



Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Anak Sungai Tikala Di Titik Jalan Kelapa Kelurahan Banjer Kota Manado

Imanuel Z. Pessak^{#a}, Jeffry S. F. Sumarauw^{#b}, Cindy J. Supit^{#c}

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

^aimanuelpessak021@student.unsrat.ac.id, ^bjeffrysumarauw@unsrat.ac.id, ^ccindyjeanesupit@unsrat.ac.id

Abstrak

Anak Sungai Tikala yang mengalir melintasi Kelurahan Banjer, beberapa kali meluap dan menyebabkan banjir, ketika terjadi hujan dengan intensitas curah hujan yang tinggi. Masyarakat yang tinggal di sekitar Anak Sungai Tikala ini mengalami kerugian saat terjadi hujan, karena beberapa rumah dan jalan di kelurahan ini terendam banjir dan mengalami kerusakan. Analisis debit banjir dan tinggi muka air dilakukan dengan mencari frekuensi hujan dengan menggunakan metode Log Pearson III. Data curah hujan yang digunakan berasal dari satu pos hujan, yaitu pos hujan Tikala-Sawangan. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum selama 16 tahun, yaitu tahun 2008 s/d 2023. 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. Dalam kalibrasi ini, parameter yang dikalibrasi adalah lag time, curve number, recession constant, baseflow dan ratio to peak. Untuk Batasan setiap parameter disesuaikan dengan nilai standar pada program komputer HEC-HMS. Kemudian dilakukan analisis debit banjir dengan 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 menunjukkan adanya luapan air yang terjadi pada STA 0+100, STA+150, STA+175, STA+200 pada debit kala ulang 50 tahun (Q50) dan STA 0+50, STA 0+100, STA+150, STA+175, STA+200 pada debit kala ulang 100 tahun (Q100).

