimum dari tahun 2008 sampai 2022.

Tabel 1. Data Curah Hujan Harian Maksimum

No	Tahun	Pos Hujan Tikala-Sawangan (mm)
1	2008	130.8
2	2009	100.3
3	2010	123
4	2011	120.3
5	2012	110
6	2013	180.4
7	2014	170.7
8	2015	90
9	2016	90.7
10	2017	180
11	2018	76
12	2019	130
13	2020	121
14	2021	175
15	2022	165

(Sumber: Balai Wilayah Sungai Sulawesi I; 2023)

4.3 Uji Data Outlier

Hasil uji outlier data hujan harian maksimum pos hujan Tikala-Sawangan 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 2.

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:

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i = \frac{1}{15} \times 31,52$$

$$= 2,1$$

Tabel 3. Hujan Rencana Tiap Kala Ulang

Kala Ulang (TR)	Log X_{TR}	X_{TR}
2 Tahun	2.105	127.417
5 Tahun	2.205	160.201
10 Tahun	2.254	179.623
25 Tahun	2.305	201.975
50 Tahun	2.337	217.458
100 Tahun	2.366	232.055

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

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

(Sumber: Salem Haniedo Pratama, 2016)

4.7 Perhitungan Nilai SCS Curve Number

Tabel 5. Perhitungan Nilai CN Rata-Rata DAS Anak Sungai Tikala

Jenis Tutup Lahan	Luas (km)	Presentase (%)	CN tiap lahan	CN
tanah yang diolah dan ditanami (konservasi)	0.15	2.43902	88	2.1463415
tanah yang diolah dan ditanami (tanpa konservasi)	0.30	4.87805	78	3.804878
Pemukiman (65% kedap air)	5.70	92.68293	90	83.414634
Jumlah	6.15	100		89.365854

Nilai CN Rata-rata untuk DAS Anak Sungai Tikala adalah 89,365

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 Tikala, $L = 3,86 \text{ km}^2$
 $S = 0,023$

$$T_l = \frac{3,86^{0,8} (2540 - 22,86 \times 89,365)^{0,7}}{2540} = 4,64 \text{ Jam}$$

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 di lapangan. Dikarenakan anak sungai Tikala tidak memiliki data debit terukur, maka perlu dilakukan perhitungan dengan metode analisis regional sehingga data debit anak sungai Tikala dapat diketahui. Sungai yang digunakan adalah sungai Tikala karena Sungai tersebut merupakan sungai utama atau terdekat dari lokasi pengukuran, sehingga debit sungainya dapat dibandingkan dengan perbandingan luas DAS.

Time-Series Results for Subbasin "Jln. Manguni 17"

Project: Shawn Kairupan Simulation Run: DEBIT HITUNGAN
Subbasin: Jln. Manguni 17

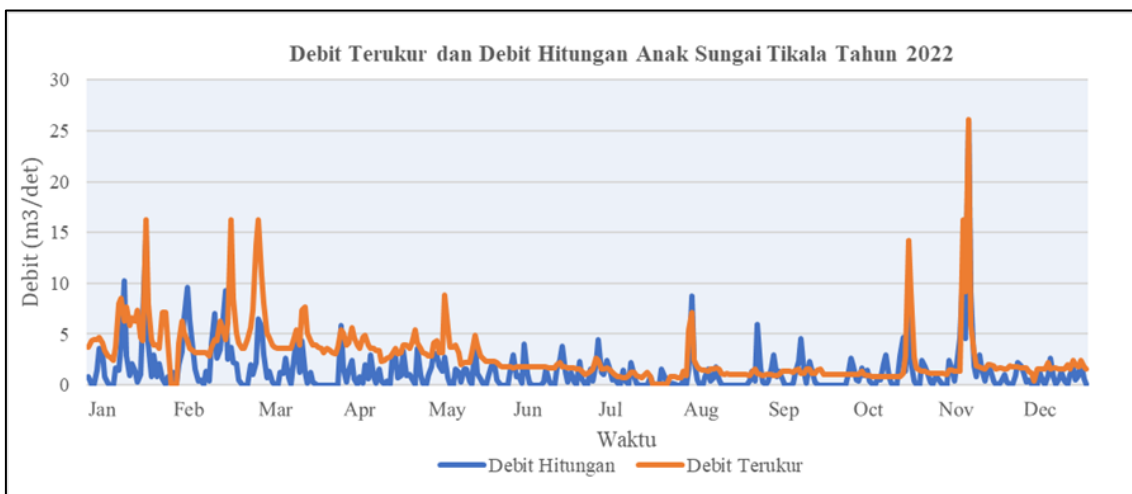
Start of Run: 01Jan2022, 00:00 Basin Model: DAS Anak Sungai Tikala
End of Run: 31Dec2022, 00:00 Meteorologic Model: Meteorologic Model
Compute Time: 27Feb2024, 14:08:32 Control Specifications: Control 1

