



Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Anak Sungai Tikala Di Titik Jembatan Jalan Siswa Kelurahan Taas Kecamatan Tikala Kota Manado

Dylan G. D. Kastilong^{#a}, Cindy J. Supit^{#b}, Liany A. Hendratta^{#c}

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

^adylankastilong021@student.unsrat.ac.id, ^bcindyjeanesupit@unsrat.ac.id, ^clianyhendratta@unsrat.ac.id

Abstrak

Anak Sungai Tikala adalah salah satu anak sungai dari Sungai Tikala yang seringkali mengalami pengeluaran dan mengakibatkan terjadinya banjir di Kota Manado terlebih khusus pada beberapa jalan dan kelurahan yang dilewati oleh anak sungai ini. Jalan Siswa, Kelurahan Taas yang merupakan salah satu daerah yang dilewati oleh anak sungai ini terdampak langsung luapan Anak Sungai Tikala 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 Tikala. Analisis dimulai dengan mencari frekuensi hujan menggunakan metode Log Pearson III. Data Hujan yang digunakan yaitu data hujan harian maksimum yang diambil dari pos Hujan Tikala - Sawangan. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum tahun 2015 s/d 2024. Setelah didapat besar 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 sebelum melakukan simulasi debit banjir. Dalam kalibrasi ini, parameter yang dikalibrasi adalah lag time, curve number, recession constant, baseflow dan ratio to peak. Dilakukan analisis debit banjir dengan parameter terkalibrasi menggunakan program HEC-HMS. Debit puncak hasil simulasi setiap kala ulang dimasukkan dalam program HEC-RAS untuk simulasi elevasi tinggi muka air pada penampang yang telah diukur. Hasil simulasi menunjukkan semua penampang melintang dari STA 0+25 sampai STA 0+200 tidak mampu menampung debit banjir untuk semua kala ulang rencana.

Kata kunci: Anak Sungai Tikala, debit banjir, elevasi tinggi muka air, HEC-HMS, HEC-RAS

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Anak Sungai Tikala adalah salah satu anak sungai yang berada di antara jembatan Jalan Siswa Kelurahan Taas, Kecamatan Tikala yang seringkali meluap dan mengakibatkan banjir apabila terjadi hujan dengan volume yang cukup besar dan kurun waktu yang cukup Panjang, Kelurahan Taas yang merupakan salah satu daerah yang dilewati oleh Anak Sungai ini, terdampak langsung luapan anak sungai yang menyebabkan jalan serta beberapa rumah di Kompleks Jalan Siswa Kelurahan Taas ini terendam banjir dan mengalami kerusakan pada Januari 2023.

Berdasarkan kejadian tersebut, maka diperlukan analisis terhadap besarnya debit banjir dan tinggi muka air di Anak Sungai Tikala, agar dapat mengantisipasi berbagai risiko yang nantinya dapat merugikan masyarakat di daerah tersebut. Dengan dilakukannya pengendalian banjir di Anak Sungai Tikala, maka dari hasil penelitian ini dapat menjadi acuan dilakukannya penanggulangan banjir di Anak Sungai Tikala.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, tingginya intensitas hujan menyebabkan meluapnya air dan menggenangi jalan dan pemukiman warga di sekitar daerah aliran anak sungai sehingga diperlukan analisis besarnya debit banjir dan elevasi tinggi muka air dalam upaya penanganan banjir.

1.3. Batasan Penelitian

1. Titik tinjauan terletak di Anak Sungai Tikala tepatnya di jembatan Jalan Siswa di titik koordinat $1^{\circ}28'20''\text{LU}$ $124^{\circ}51'42''\text{BT}$ Kelurahan Taas, kecamatan Tikala dengan jarak 100 meter kearah hulu dan 100 meter kearah hilir.
2. Kala ulang dibatasi pada 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun.
3. Data Hujan yang digunakan adalah data hujan harian maksimum.
4. Analisis dihitung dengan menggunakan bantuan program computer yaitu Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) untuk menganalisis hidrologi dan Hydrologic Engineering Center – River Analysis System (HEC-RAS) untuk analisis hidraulika.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besaran debit banjir dan elevasi tinggi muka air yang berpotensi terjadi banjir pada penampang Anak Sungai Tikala tepatnya di titik Jembatan Jalan Siswa Kelurahan Taas, Kecamatan Tikala, Kota manado.