Kata kunci: Jalan Kelapa, Anak Sungai Tikala, debit puncak, tinggi muka air

1. Pendahuluan

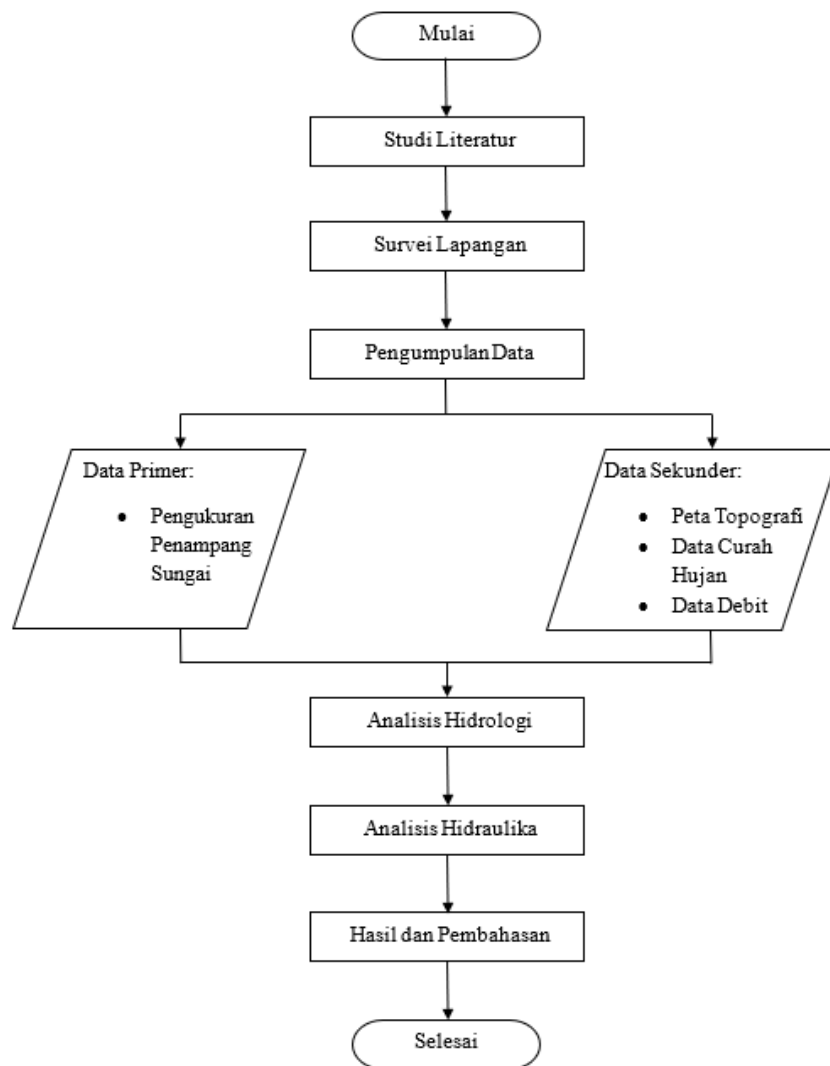
1.1. Latar Belakang

Anak Sungai Tikala yang mengalir melintasi Kelurahan Banjer, beberapa kali meluap dan menyebabkan banjir, ketika terjadi hujan dengan intensitas curah hujan yang tinggi. Masyarakat yang tinggal di sekitar Anak Sungai Tikala ini mengalami kerugian saat terjadi hujan, karena beberapa rumah dan jalan di kelurahan ini terendam banjir dan mengalami kerusakan.

Penyebab utama terjadinya banjir adalah curah hujan yang tinggi dalam kurun waktu yang cukup panjang. Maka dari itu berdasarkan masalah yang terjadi diperlukan analisis terhadap besarnya debit banjir dan elevasi tinggi muka air agar dapat mengurangi kerugian yang terjadi pada masyarakat di daerah tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Banjir dan meluapnya air di Anak Sungai Tikala mengakibatkan kerugian dan aktivitas yang terganggu bagi masyarakat yang tinggal di bantaran sungai, maka diperlukan upaya penanganan banjir dengan menganalisis debit banjir dan elevasi tinggi muka air.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3. Kajian Literatur

3.1. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah proses yang berkelanjutan dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer kemudian kembali ke bumi lagi. Air yang berada 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. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir ke dalam tanah (perkolasi) mengisi air tanah yang kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai. Akhirnya aliran air di sungai akan sampai ke laut.

3.2. Daerah Aliran Sungai

DAS yaitu suatu daerah tertentu yang bentuk dan sifat alamnya sedemikian rupa, sehingga merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya yang melalui daerah tersebut dalam fungsinya untuk menampung air yang berasal dari air hujan dan sumber-sumber air lainnya yang penyimpanannya dan pengalirannya dihimpun dan ditata berdasarkan hukum-hukum alam sekelilingnya demi keseimbangan daerah tersebut.

3.3. Analisis Data Outlier

Data *outlier* adalah data yang menyimpang terlalu tinggi ataupun terlalu rendah dari sekumpulan data. Pengujian data *outlier* dilakukan untuk menentukan berapa banyak data yang menyimpang terlalu tinggi dan terlalu rendah dari sekumpulan data sehingga baik untuk digunakan pada analisis selanjutnya. Hasil *outlier* mendapatkan bahwa data-data curah hujan tidak ada yang menyimpang. Jika ada data yang menyimpang bisa dikarenakan kesalahan saat pencatatan data atau adanya kejadian ekstrim.

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 kemencengan dalam log.

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:

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

3.4. Parameter Statistik

Parameter statistik yang digunakan dalam analisis data hidrologi yaitu: rata – rata hitung (*mean*), simpangan baku (standar deviasi), kemencengan (koefisien *skewness*), koefisien variasi, 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 Analisis Probabilitas Frekuensi Banjir, Metode Rasional, Metode Analisis Regional, Metode Puncak Banjir di Atas Ambang, Metode Empiris, dan Metode Analisis Regresi.

3.6. Metode Rasional

Metode ini digunakan apabila daerah pengaliran memiliki luasan yang kecil. Metode Rasional digunakan dengan anggapan bahwa DAS memiliki :

- Luas DAS < 200 – 300 hektar.
- Memiliki waktu konsentrasi (t_c) < 1 jam.

Adapun rumus dari metode rasional adalah sebagai berikut:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (7)$$

dimana :

- Q = Debit Rencana (m^3/det)
 C = Koefisien Limpasan
 I = Intensitas Curah Hujan (mm/jam)
 A = Luas Daerah Aliran Sungai (km^2)

