



Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Anak Sungai Tikala Di Kelurahan Tikala Ares Kecamatan Tikala Kota Manado

Jeremia V. Lumbantobing^{#a}, Jeffry S. F. Sumarauw^{#b}, Cindy J. Supit^{#c}

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

Abstrak

Sungai Tikala merupakan salah satu sungai yang memberikan dampak kerusakan karena banjir pada tahun 2014. Sungai ini memiliki beberapa anak sungai yang berperan dalam menyumbangkan debit ke sungai utamanya. Salah satu anak sungai Tikala ini melewati kelurahan Tikala Ares. Pada beberapa tahun terakhir, anak sungai ini sering meluap apabila terjadi hujan dengan volume yang cukup besar dan kurun waktu yang cukup panjang. Analisis dimulai dengan menghitung frekuensi hujan menggunakan metode Log Pearson III. Data hujan yang digunakan yaitu data hujan harian maksimum yang diambil dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan memperhatikan pos hujan yang berpengaruh terhadap DAS. Dengan metode Poligon Thiessen, diketahui pos hujan yang berpengaruh terhadap DAS Anak Sungai Tikala yaitu Pos Hujan Sawangan. Selanjutnya menganalisis debit banjir rencana menggunakan metode Rasional karena DAS yang relatif kecil. Hasil hitungan debit rencana untuk berbagai kala ulang dimasukkan dalam program HEC-RAS untuk simulasi elevasi tinggi muka air pada penampang yang sudah diukur. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penampang Anak Sungai Tikala tidak mampu menampung debit banjir mulai dari kala ulang 25 tahun sampai kala ulang 100 tahun.

Kata kunci: anak Sungai Tikala, debit banjir, metode rasional, HEC-RAS

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Banjir merupakan masalah yang sangat sering terjadi di Indonesia terutama di kota-kota besar seperti Manado. Sungai Tikala merupakan salah satu sungai yang memberikan dampak kerusakan karena banjir pada tahun 2014. Sungai Tikala memiliki beberapa anak sungai yang berperan dalam menyumbangkan debit ke sungai utamanya, salah satunya anak sungai yang melewati kelurahan Tikala Ares. Pada beberapa tahun terakhir, anak sungai ini sering meluap apabila terjadi hujan dengan volume yang cukup besar dan kurun waktu yang cukup panjang.

Berdasarkan hal tersebut maka dibutuhkan penelitian mengenai studi kasus tentang analisis debit banjir untuk menghitung besarnya debit dan tinggi muka air dari Anak Sungai Tikala ini. Dengan adanya penelitian ini diharapkan bisa menjadi salah satu alternatif penyelesaian masalah banjir di lokasi penelitian.

1.2. Rumusan Masalah

Intensitas curah hujan yang tinggi menyebabkan Anak Sungai Tikala sering meluap dan membanjiri pemukiman warga sekitar daerah aliran sungai (DAS) sehingga dibutuhkan analisis debit banjir serta elevasi tinggi muka air dalam upaya penanganan banjir.

1.3. Batasan Penelitian

Dalam penulisan ini, penelitian dibatasi pada :

- Lokasi yang akan diteliti terletak di jembatan samping *Hollywood Cafe* kelurahan Tikala Ares Lingkungan III dengan jarak 200 m ke arah hulu.
- Data curah hujan yang digunakan adalah data hujan harian maksimum.
- Kala ulang rencana dibatasi pada 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun.
- Analisis dihitung dengan menggunakan Metode Rasional untuk analisis hidrologi dan HMC-RAS untuk analisis hidraulika

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan debit banjir dan tinggi muka air di salah satu Anak Sungai Tikala yang terletak di Kelurahan Tikala Ares.

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 lebih lanjut.

2. Metodologi Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

Salah satu anak Sungai yang akan menjadi lokasi penelitian ini melintasi Kelurahan Tikala Ares Lingkungan III dan posisinya berada di samping *Hollywood Cafe* yang terletak pada $1^{\circ}29'4.79''$ Lintang Utara dan $124^{\circ}51'3.83''$ Bujur Timur.