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan agar bermanfaat untuk menjadi bahan informasi kepada pihak yang membutuhkan dalam penanggulangan banjir dan referensi untuk penelitian di Anak Sungai Tikala.

1.6. Lokasi Penelitian

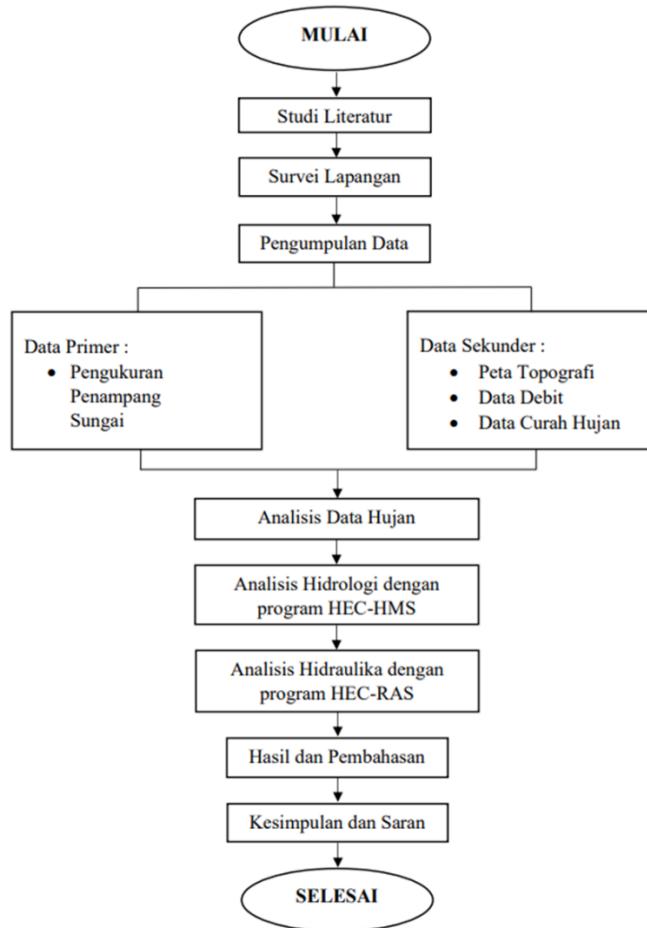
Anak Sungai Tikala terletak di Jalan Siswa, Kelurahan Taas, Kecamatan Tikala, Kota Manado. Titik kontrol penelitian terletak di Titik Jembatan Jalan Siswa Kelurahan Taas, Kecamatan Tikala. Secara geografis terletak pada $1^{\circ}28'20''\text{Lintang Utara}$ $124^{\circ}51'42''\text{Bujur Timur}$.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (*Google Earth*)

2. Tahap Penelitian

Tahap penelitian digambarkan dalam alur yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3. Kajian Literatur

3.1. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan proses alami pergerakan air ke atmosfer yang kemudian akan kembali lagi ke bumi dalam bentuk hujan. Hal ini pun akan berlangsung secara terus-menerus atau bersifat kontinu.

3.2. Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan daerah yang dimana semua airnya akan mengalir ke dalam suatu sungai yang dimaksudkan. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi yang ditetapkan berdasarkan pada aliran permukaan. Batas ini tidak ditetapkan pada air bawah tanah, hal ini dikarenakan permukaan air tanah selalu berubah dengan musim yang ada dan tingkat kegiatan pemakaian.

3.3. 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).