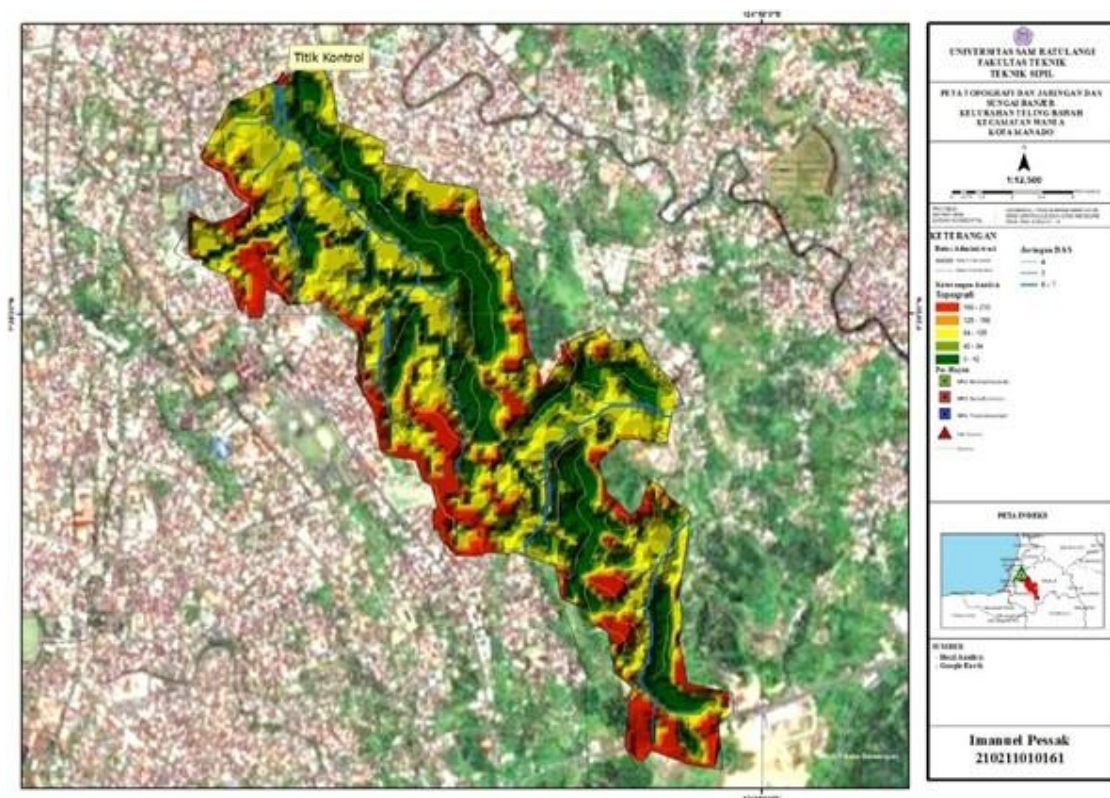
3.7. Analisis Tinggi Muka Air

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 Analisis Daerah Aliran Sungai

Analisa daerah aliran Sungai (DAS) dilakukan untuk mengetahui luas DAS Sungai Banjer. Perhitungan DAS dilakukan dengan bantuan program komputer arcgis dengan menggunakan data yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I. Sehingga diperoleh luas DAS Sungai Banjer sebesar 2,85 Km².



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

4.2 Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan DAS Anak Sungai Tikala di titik Jalan Kelapa dilakukan dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan periode pencatatan tahun 2008 sampai dengan tahun 2023. Di bawah ini merupakan pos-pos hujan disekitar DAS Anak Sungai Tikala. Pos hujan yang berpengaruh terhadap DAS Anak Sungai Bailang ialah pos hujan Tikala-Sawangan.

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
16	2023	126,2

(Sumber: Balai Wilayah Sungai Sulawesi-1; 2024)

4.3 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 Tikala-Sawangan mendapatkan bahwa tidak ada data curah hujan yang menyimpang.

4.4 Penentuan Tipe Distribusi Hujan

Jenis sebaran hujan bergantung pada nilai parameter statistic yaitu rata – rata hitung atau mean (\bar{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	$C_s = 0$	0,08	Tidak Memenuhi
	$C_k = 3$	30,94	Tidak Memenuhi
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3 C_v = 1,9$	0,08	Tidak Memenuhi
	$C_k = C_v^8 + 6 C_v^6 + 15 C_v^4 + 16 C_v^2 + 3 = 9,99$	30,94	Tidak Memenuhi
Gumbel	$C_s = 1,14$	0,08	Tidak Memenuhi
	$C_k = 5,40$	30,94	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Bila tidak ada parameter statistik yang sesuai dengan ketentuan distribusi	-	Memenuhi

4.5 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:

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i = \frac{1}{16} \times 32,29 = 2,1015$$

Simpangan Baku:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(Y-\bar{Y})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,2042}{16-1}} = 0,117$$