Gambar 1. Lokasi Penelitian
Sumber: *Google Earth*

2.2. Survey Lokasi dan Pengumpulan Data

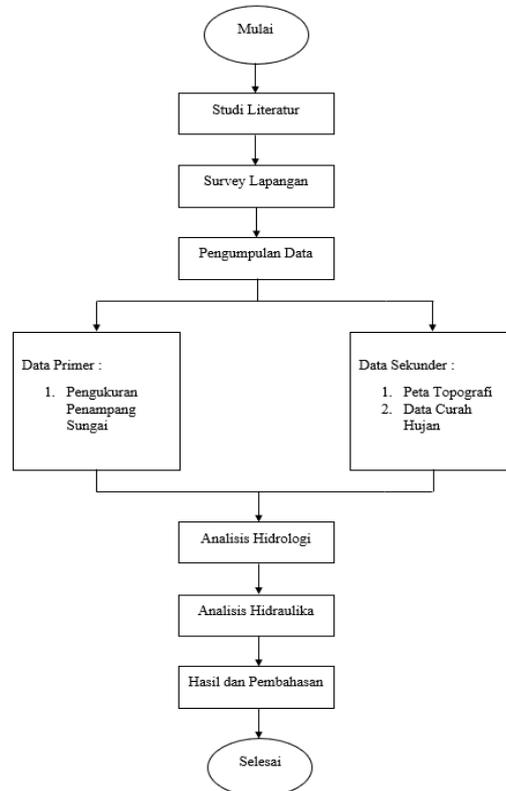
Tujuan dilakukan survei lokasi adalah untuk melihat secara langsung keadaan di sungai yang akan dilakukan penelitian. Penampang yang akan diukur berada pada kelurahan Tikala Ares Lingkungan III, tepatnya di samping *Hollywood Cafe*. Data sekunder diperlukan sebagai data yang mendukung mengenai Sungai Tikala seperti peta rupa bumi daerah Manado dan data hidrologi dan klimatologi untuk kecamatan Tikala yaitu data curah hujan dan data debit.

2.3. Prosedur Penelitian

Skripsi ini disusun berdasarkan studi kasus melalui survey atau pengamatan secara langsung di lokasi penelitian serta pengumpulan data primer dan sekunder yang dilanjutkan dengan menganalisis data dengan menggunakan metode yang tersedia.

2.4. Bagan Alir Penelitian

Kegiatan penelitian mengikuti alur pada bagan yang ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3. Landasan Teori

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)

Sungai merupakan jaringan alur – alur pada permukaan bumi yang terbentuk secara alami, mulai dari bentuk kecil di bagian hulu sampai besar di bagian hilir. Air hujan yang jatuh ke

permukaan bumi dalam perjalanannya sebagian kecil menguap dan sebagian besar mengalir dalam bentuk alur – alur kecil, lalu menjadi alur – alur sedang seterusnya berkumpul menjadi satu alur besar atau utama. Dalam hal ini, dapat dikatakan bahwa fungsi dari sungai sebagai tampungan curah hujan serta aliran air ke laut.

3.3. Analisis Data Outlier

Data *outlier* adalah data yang 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 $Cslog \geq 0,4$ maka: uji outlier tinggi, koreksi data, uji outlier rendah, koreksi data.
2. Jika $Cslog \leq -0,4$ maka: uji outlier rendah, koreksi data, uji outlier tinggi, koreksi data.
3. Jika $-0,4 < Cslog < 0,4$ maka: uji outlier tinggi dan rendah sekaligus koreksi data.

Rumus yang digunakan:

- $\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{n}$
- $S_{log} = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \overline{\log x})^2}{N-1}}$
- $Cs_{log} = \frac{N}{(N-1)(N-2)S_{log}^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \overline{X})^3$
- *Outlier* tinggi: $\log x_h = \overline{\log x} + Kn \cdot S_{log}$
- *Outlier* Rendah: $\log x_i = \overline{\log x} - Kn \cdot S_{log}$

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

$\log x_h$ = *Outlier* tinggi

$\log x_i$ = *Outlier* rendah

Nilai Kn dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

Untuk nilai $Cslog$ 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 $Cslog$ 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 merupakan data debit tertinggi pada suatu sungai dengan periode ulang tertentu. Curah hujan, luas *catchment area* dan data penutup lahan adalah data yang dibutuhkan untuk mengetahui besaran debit banjir rencana.