3.4. 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 $Cs_{log} \geq 0,4$ 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 atau rendah, koreksi data. Rumus yang digunakan:

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{n} \quad (1)$$

$$S_{log} = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \overline{\log x})^2}{n-1}} \quad (2)$$

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

- *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 :

Cs_{log}	=	Koefisien kemencengen dalam log.
S_{log}	=	Simpangan baku.
$\overline{\log x}$	=	Nilai rata – rata.
Kn	=	Nilai K (diambil dari <i>outlier test K value</i>) tergantung dari jumlah data yang dianalisis.
$\text{Log } X_h$	=	<i>Outlier</i> tinggi.
$\text{Log } X_l$	=	<i>Outlier</i> rendah.

Nilai Kn dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

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

3.5. Parameter Statistik

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

3.6. 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 kesesuaianya 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:

$$\log X = \log x + KTR,CS \cdot SlogX \quad (7)$$

Dengan:

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

$\log x$ = Rata-rata nilai X hasil pengamatan

KTR,CS = Karakteristik dari distribusi Log-Pearson Tipe III

$SlogX$ = Standar deviasi logaritmik nilai X hasil pengamatan

3.7. 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).

3.8. Debit Banjir Rencana

Pemodelan Hujan aliran program computer 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.

3.9. Hidrograf Satuan Sintetis

Seperi disebutkan sebelumnya, untuk menghitung hidrograf satuan diperlukan data debit terukur dan data hujan yang cukup untuk memodelkan hidrograf satuan dari suatu DAS.

3.10. 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.

3.11. Simulasi Banjir Dengan Program Komputer HEC-HMS

Setelah dilakukan kalibrasi pada parameter – parameter yang ada, parameter-parameter tersebut kemudian akan digunakan sebagai parameter pada komponen sub DAS untuk perhitungan debit banjir.

3.12. 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 DAS Tikala di Titik Jembatan Jalan Siswa Kelurahan Taas dilakukan dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan periode pencatatan tahun 2015 sampai dengan tahun 2024. Pos hujan yang digunakan yaitu Pos Hujan Tikala-Sawangan. Berikut merupakan data hujan harian maksimum dari tahun 2015 sampai 2024.

Tabel 1. Data Curah Hujan Harian Maksimum

No	Tahun	Pos Hujan Tikala-Sawangan (mm)
1	2011	90
2	2012	90,7
3	2013	180
4	2014	76
5	2015	130
6	2016	121
7	2017	175
8	2018	165
9	2019	150
10	2020	120

(Sumber: Balai Wilayah Sungai Sulawesi-1; 2025)

4.2. Uji Data Outlier

Pengujian data outlier dilakukan untuk menentukan data yang menyimpang terlalu tinggi dan terlalu rendah. Data yang menyimpang bisa dikarenakan kesalahan saat pencatatan data atau adanya kejadian ekstrim. Hasil uji outlier data hujan harian maksimum Pos Hujan Bailang mendapatkan bahwa tidak ada data curah hujan yang menyimpang.

4.3. Penentuan Tipe Distribusi Hujan

Jenis sebaran hujan bergantung pada nilai parameter statistic yaitu rata – rata hitung atau mean (x), simpangan baku (S), koefisien kemencengan (C_s), koefisien variasi (C_v) dan koefisien kurtosis (C_k). Penentuan tipe distribusi adalah dengan melihat kecocokan nilai dari parameter statistik C_s , C_v dan C_k 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	$C_s = 0$	-0,02	Tidak Memenuhi
	$C_k = 3$	2,67	Tidak Memenuhi
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3$ $C_v = 1,9$	0,88	Tidak Memenuhi
	$C_k = C_v^8 + 6*C_v^6 + 15*C_v^4 + 16*C_v^2 + 3$ $= 9,99$	4,41	Tidak Memenuhi
Gumbel	$C_s = 1,14$	-0,02	Tidak Memenuhi
	$C_k = 5,40$	2,67	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Bila tidak ada parameter statistik yang sesuai dengan ketentuan distribusi	-	Memenuhi

4.4. 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:

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_1^n Y_i = \frac{1}{13} \times 20,96 = 2,096$$

Simpangan Baku:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(Y - \bar{Y})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,154}{10-1}} = 0,13$$

Koefisien Skewness (Kemencangan):