Koefisien *Skewness* (Kemencangan):

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)s^3} \sum(Y - \bar{Y})^3 = \frac{16}{(16-1)(16-2)0,117^3} \times -0,0042 = -0,201 \text{ (Kemencangan Negatif)}$$

Tabel 3. Curah Hujan Rencana

Kala Ulang (TR)	$\log X_{TR}$	X_{TR}
5 Tahun	2,20	158,74
10 Tahun	2,25	177,13
25 Tahun	2,30	198,43
50 Tahun	2,33	213,07
100 Tahun	2,36	226,76

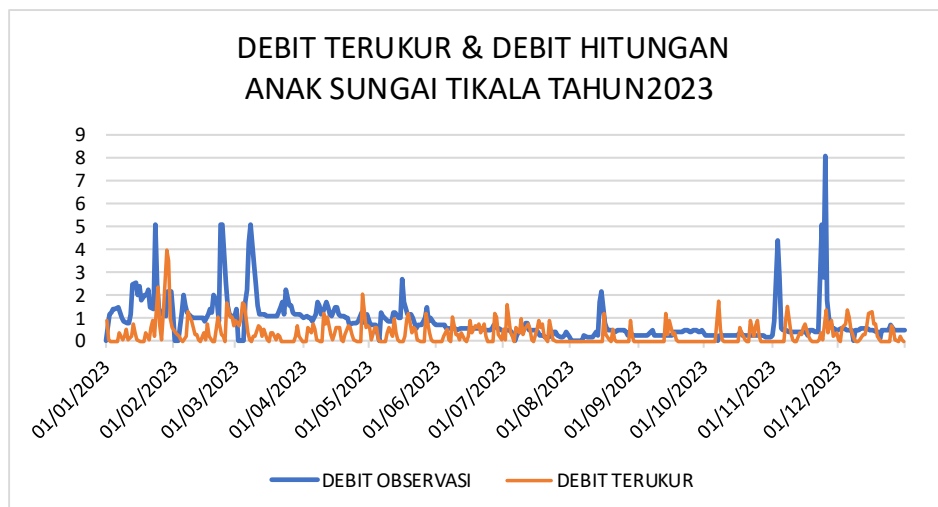
4.6 Analisis Debit Banjir Rencana

Parameter yang telah dioptimalkan menggunakan program komputer HEC-HMS dikarenakan hasil kalibrasi debit puncak sama dengan 3,7m³/s yang melebihi nilai debit terukur 3,2m³/s. Dengan metode Trial and Error pada parameter yang ada akan diperoleh debit hasil yang memenuhi ketentuan. Parameter hasil kalibrasi ditampilkan dalam Tabel 4. Parameter yang telah dioptimasi akan dipakai untuk simulasi debit banjir rencana menggunakan program komputer HEC-HMS.

Tabel 4. Parameter – Parameter Hasil Kalibrasi

CN	52.30
Recession Constant	0.917
Ratio to Peak	0.33517
Intial discharge	8.82
Lag Time	56.419

4.7 Data Debit Hasil Perhitungan dan Data Debit Terukur



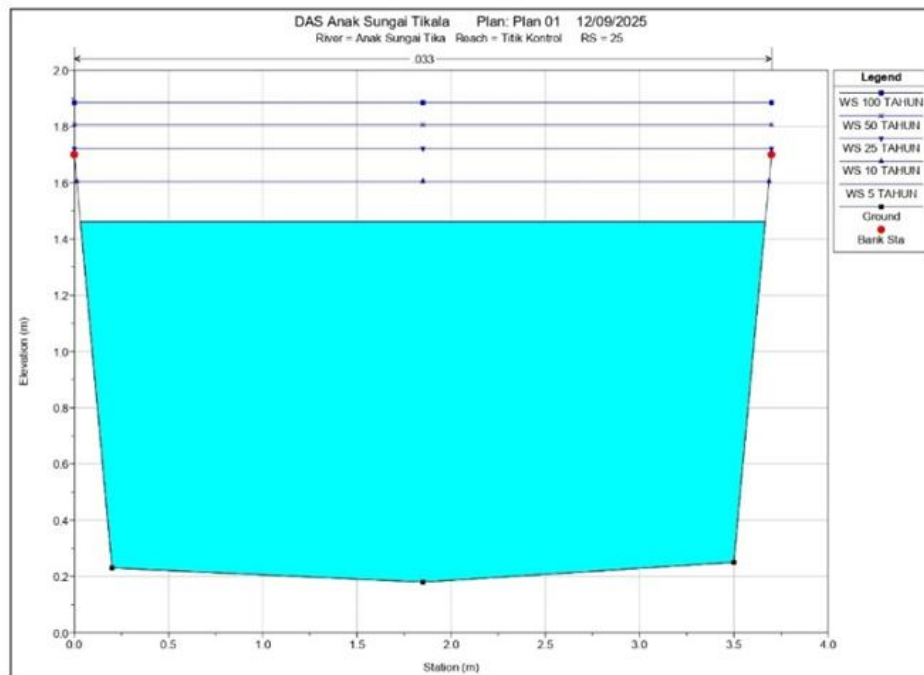
Gambar 4. Grafik Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur