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
01Jan2022	00:00				0.0	0.8	0.8
02Jan2022	00:00	5.00	5.00	0.00	0.0	0.1	0.1
03Jan2022	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
04Jan2022	00:00	70.00	52.52	17.48	1.4	0.0	1.4
05Jan2022	00:00	60.00	19.75	40.25	3.6	0.0	3.6
06Jan2022	00:00	35.00	7.26	27.74	3.2	0.0	3.2
07Jan2022	00:00	0.00	0.00	0.00	0.8	0.0	0.8
08Jan2022	00:00	0.00	0.00	0.00	0.2	0.0	0.2
09Jan2022	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
10Jan2022	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
11Jan2022	00:00	25.00	4.09	20.91	1.7	0.0	1.7
12Jan2022	00:00	15.00	2.12	12.88	1.5	0.0	1.5
13Jan2022	00:00	50.00	5.75	44.25	3.9	0.0	3.9
14Jan2022	00:00	125.00	9.04	115.96	10.2	0.0	10.2
15Jan2022	00:00	0.00	0.00	0.00	2.8	0.0	2.8
16Jan2022	00:00	5.00	0.26	4.74	0.9	0.0	0.9
17Jan2022	00:00	25.00	1.24	23.76	2.1	0.0	2.1
18Jan2022	00:00	10.00	0.46	9.54	1.3	0.0	1.3
19Jan2022	00:00	0.00	0.00	0.00	0.3	0.0	0.3
20Jan2022	00:00	13.00	0.57	12.43	1.0	0.0	1.0
21Jan2022	00:00	85.00	3.14	81.86	6.7	0.0	6.7
22Jan2022	00:00	165.00	4.13	160.87	14.6	0.0	14.6
23Jan2022	00:00	0.00	0.00	0.00	3.9	0.0	4.0
24Jan2022	00:00	0.00	0.00	0.00	0.8	0.0	0.8
25Jan2022	00:00	35.00	0.66	34.34	2.9	0.0	2.9
26Jan2022	00:00	0.00	0.00	0.00	0.8	0.0	0.8
27Jan2022	00:00	25.00	0.44	24.56	2.1	0.0	2.1

Gambar 4. Hasil Data Debit Hitungan Anak Sungai Tikala

CN	70
Recession Constant	0,1
Ratio to Peak	0,3
Initial discharge	0,77 m ³ /s
Lag Time	120

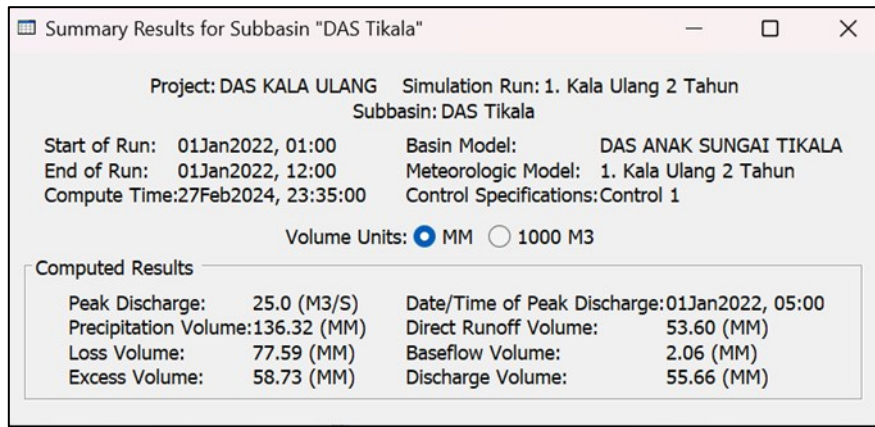
Gambar 5. Parameter-Parameter Hasil Kalibrasi