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)s^3} \sum(Y - \bar{Y})^3 = \frac{15}{(10-1)(10-2)0,13^3} (-0,006) = -0,368 \text{ (Kemencangan Negatif)}$$

Tabel 3. Curah Hujan Rencana

Kala Ulang (TR)	$\log X_{TR}$	X_{TR}
2 Tahun	2,10	124,90
5 Tahun	2,206	160,87
10 Tahun	2,26	183,51
25 Tahun	2,32	211,07
50 Tahun	2,34	219,79
100 Tahun	2,40	250,38

4.5. Pola Distribusi Hujan Jam – Jaman

Tabel 4. Curah Hujan Rencana Berdasarkan Pola Distribusi Hujan Manado dan sekitarnya (Salem Haniedo, dkk 2016)

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

Tabel 5. Distribusi Hujan Rencana Berbagai Kala Ulang

Jam Ke	P (mm)					
	Kala Ulang					
	2	5	10	25	50	100
1	68,69	88,48	100,93	116,09	120,88	137,71
2	27,48	35,39	40,37	46,43	48,35	55,08
3	9,99	12,87	14,68	16,89	17,58	20,03
4	7,49	9,65	11,01	12,66	13,19	15,02
5	3,75	4,83	5,51	6,33	6,59	7,51
6	1,25	1,61	1,84	2,11	2,20	2,50
7-10	3,75	4,83	5,51	6,33	6,59	7,51
Total	122,40	157,66	179,84	206,85	215,39	245,37

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

4.6. Perhitungan Nilai SCS Curve Number

Tabel 6. Jenis dan Tutup lahan DAS Sario di Titik Jembatan Jalan Siswa Kelurahan Taas, Kecamatan Tikala Kota Manado (Analisis Data, 2025)

Jenis Tutup Lahan	Luas	Persentase (%)
Hutan (Penutupan Baik)	1,06	23,98
Tanah Yang Diolah dan Ditanami (Tanpa Konservasi)	0,52	11,76
Pemukiman (Kedap Air 30%)	2,84	64,25
Total	4,42	100,00

Tabel 7. Perhitungan Nilai CN Rata – Rata DAS Anak Sungai Tikala di Titik Jembatan Jalan Siswa Kelurahan Taas, Kecamatan Tikala, Kota Manado (Analisis Data, 2025)

Jenis Tutup Lahan	Luas(Km^2)	Persentase (%)	CN Tip Lahan	CN
Hutan (Penutupan Baik)	1,06	23,98	77,00	18,47
Tanah Yang Diolah dan Ditanami (Tanpa Konservasi)	0,52	11,76	78,00	9,18
Pemukiman (Kedap Air 30%)	2,84	64,25	81,00	52,05
Total	4,42	100,00		79,69

Nilai CN rata – rata untuk DAS Anak Sungai Tikala di titik Jembatan Jalan Siswa Kelurahan Taas, Kecamatan Tikala, Kota Manado didapat dengan menjumlahkan hasil kali antara nilai CN tiap tutup lahan dengan persentase luas lahan terhadap luas total. Nilai CN rata – rata untuk DAS Anak Sungai Tikala adalah 79,69

4.7. Analisis Banjir Recana

Pemodelan hujan aliran pada program komputer HEC – HMS akan menggunakan metode HSS Soil Conservation Service, dan untuk kehilangan air dengan SCS Curve Number (CN). Untuk aliran dasar (baseflow) akan menggunakan metode recession. Asumsi lag time awal dari DAS Sario dengan data parameter DAS sebagai berikut:

$$L = 3,012 \text{ Km}^2$$

$$s = 0,0116 \text{ m/m}$$

$$CN = 79,69$$

Perhitungan dilakukan sebagai berikut :

$$T_l = \frac{L^{0,8}(2540 - 22,86 CN)^{0,7}}{14,104 CN \times s^{0,5}}$$

$$T_l = \frac{2,4^{0,8}(2540 - 22,86 \times 79,69)^{0,7}}{14,104 \times 79,69 \times 0,0116^{0,5}}$$

$$T_l = 1,55 \text{ Jam}$$

Selanjutnya, menghitung debit di Anak Sungai Tikala di Titik Jembatan Jalan Siswa dengan menggunakan metode analisis regional. Didapatkan data debit rata-rata Anak Sungai Tikala di titik Jembatan Jalan Siswa Tahun 2020 adalah 0,27 m³/det. Debit ini akan digunakan sebagai initial discharge pada program komputer HEC-HMS.

