



Analisis Kapasitas Penampang Terhadap Debit Banjir Anak Sungai Tondano Di Kompleks Rumah Sakit Manado Medical Center Kota Manado

Aaron A. A. Manampiring^{#a}, Jeffry S. F. Sumarauw^{#b}, Cindy J. Supit^{#c}

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

Abstrak

Sungai Tondano merupakan salah satu sungai terbesar yang ada di Kota Manado yang memiliki banyak anak sungai sebagai penyumbang debit pada sungai utamanya. Apabila terjadi hujan lebat di Kota Manado maka salah satu Anak Sungai Tondano yang melintasi Kompleks Rumah Sakit Manado Medical Center meluap sehingga membanjiri pemukiman sekitar bantaran sungai tersebut. Maka dari itu berdasarkan masalah yang ada, diperlukan analisis hidrologi yang berguna untuk menganalisis terhadap besarnya debit banjir dan analisis hidraulika untuk menganalisis elevasi tinggi muka air Anak Sungai Tondano dengan menggunakan kala ulang tertentu. Analisis dimulai dengan analisis frekuensi hujan menggunakan metode *Log Pearson III*. Data hujan yang digunakan yaitu data hujan harian maksimum yang didapat dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan memperhatikan pos hujan yang berpengaruh terhadap DAS. Dengan metode Poligon-Thiessen didapati pos hujan yang berpengaruh terhadap DAS Anak Sungai Tondano ialah pos hujan Sawangan. Selanjutnya dilakukan analisis debit banjir rencana menggunakan metode Rasional karena memiliki DAS yang relatif kecil. Kemudian, debit rencana untuk berbagai kala ulang dimasukkan dalam program komputer HEC-RAS untuk simulasi elevasi tinggi muka air pada penampang yang telah diukur. Hasil simulasi menunjukkan bahwa semua penampang Anak Sungai Tondano yang ditinjau dari STA 0 + 25 sampai STA 0 + 150 tidak mampu menampung debit banjir untuk semua kala ulang rencana.

Kata kunci: Anak Sungai Tondano, Debit Banjir, Metode Rasional, HEC-RAS

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Sungai Tondano merupakan salah satu sungai terbesar yang ada di Kota Manado yang memiliki banyak anak sungai sebagai penyumbang debit pada sungai utamanya. Apabila terjadi hujan lebat di Kota Manado maka salah satu Anak Sungai Tondano yang melintasi Kompleks Rumah Sakit Manado Medical Center meluap sehingga membanjiri pemukiman sekitar bantaran sungai tersebut. Berdasarkan permasalahan banjir yang terjadi di Sungai Sapalalum maka perlu dilakukan pengendalian debit banjir di sungai tersebut untuk mengatasi dan mengurangi masalah akibat banjir yang nantinya dapat merugikan masyarakat.

Banjir yang terjadi menyebabkan kerugian yang besar bagi masyarakat. Maka dari itu berdasarkan masalah yang ada, diperlukan analisis hidrologi yang berguna untuk menganalisis terhadap besarnya debit banjir dan analisis hidraulika untuk menganalisis elevasi tinggi muka air Anak Sungai Tondano di daerah Kompleks Rumah Sakit Manado Medical Center dengan menggunakan kala ulang tertentu.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dengan intensitas curah hujan yang tinggi Anak Sungai Tondano di daerah Kompleks Rumah Sakit Manado Medical Center sering meluap dan membanjiri pemukiman warga sekitar daerah aliran sungai (DAS) sehingga diperlukan analisis

debit banjir dan elevasi tinggi muka air untuk perencanaan penanggulangan banjir.

1.3. Batasan Penelitian

- Lokasi penelitian 150m ke arah hulu dari titik tinjauan (Jembatan di depan Rumah Sakit Manado Medical Center)
- Data hujan yang digunakan adalah data hujan harian maksimum
- Analisis menggunakan Metode Rasional untuk analisis hidrologi dan HEC-RAS untuk analisis hidrolika.
- Kala ulang dibatasi pada 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung debit banjir dengan kala ulang tertentu dan tinggi muka air Anak Sungai Tondano di titik Tinjauan dari Jembatan di depan Rumah Sakit Manado Medical Center.