3.6. Metode Rasional

Dalam tugas akhir ini akan digunakan metode Rasional karena untuk daerah pengaliran yang luasnya kecil umumnya menggunakan metode Rasional. Menurut Soemarto (1987), metode Rasional digunakan dengan anggapan bahwa DAS memiliki :

- Intensitas curah hujan merata di seluruh DPS dengan durasi tertentu.
- Lamanya curah hujan sama dengan waktu konsentrasi dari DPS

Adapun rumus dari metode Rasional adalah sebagai berikut :

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

dimana :

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

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Analisis Daerah Aliran Sungai

Luas Daerah Aliran Anak Sungai Tikala diperoleh melalui analisis Daerah Aliran Sungai (DAS). Perhitungan luas DAS dilakukan dengan bantuan aplikasi ArcGIS dengan menggunakan data DEMNAS yang bersumber dari Indonesia Geospatial Portal. Berikut merupakan gambaran DAS Anak Sungai Tikala dengan luas sebesar 2,37 km^2 .



Gambar 3. DAS Anak Sungai Tikala

4.2. Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan di DAS Anak Sungai Tikala dilakukan dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I. Ada tiga pos hujan yang berada di sekitar DAS yaitu pos hujan Tikala-Sawangan, Tikala-Rumengkor, dan Tikala-Kaleosan, dengan periode pencatatan tahun 2008 sampai dengan tahun 2022. Analisis pos hujan yang berpengaruh di DAS dilakukan dengan menggunakan metode Poligon Thiessen. Hasil analisis Poligon Thiessen didapatkan bahwa pos hujan yang berpengaruh di DAS hanya 1 pos hujan yaitu pos hujan Tikala-Sawangan.

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. Berikut adalah uji outlier data hujan harian maksimum Pos Hujan Sawangan.

4.4. Penentuan Tipe Distribusi Hujan

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 1. Data Curah Hujan Harian Maksimum

No	Tahun	Pos Hujan Sawangan (mm)
1	2008	130,80
2	2009	100,30
3	2010	123,00
4	2011	120,30
5	2012	110,00
6	2013	180,40
7	2014	170,70
8	2015	90,00
9	2016	90,70
10	2017	180,00
11	2018	76,00
12	2019	130,00
13	2020	121,00
14	2021	175,00
15	2022	165,00

Tabel 2. Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	$C_s = 0$	0,167	Tidak memenuhi
	$C_s = 3$	2,310	Tidak memenuhi
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3 C_v = 0,88$	0,830	Tidak memenuhi
	$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3 = 4,42$	4,249	Tidak memenuhi
Gumbel	$C_s = 1,14$	0,167	Tidak memenuhi
	$C_k = 5,40$	2,310	Tidak memenuhi
Log Pearson III	Karena tidak satupun tipe distribusi yang memenuhi kriteria di atas, maka digunakan tipe distribusi Log Pearson-III.	-	Memenuhi

4.5. Analisis Curah Hujan Rencana

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

Rata-rata hitung:

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

$$\bar{Y} = 2,1015$$

Simpangan Baku:

$$S_{\log x} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,204}{15-1}}$$

$$S_{\log x} = 0,1207$$

Koefisien *Skewness* (Kemencengan):

$$C_{S_{\log}} = \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot S^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 = \frac{15}{(15-1)(15-2) \cdot 0,1207^3} \times -0,004$$

$$C_s = -0,196 \text{ (Kemencengan Negatif)}$$

Tabel 3. Hujan Rencana Tiap Kala Ulang

Kala Ulang (TR)	Log X_{TR}	X_{TR}
5 Tahun	2,2041	160,025913 mm
10 Tahun	2,2532	179,278153 mm
25 Tahun	2,3045	201,643735 mm
50 Tahun	2,3366	217,100715 mm
100 tahun	2,3648	231,671607 mm

4.6. Analisis Debit Banjir Rencana

Diketahui jarak titik terjauh DAS ke titik kontrol yaitu 1,98 km, dengan elevasi hulu = 68 m, sedangkan elevasi hilir = 10 m. Besar kemiringan yang didapati yaitu:

$$S = \frac{(68 - 10)}{1980} = 0,029$$

Berdasarkan Daerah Aliran Sungai, koefisien kekasaran lahan $n = 0,109$, maka:

$$T_c = \frac{0,606(L \times n)^{0,467}}{S^{0,234}}$$

$$T_c = \frac{0,606(1,98 \times 0,109)^{0,467}}{0,029^{0,234}}$$

$$T_c = 0,677 \text{ jam}$$

Dengan waktu konsentrasi, $T_c = 0,677$ jam selanjutnya bisa dihitung intensitas curah hujan. Dibawah ini merupakan perhitungan intensitas curah hujan yang dibuat dalam bentuk tabel.