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

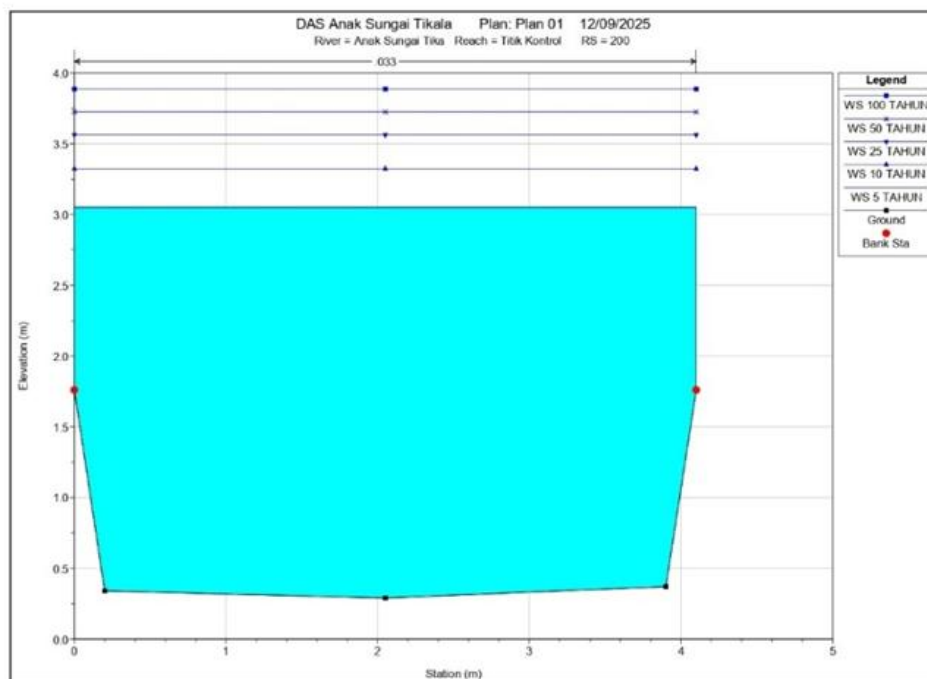
4.7 Hasil Simulasi-Simulasi Tinggi Muka Air dengan Program Komputer HEC-RAS

Analisis Hidraulika menggunakan program komputer HEC-RAS dilakukan dengan data masukan 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).

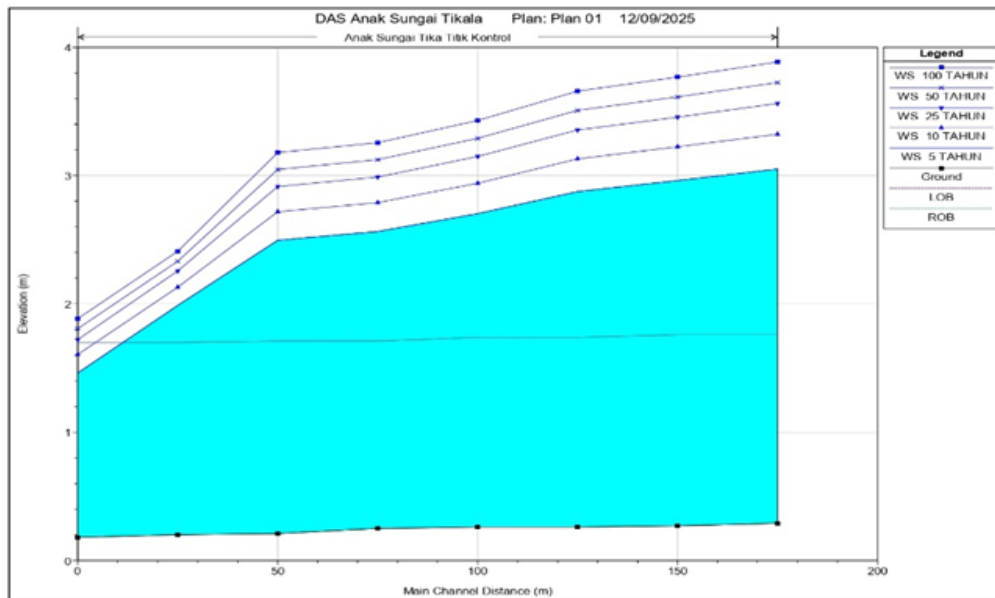
Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada kala ulang 5 Tahun (Q5) dan 10 Tahun (Q10) hanya terjadi luapan mulai dari penampang STA 0+50, sampai STA 0+200. Sedangkan di Kala Ulang 25 Tahun (Q25), 50 tahun (Q50), dan 100 Tahun (Q100) terjadi luapan di seluruh penampang, yaitu STA 0+25 sampai STA 0+200.