4.8. Parameter Hasil Kalibrasi

Parameter yang telah dioptimasi menggunakan program komputer HEC-HMS dikarenakan hasil kalibrasi debit puncak sama dengan 4,4 m³/s yang tidak melebihi nilai debit terukur 23,9 m³/s. Dengan metode Trial and Error pada parameter yang ada akan diperoleh debit hasil yang memenuhi ketentuan. Parameter hasil kalibrasi ditampilkan dalam Tabel 8. Parameter yang telah dioptimasi akan dipakai untuk simulasi debit banjir rencana menggunakan program komputer HEC-HMS.

Tabel 8. Parameter – Parameter Hasil Kalibrasi

<i>CN</i>	79,69
<i>Recession Constant</i>	0,1
<i>Ratio to Peak</i>	0,3
<i>Initial discharge</i>	1,17
<i>Lag Time</i>	93,3004

4.9. Data Debit Hasil Perhitungan dan Data Debit Terukur



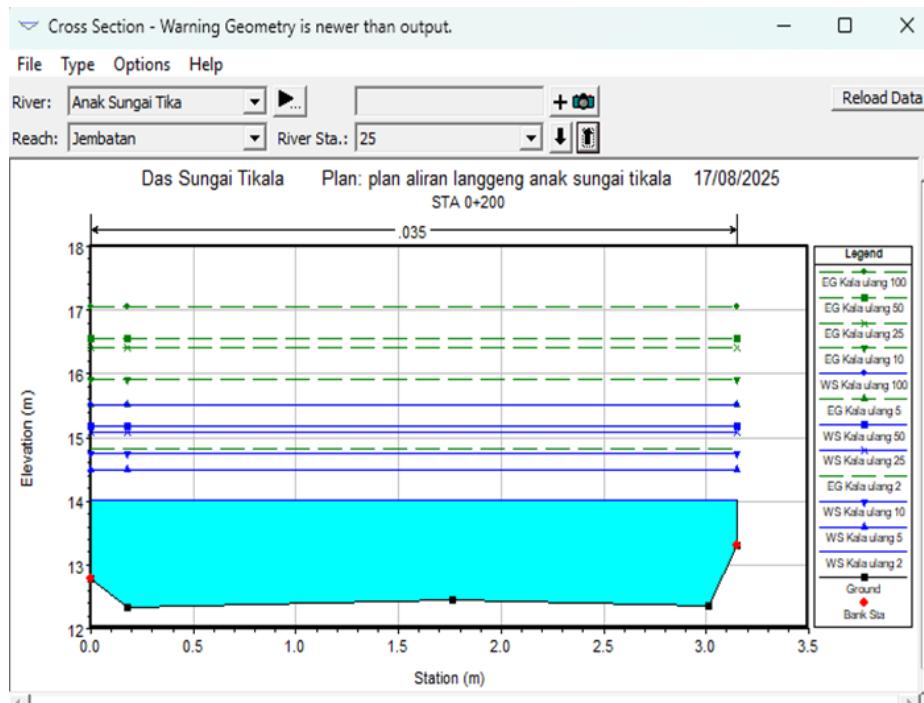
Gambar 3. Grafik Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur

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

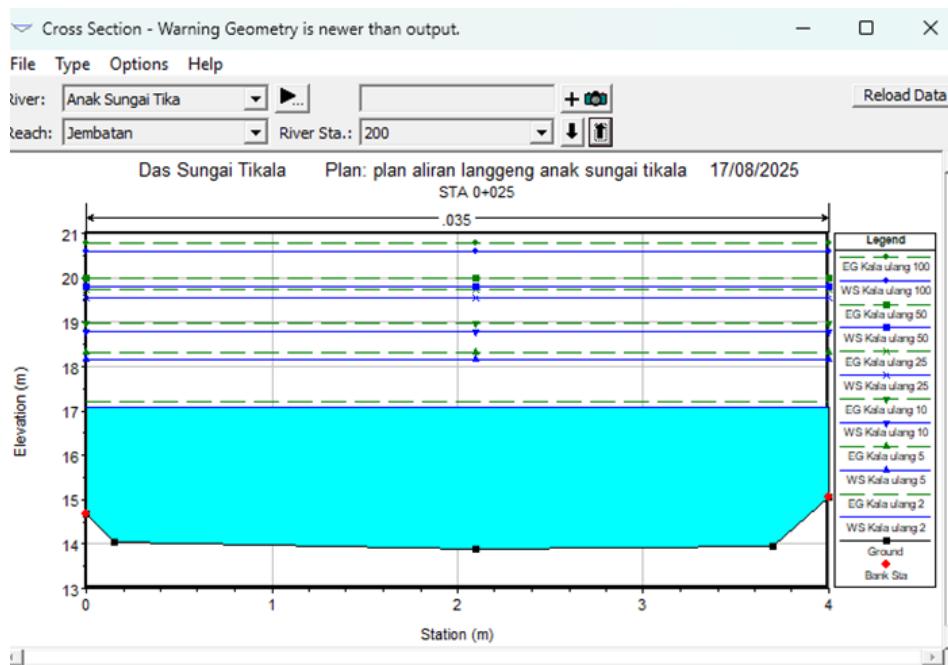
4.10. Hasil Simulasi-Simulasi Tinggi Muka Air dengan Program Komputer HEC-RAS

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).

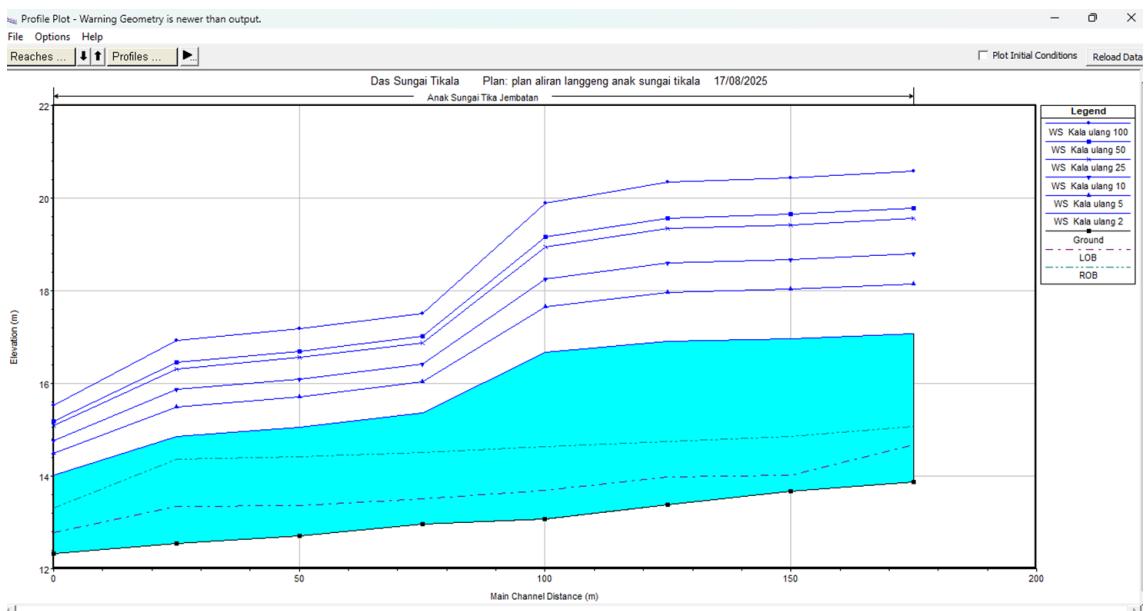
Hasil simulasi menunjukkan adanya luapan air yang terjadi pada STA 0+25, STA 0+50, STA 0+75, STA 0+100, STA 0+125, STA 0+150, STA 0+175, dan STA 0+200. Pada debit banjir kala ulang 2 tahun (Q2), 5 tahun (Q5), 10 Tahun (Q10), 25 Tahun (Q25), 50 tahun (Q50), 100 tahun (Q100).