Tabel 4. Besar Intensitas Hujan

Kala Ulang (tahun)	T_c (jam)	R_{24} (mm)	I (mm/jam)
5	0,677	160,026	71,926
10	0,677	179,278	80,580
25	0,677	201,644	90,632
50	0,677	217,101	97,580
100	0,677	231,672	104,129

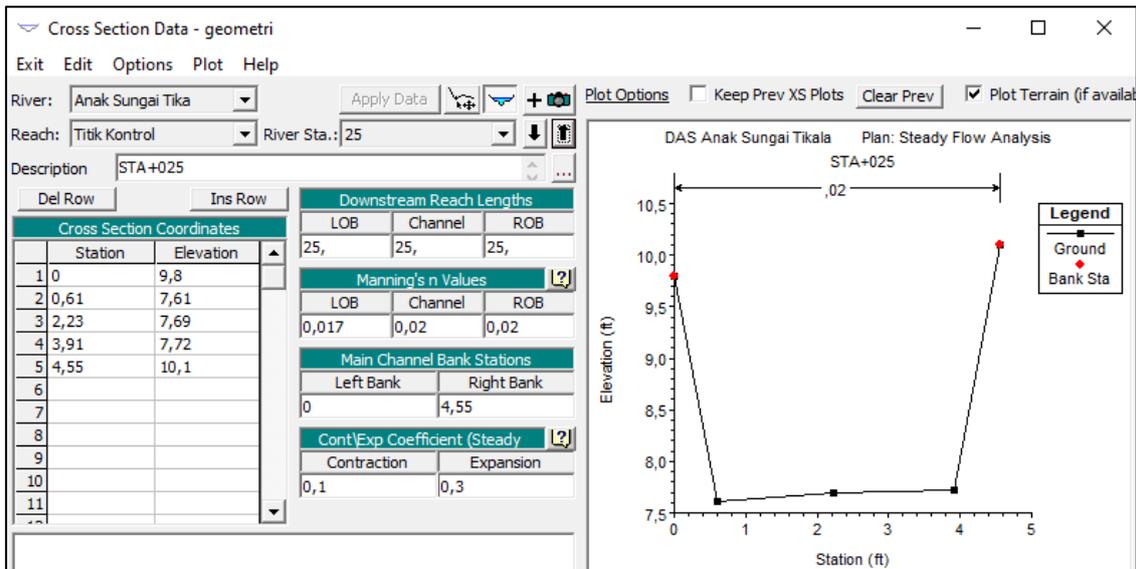
Koefisien Limpasan yang dipilih untuk daerah perkotaan adalah sebesar 0,70. Di bawah ini adalah besar debit rencana untuk setiap kala ulang.