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi bagi pihak terkait dalam hal ini pemerintah untuk mengendalikan masalah banjir di Daerah Aliran Sungai (DAS) Anak Sungai Tondano di Kompleks Rumah Sakit Manado Medical Center.

2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

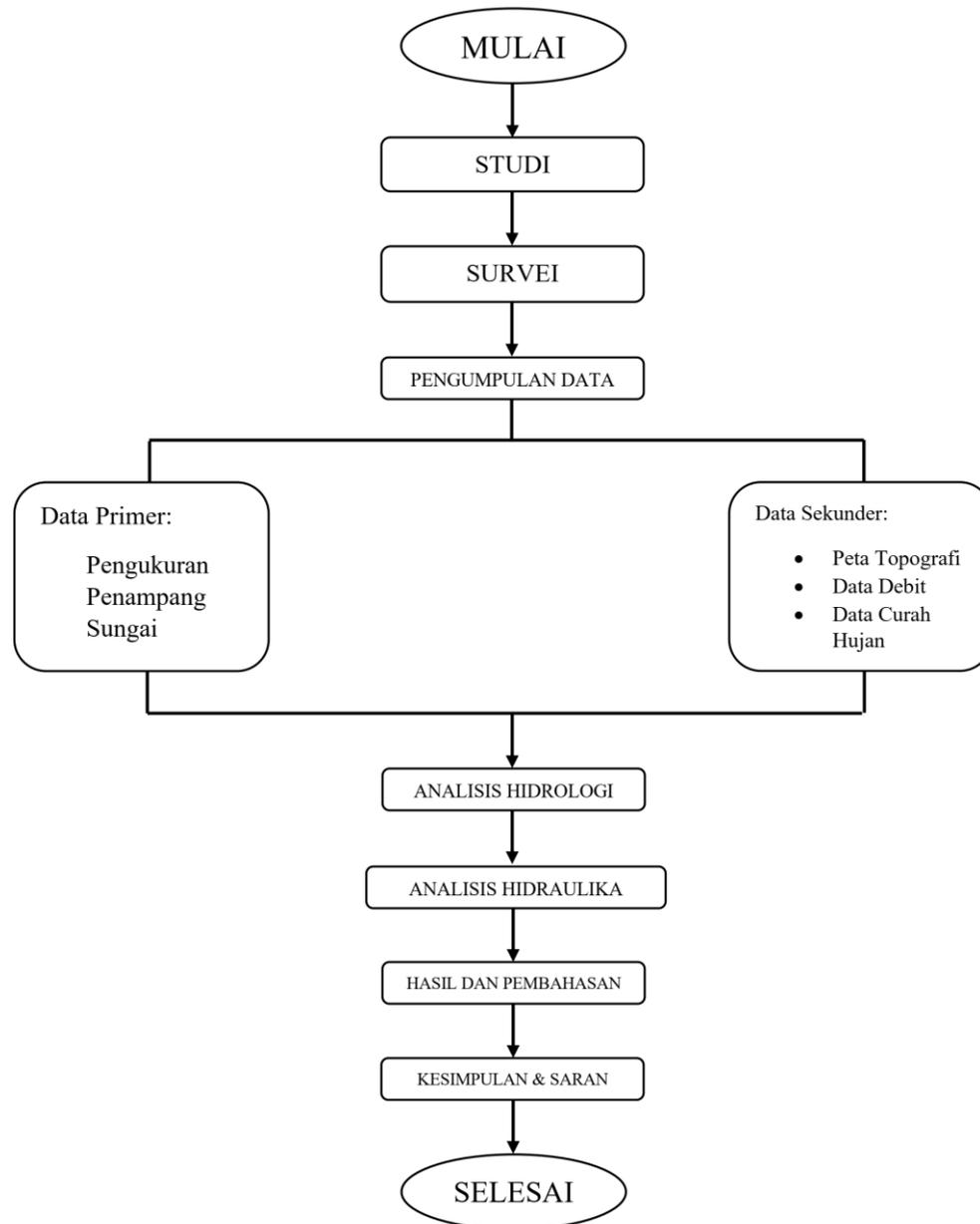
Anak Sungai Tondano terletak di Kompleks Rumah Sakit Manado Medical Center, Kecamatan Paal Dua, Kota Manado, Sulawesi Utara. Titik kontrol penelitian terletak di jembatan depan RS MMC Kelurahan Paal Dua. Secara geografis terletak pada $1^{\circ}29'09.4''$ Lintang Utara $124^{\circ}51'40.6''$ Bujur Timur.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Google Earth)