Gambar 6. Grafik Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur

4.10 Simulasi Debit Banjir Dengan Program HEC-HMS

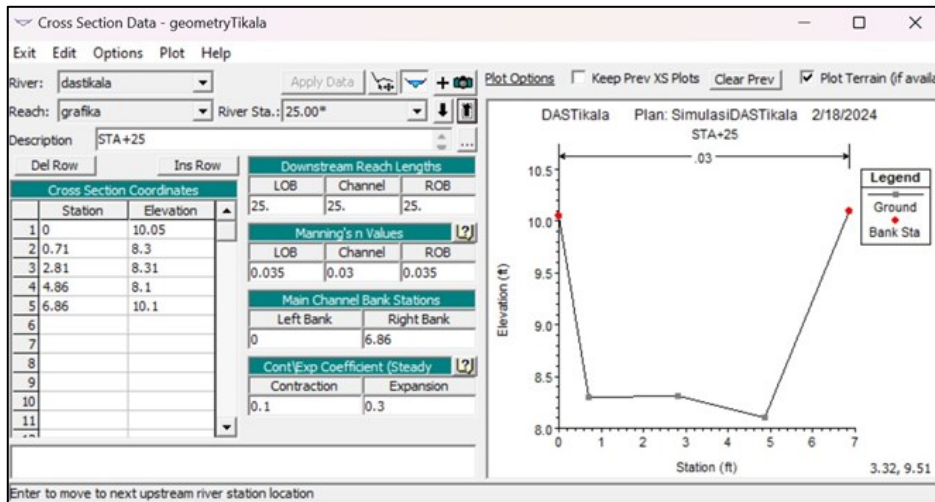
Semua parameter terkalibrasi akan digunakan sebagai parameter pada komponen sub-DAS untuk perhitungan debit banjir. Dengan data hujan rencana jam-jaman yang telah dihitung maka diperoleh hasil simulasi program *computer* HEC-HMS sebagai berikut:



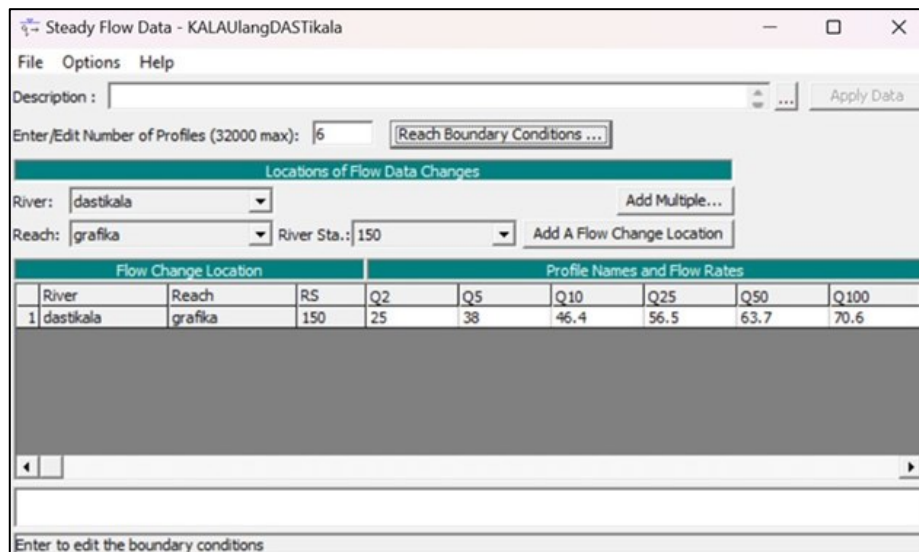
Gambar 7. Summary Result Kala Ulang 2 Tahun

4.11 Analisis Tinggi Muka Air

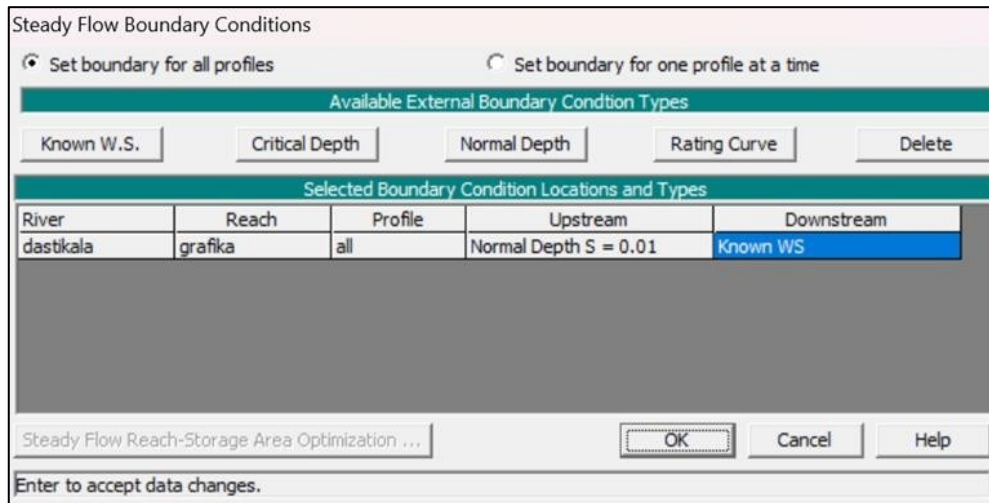
Analisis tinggi muka air menggunakan program komputer HEC-RAS membutuhkan data masukan yaitu potongan melintang saluran, karakteristik saluran untuk koefisien n Manning, dan datadebit banjir untuk perhitungan aliran langgeng.