Gambar 4. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0 + 025m



Gambar 5. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0+200m



Gambar 6. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Anak Sungai Tikala

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 2 tahun (Q_2) = $19,7 \text{ m}^3/\text{det}$, 5 tahun (Q_5) = $28,9 \text{ m}^3/\text{det}$, kala ulang 10 tahun (Q_{10}) = $34,9 \text{ m}^3/\text{det}$, kala ulang 25 tahun (Q_{25}) = $42,4 \text{ m}^3/\text{det}$, kala ulang 50 tahun (Q_{50}) = $44,8 \text{ m}^3/\text{det}$, dan kala ulang 100 tahun (Q_{100}) = $53,3 \text{ m}^3/\text{det}$.

Hasil simulasi program HEC-RAS menunjukkan adanya luapan air yang terjadi pada STA 0+25 sampai STA 0+200 pada debit banjir kala ulang 2 tahun (Q_2) sampai 100 tahun (Q_{100}).

5.2. Saran

Setelah melihat, meneliti, dan menganalisa. Maka hal yang disarankan untuk dilakukan

untuk memaksimalkan penanganan warga Lingkungan I Kelurahan Taas Kecamatan Tikala dari bencana banjir yaitu memperbaiki dan meninggikan talud yang ada pada anak sungai di STA 0+025 hingga STA+200.

Referensi

- Blue Marble Geographics. (2022). Global Mapper. Blue Marble Geographics, 55(41).
- Che, D., & Mays, L. W. (2015). Development of an Optimization/Simulation Model for Real-Time Flood-Control Operation of River-Reservoirs Systems. Water Resources Management, 29(11). <https://doi.org/10.1007/s11269-015-1041-8>
- Chow, V. Te, Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). Hydrologic statistics. In Applied hydrology.
- Lahamendu, V. C., Hendratta, L. A., & Jansen, T. (2019). Analisis Pengaruh Pembangunan Waduk Kuwil-Kawangkoan Terhadap Debit Banjir Di Hilir Sungai Tondano. Jurnal Sipil Statik, 7(5).
- Pangemanan, R., Supit, C. J., & Mamoto, J. D. (2020). PREDIKSI BANJIR DI SUNGAI RANOWANGKO KOTA TOMOHON. Jurnal Sipil Statik, 8(6).
- Salaki, P. R. C., Sumarauw, J. S. F., & ... (2019). ANALISIS DEBIT BANJIR DAN TINGGI MUKA AIR SUNGAI SOSOAN SAPA KELURAHAN TUMATANGTANG KECAMATAN TOMOHON SELATAN KOTA TOMOHON. JURNAL SIPIL
- Syafullah Fattah, R., Irwan, A., & Yunus, I. (2023). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Cipondoh Di Kota Tangerang. INTER TECH, 1(2). <https://doi.org/10.54732/i.v1i2.1064>
- Triatmodjo, B. (2008). Hidrologi Terapan. Beta Offset Yogyakarta.
- Tulandi, A. F., Hendratta, L. A., & ... (2019). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Kalawing Di Kelurahan Malendeng Kota Manado. Jurnal Sipil ..., 7(12).
- US Army Corps of Engineers. (2010). HEC-RAS River Analysis System, User's Manual Version 4.1. US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, Davis CA, January.
- US Army Corps of Engineers. (2015). HEC-HMS Hydrologic Modeling System. User's Manual - Version 4.1 - CPD-74A, July.
- US Army Corps of Engineers. (2016). Hydrologic Modeling System, HEC-HMS, Quick Start Guide. U.S. Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center, August.