2.2. Bagan Alir Penelitian

Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3. Landasan Teori

3.1 Daur Hidrologi

Daur hidrologi merupakan proses peredaran air dari laut ke atmosfer melalui penguapan, kemudian turun ke permukaan bumi sebagai hujan, mengalir di dalam tanah menuju permukaan tanah menjadi sungai yang kemudian mengalir kembali ke laut. 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 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 alamiah, mulai dari bentuk kecil di bagian hulu sampai besar di bagian hilir. Air hujan yang jatuh di atas permukaan bumi dalam perjalanannya sebagian kecil menguap dan sebagian besar mengalir dalam bentuk alur – alur kecil, kemudian menjadi alur – alur sedang seterusnya berkumpul menjadi satu alur besar atau utama.

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 bahawa 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:

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

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

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

$$\text{Outlier tinggi} : \quad \text{Log } x_h = \overline{\log x} + Kn \cdot S_{log} \quad (4)$$

$$\text{Outlier rendah} : \quad \text{Log } x_l = \overline{\log x} - Kn \cdot S_{log} \quad (5)$$

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

Untuk nilai Cs_{log} lebih dari 0,4 :

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

Untuk nilai Cs_{log} kurang dari -0,4 :

$$Kn = (-3,62201) + (6,28446 \times n^{1/4}) - (2,49835 \times n^{1/2}) + (0,491436 \times n^{3/4}) - (0,037911 \times n) \quad (7)$$

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 :

1. Metode Analisis Probabilitas Frekuensi Banjir.
2. Metode Rasional $Q = C \cdot I \cdot A$
3. Metode Analisis Regional.
4. Metode Puncak Banjir di Atas Ambang.
5. Metode Empiris.
6. Metode Analisis Regresi.

Dalam tugas akhir ini akan digunakan metode rasional untuk menghitung besarnya debit banjir.

3.6 Metode Rasional

Metode ini digunakan apabila didapati daerah pengaliran memiliki luasan yang kecil. 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:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (8)$$

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

Aliran dalam suatu saluran umumnya terbagi atas dua jenis yang pertama merupakan saluran terbuka (*open channel flow*) dan yang kedua merupakan saluran tertutup (*closed channel flow*). Saluran terbuka yang bebas dipengaruhi oleh udara yang berada di luar saluran secara langsung sehingga menghasilkan tekanan. Namun beda halnya dengan saluran tertutup yang tidak langsung dipengaruhi oleh tekanan udara. Beberapa jenis aliran yang digunakan dalam analisis tinggi muka air yaitu Aliran Tunak (*Steady Flow*) jenis aliran yang mempunyai kedalaman tetap untuk selang waktu tertentu dan Aliran Tidak Tunak (*Unsteady Flow*) jenis aliran yang mempunyai kedalaman aliran yang berubah tidak sesuai dengan waktu.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Analisis Daerah Aliran Sungai

Analisa daerah aliran sungai (DAS) dilakukan untuk mengetahui luas DAS Anak Sungai Tondano. Perhitungan DAS dilakukan dengan bantuan program *computer Global Mapper* dengan menggunakan data DEM yang bersumber dari Indonesia *Geospatial Portal* dan dimasukkan ke *Google Earth*. Sehingga diperoleh luas DAS Anak Sungai Tondano sebesar 1,341Km².

4.2. Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan DAS Anak Sungai Tondano di Kompleks Rumah Sakit MMC

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. Di bawah ini merupakan pos-pos hujan disekitar DAS Anak Sungai Tondano. Pos hujan yang berpengaruh terhadap DAS Anak Sungai Tondano ialah pos hujan Tikala- Sawangan.