Tabel 5. Besar Debit Rencana

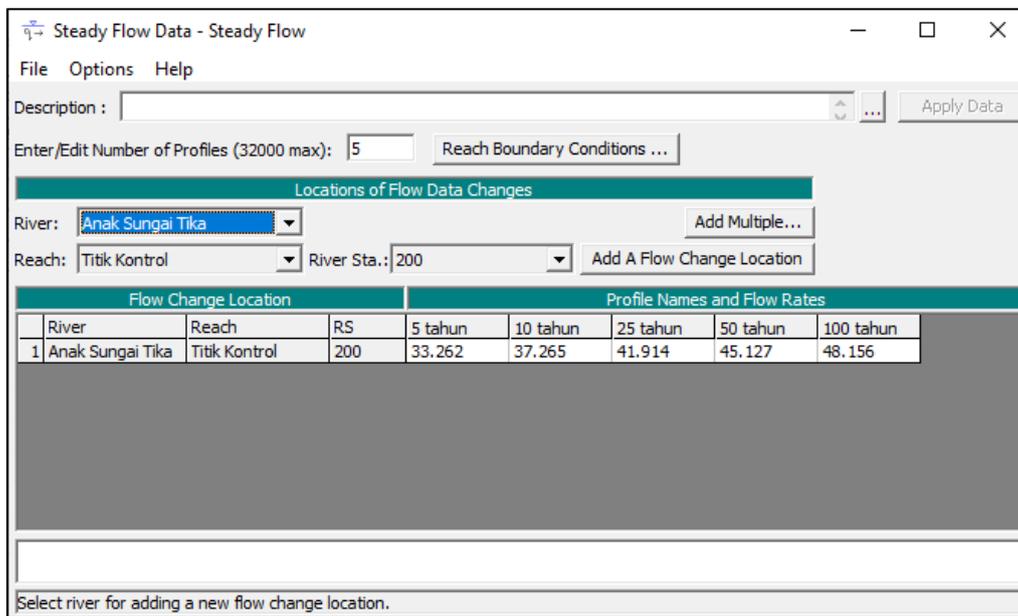
Kala Ulang (tahun)	C	I (mm/jam)	A (km ²)	Q (m ³ /det)
5	0,70	71,926446	2,3765	33,264
10	0,70	80,579703	2,3765	37,265
25	0,70	90,632305	2,3765	41,914
50	0,70	97,579715	2,3765	45,127
100	0,70	104,12886	2,3765	48,156

4.7. Analisis Tinggi Muka Air

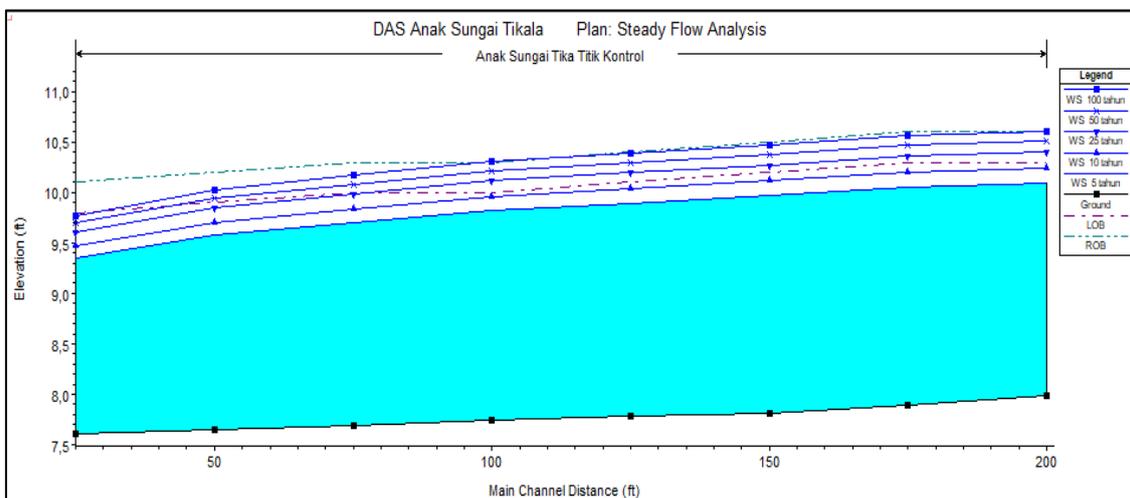
Analisis tinggi muka air menggunakan program komputer HEC-RAS membutuhkan data masukan yaitu penampang saluran, karakteristik saluran untuk nilai koefisien n Manning, dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng (*Steady Flow*).



Gambar 4. Data Potongan Melintang STA 0 + 025



Gambar 5. Pengisian Data Debit



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

5. Kesimpulan

Debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun berturut-turut sebesar 33,264 m³/det, 37,265 m³/det, 41,914 m³/det, 45,127 m³/det, 48,156 m³/det.

Hasil simulasi program HEC-RAS menunjukkan bahwa di titik STA 0+025 tidak terjadi luapan/banjir dalam 100 tahun ke depan, namun ada beberapa titik STA yang akan mengalami luapan pada kala ulang tertentu, yaitu pada STA 0+050 dan STA 0+075 hanya terjadi luapan pada 50 tahun dan 100 tahun mendatang. Sementara di STA 0+100 hingga STA 0+200 terjadi luapan pada 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun.