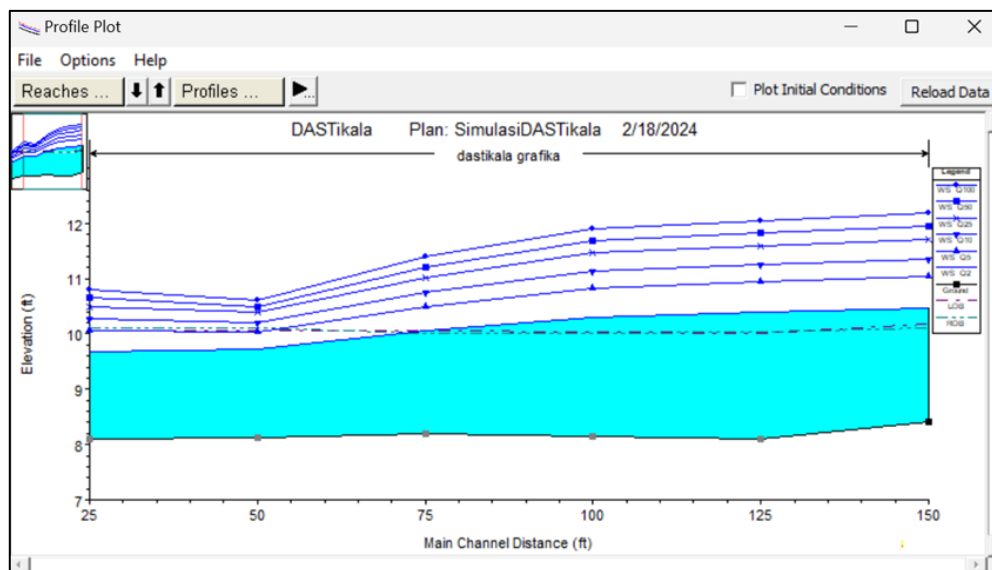
Gambar 8. Data Penampang Sungai STA 0+025



Gambar 9. Pengisian Data Debit



Gambar 10. Pengisian Reach Boundary Conditions



Gambar 11. Rangkuman Elevasi Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Anak Sungai Tikala

5. Kesimpulan

Debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 2 tahun = $25,0 \text{ m}^3/\text{det}$, 5 tahun = $38,0 \text{ m}^3/\text{det}$, kala ulang 10 tahun = $46,4 \text{ m}^3/\text{det}$, kala ulang 25 tahun = $56,5 \text{ m}^3/\text{det}$, kala ulang 50 tahun = $63,7 \text{ m}^3/\text{det}$, dan kala ulang 100 tahun = $70,6 \text{ m}^3/\text{det}$.

Hasil simulasi program HEC-RAS menunjukkan pada STA 0+25 kala ulang 2 tahun dan kala ulang 5 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+150 terjadi luapan air untuk semua kala ulang.

6. Saran

Setelah dilakukan penelitian mengenai tinggi muka air banjir Anak Sungai Tikala di titik Jalan Manguni 17, Kelurahan Perkamil. Maka disarankan untuk menambah tinggi talud di antara STA +25 hingga STA +150 agar dapat menampung banjir di titik Jalan Manguni 17.

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

ofEngineers, USA.

- _____. *Data Debit Harian Sungai Tikala*. (2022). Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- _____. *Data Hujan Harian Pos Sawangan*, (2023). Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- Bambang, Triatmodjo. 2008. *Hidrologi Terapan*. Betta Offset, Yogyakarta.
- Chow, V.T., Maidment, D.R., Mays, 1988. *Applied Hydrology*. Singapore: McGraw-Hill.
- Hanson, T. L., & Johnson, H. P. (1964). Unit hydrograph methods compared. *Transactions of the ASAE*, 7(4), 448-0451.
- Isabella, E.G. Palit, Jeffry S. F. Sumarauw, Hanny Tangkudung. 2019. Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Tikala Di Titik Jembatan Gantung Kelurahan Tikala Ares Kecamatan Tikala. *TEKNO* Vol.20 No.82 Desember 2022 ISSN: 0215-9617, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- 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.
- 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.