Gambar 3. DAS Anak Sungai Tondano (Global Mapper, Google Earth, Data DEM www.tanahair.com)

Tabel 1. Data Curah Hujan Harian Maksimum

No	Tahun	Pos Hujan 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; 2024)

4.3. Uji Data Outlier

Hasil uji outlier data hujan harian maksimum Pos Hujan 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 (Cs), koefisien variasi (Cv) dan koefisien kurtosis (Ck). Penentuan tipe distribusi adalah dengan melihat kecocokan nilai dari parameter statistic Cs, Cv, dan Ck dengan syarat untuk tiap tipe distribusi Penentuan jenis sebaran disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Penentuan Jenis Sebaran Data

1. Tipe Distribusi Normal			
Syarat: $Cs \approx 0$; $Ck \approx 3$			
Cs	1.099394256	Kontrol:	Tidak Memenuhi
Ck	4.554993018	Kontrol:	Tidak Memenuhi
Jadi, data di atas tidak memenuhi kriteria sebagai Tipe Distribusi Normal.			
2. Tipe Distribusi Log Normal			
Syarat: $Cs \approx Cv^3 + 3 \cdot Cv$; $Ck \approx Cv^8 + 6 \cdot Cv^6 + 15 \cdot Cv^4 + 16 \cdot Cv^2 + 3$			
Cs (hitung)	0.898155161	Kontrol:	Tidak Memenuhi
Ck (hitung)	4.467867607	Kontrol:	Memenuhi
Jadi, data di atas tidak memenuhi kriteria sebagai Tipe Distribusi Normal.			
3. Tipe Distribusi Gumbell			
Syarat: $Cs \approx 1,14$; $Ck \approx 5,40$			
Cs	1.099394256	Kontrol:	Memenuhi
Ck	4.554993018	Kontrol:	Tidak Memenuhi
Jadi, data di atas tidak memenuhi kriteria sebagai Tipe Distribusi Normal.			
4. Tipe Distribusi Log Pearson-III			
Karena tidak satupun tipe distribusi yang memenuhi kriteria di atas, maka digunakan tipe distribusi Log Pearson-III.			

4.5. Analisis Curah Hujan Rencana

Analisis curah hujan rencana dihitung menggunakan tipe sebaran log Pearson III. Perhitungan dilakukan dengan menghitung Parameter Statistik terlebih dahulu.

Rata – rata hitung :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \frac{1}{15} \times 31,52 = 2,10$$

Simpangan Baku :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,204}{15-1}} = 0,12$$

Koefisien Skewness (Kemencengan) :

$$Cs_{log} = \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot S^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 = \frac{15}{(15-1)(15-2) \cdot 0,12^3} = -0,0004$$

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. Analisis Debit Banjir Rencana

Diketahui jarak titik terjauh DAS ke titik kontrol yaitu 2,986 km, dengan elevasi hulu = 43,894 m, sedangkan elevasi hilir = 8,179 m. Besar kemiringan yang didapati yaitu :

$$S = \frac{(43,894-8,179)}{2986} = 0,012$$

Berdasarkan Daerah Aliran Sungai, koefisien kekasaran lahan $n = 0,2$, maka :

$$T_c = \frac{0.606 (L \times n)^{0,467}}{s^{0,234}}$$

$$T_c = \frac{0.606 (2,986 \times 0,200)^{0,467}}{0,012^{0,234}}$$

$$T_c = 1,342 \text{ jam}$$

Dengan waktu konsentrasi, $T_c = 1,342$ 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	T _c	R ₂₄	I
(Tahun)	(jam)	mm	(mm/jam)
2	1.342	127.42	36.31
5	1.342	160.20	45.65
10	1.342	179.62	51.18
25	1.342	201.98	57.55
50	1.342	217.46	61.97
100	1.342	232.05	66.13