Referensi

- _____. 2016. *HEC-RAS 5.0 Reference Manual*. Hidrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- _____. *Data Hujan Harian Pos Sawangan*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi I, Manado.
- Bambang, Triatmodjo. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., Mays, 1988. *Applied Hydrology*. Singapore: McGraw-Hill.
- Kivani, N., Mananoma, T., Tangkudung, H. (2019). Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Tembran di Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik Vol. 7 no. 6 ISSN: 2337 - 6732*.
- Kondo, A. S., Sumarauw, J. S., & Supit, C. J. (2020). Analisis Kapasitas Penampang Sungai Mawalelong di Desa Leleko Kecamatan Remboken Minahasa. *Jurnal Sipil Statik Vol. 8 no. 6 ISSN: 2337 - 6732*.
- Limpong, J. A., Mananoma, T., & Sumarauw, J. S. (2022). Kajian Pengendalian Banjir Di Sungai Bailang Kecamatan Bunaken Kota Manado. *Jurnal Tekno Vol. 20 no. 82 ISSN: 0215 - 9617*.
- Mamahit, L., Mananoma, T., & Sumarauw, J. S. (2022). Kajian Pengendalian Banjir Sungai Sario Di Kelurahan Pakowa Kota Manado. *Jurnal Tekno Vol. 20 no. 82 ISSN: 0215 - 9617*.
- Mamuaya, F. L., Sumarauw, J. S., Tangkudung, H. (2019). Analisis Kapasitas Penampang Sungai Roong Tondano Terhadap Berbagai Kala Ulang Banjir. *Jurnal Sipil Statik Vol. 7 no.2 ISSN: 2337 – 6732*.
- Mawikere, N. C., Sumarauw, J. S., & Supit, C. J. (2022). Analisis Tinggi Muka Air Banjir Sungai Bailang Di Lorong Symphony Kelurahan Sumompo Kota Manado. *Jurnal Tekno Vol. 20 no. 82 ISSN: 0215 - 9617*.
- Palit, I. E., Sumarauw, J. S., & Tangkudung, H. (2022). Tinggi Muka Air Sungai Tikala di Titik Jembatan Gantung Kelurahan Tikala Ares Kecamatan Tikala. *Jurnal Tekno Vol. 20 no. 82 ISSN: 0215 - 9617*.
- Rante, N. R., Sumarauw, J. S., & Wuisan, E. M. (2016). Analisis Debit Banjir Anak Sungai Tikala Pada Titik Tinjauan Kelurahan Banjer Link. V Kecamatan Tikala Dengan Menggunakan HEC-HMS dan HEC-RAS. *Jurnal Tekno Vol. 14 no. 65 ISSN: 0215 - 9617*.
- Seyhan, Ersin. 1990. *Dasar-dasar Hidrologi*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sumarauw, Jeffry. 2013. *Hujan. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado*.
- Sumarauw, Jeffry. 2017. *Hidograf Satuan Sintetis. Bahan Ajara Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado*.
- Sumarauw, Jeffry. 2023. *Transformasi Hujan Menjadi Aliran. 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*.
- Topah, R. F., Sumarauw, J. S., & Hendratta, L. A. (2020). Analisis Kapasitas Penampang Sungai Pompang Desa Tambelang Kabupaten Minahasa Selatan Terhadap Berbagai Kala Ulang Banjir. *Jurnal Tekno Vol. 17. no 74 ISSN: 0215 - 9617*.
- Tubagus, R. D., Mananoma, T., & Sumarauw, J. S. (2023). Evaluasi Kapasitas Tampung Penampang Sungai Kekewuran Di Titik Jembatan Perumahan Kharisma Koka Terhadap Debit Banjir Rencana. *TEKNO, 21(85), 0215-9617*
- Tuda, G. E., Sumarauw, J. S., & Supit, C. J. (2020). Analisis Kapasitas Penampang Sungai Londola Tilawat Kecamatan Tombatu Untuk Pengendalian Banjir. *Jurnal Sipil Statik Vol. 8 no. 5 ISSN: 2337 - 6732*.