Gambar 5. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0 + 25 m



Gambar 6. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0 + 200 m



Gambar 7. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pemodelan hidrologi dengan HEC-HMS dan pemodelan hidraulika dengan HEC-RAS, diperoleh bahwa integrasi kedua perangkat lunak tersebut mampu memberikan gambaran kuantitatif mengenai debit puncak dan elevasi muka air pada berbagai periode ulang. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada kala ulang 5 Tahun (Q5) dan 10 Tahun (Q10) hanya terjadi luapan mulai dari penampang STA 0+50, sampai STA 0+200. Sedangkan di Kala Ulang 25 Tahun (Q25), 50 tahun (Q50), dan 100 Tahun (Q100) terjadi luapan di seluruh penampang, yaitu STA 0+25 sampai STA 0+200.

Informasi mengenai lokasi luapan ini memiliki nilai strategis dalam perencanaan pengendalian banjir, karena memungkinkan identifikasi titik-titik kritis yang memerlukan intervensi teknis, seperti peninggian tanggul, pelebaran penampang sungai, atau pembangunan bangunan pengendali banjir. Dengan demikian, penggunaan HEC-HMS dan HEC-RAS tidak hanya berperan dalam analisis hidrologi dan hidraulika, tetapi juga menjadi instrumen penting dalam mendukung perumusan kebijakan mitigasi bencana banjir yang berbasis data dan bersifat preventif.

Referensi

- Bambang, Triadmodjo. Hidrologi Terapan: Beta Offset, Yogyakarta 2008.
- Fahrezi, D., Lambertus Tanudjaja, A., & Sumarauw, J. S. F. (2018). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Talawaan Di Titik 250 m Sebelah Hulu Bendung Talawaan. *Jurnal Sipil Statik*, 6(5), 269–276.
- Hartini, E., & Kesehatan, F. Hidrologi & Hidrolika Terapan.
- HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual. (2016).
- www.hec.usace.army.milHydrologic Modeling System HEC-HMS User's Manual CPD-74A.
- Kairupan S. D., Sumarauw, J. S. F., & Hendratta, L. A. (2024). Analisis Kapasitas Penampang Terhadap Debit Banjir Anak Sungai Tikala Di Kompleks Jalan Manguni 17, Kelurahan Perkamil. In *Tahun* (Vol. 22, Issue 88).
- Nadia, K., Mananoma, T., & Tangkudung, H. (2019). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Ssungai Tembran Di Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 7(Juni), 703–710.
- Suadnya, D. P., Sumarauw, J. S. F., & Mananoma, T. (2017). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Banjir Sungai Sario Di Titik Kawasan Citraland. *Jurnal Sipil Statik*, 5, 143–150.
- Supit, C. J. The Impact Of Water Projects On River Hydrology.
- Swingly, J., & Sumarauw, F. (2017). Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman Daerah Manado, Minahasa Utara Dan Minahasa. *Jurnal Sipil Statik*, 5(10), 669–678.
- Witsly Sondak Hanny Tangkudung, S., & Hendratta, L. (2019). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Girian Kota Bitung. *Jurnal Sipil Statik*, 7(8), 1049–1058.
- Yosua, M., Lambertus Tanudjaja, T., & Sumarauw, J. S. F. (2017). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Sangkub Kabupaten Bolaang Mongondow Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 5(10), 699–710.