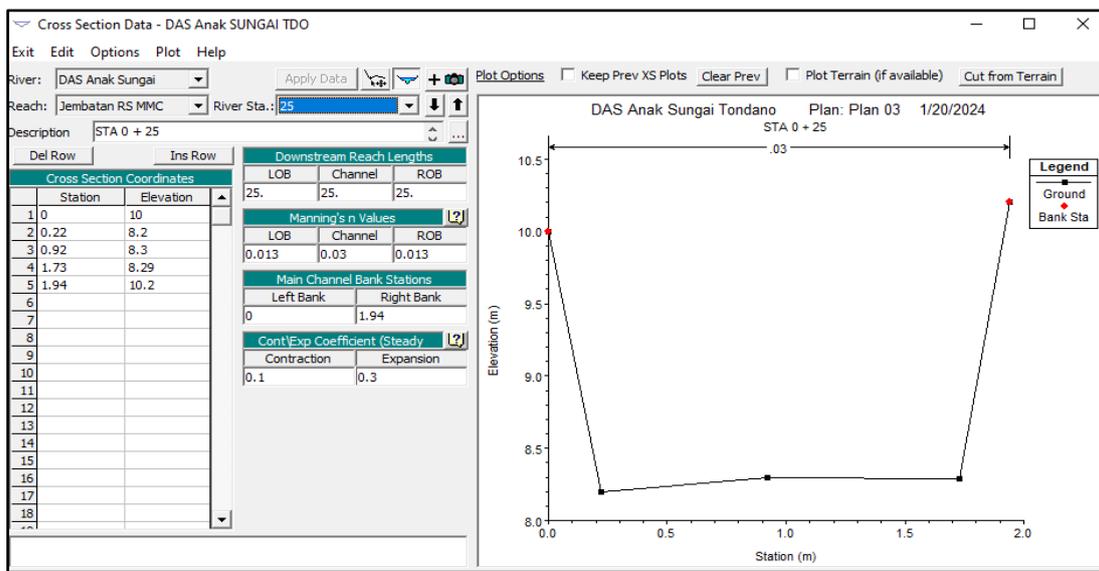
Koefisien Limpasan yang dipilih untuk daerah perkotaan adalah sebesar 0,70. Di bawah ini adalah besar debit rencana untuk setiap kala ulang.

Tabel 5. Besar Debit Rencana

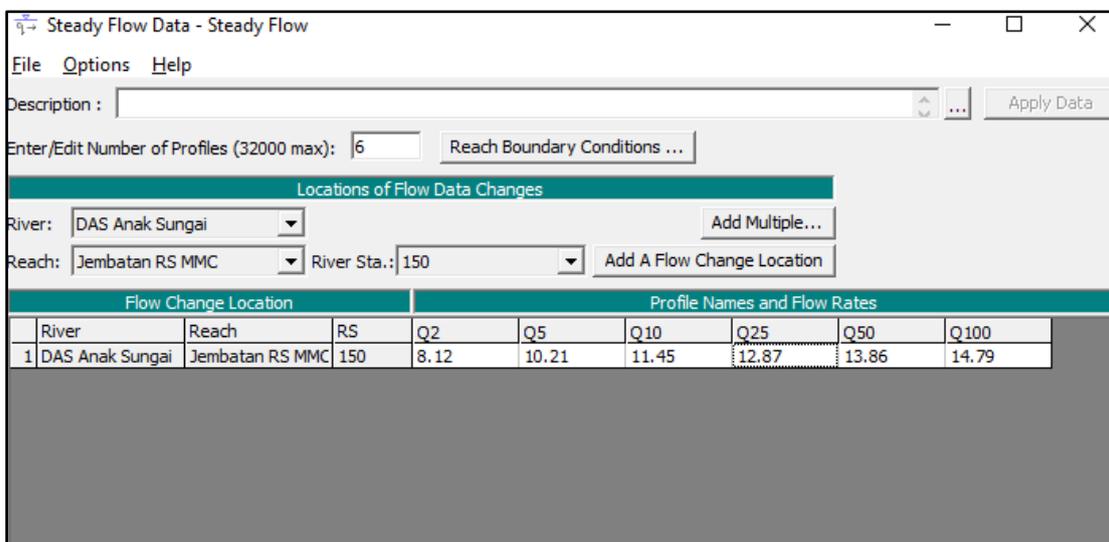
Kala Ulang	C	I	A	Q
Tahun		(mm/jam)	(km ²)	(m ³ /detik)
2	0.6	36.31	1.341	8.12
5	0.6	45.65	1.341	10.21
10	0.6	51.18	1.341	11.45
25	0.6	57.55	1.341	12.87
50	0.6	61.97	1.341	13.86
100	0.6	66.13	1.341	14.79

4.7. Analisis Tinggi Muka Air

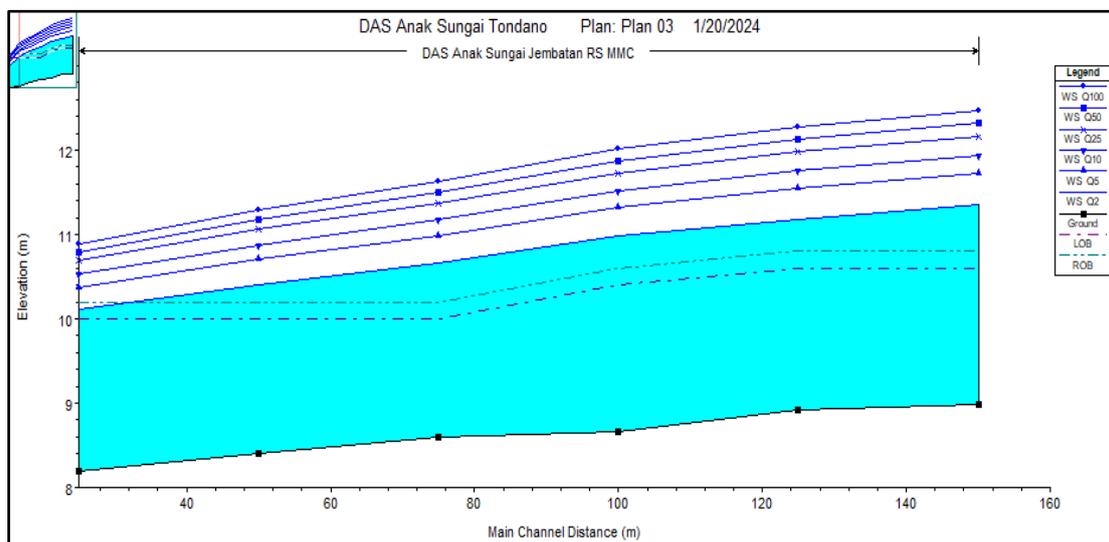
Analisis tinggi muka air menggunakan program *computer* HEC-RAS membutuhkan data masukan yaitu penampang saluran, karakteristik saluran untuk nilai koefisien n Manning, dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng (*Steady Flow*).



Gambar 4. Data Penampang Melintang STA 0 + 025



Gambar 5. Pengisian Data Debit



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

5. Kesimpulan

Debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 2 tahun (Q_2) = 8,12 m³/det, 5 tahun (Q_5) = 10,21 m³/det, kala ulang 10 tahun (Q_{10}) = 11,45 m³/det, kala ulang 25 tahun (Q_{25}) = 12,87 m³/det, kala ulang 50 tahun (Q_{50}) = 13,86 m³/det, dan kala ulang 100 tahun (Q_{100}) = 14,79 m³/det. Hasil simulasi program HEC-RAS menunjukkan bahwa semua penampang Anak Sungai Tondano yang ditinjau dari STA 0+25 sampai STA 0+150 tidak mampu menampung debit banjir untuk semua kala ulang rencana.

Referensi

- _____. 2016. HEC-RAS 5.0 Reference Manual. Hidrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- _____. 2019. Data Debit Harian Sungai Tondano. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- _____. 2019. Data Hujan Harian Pos Sawangan. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- Bambang, Triatmodjo. 2008. Hidrologi Terapan. Beta Offset, Yogyakarta.
- Bras, R.L., 1990, Hydrology: An Introduction to Hydrology Science, Adison-Wesley Publishing Co., Canada
- Chow, V.T., Maidment, D.R., Mays, 1988. Applied Hydrology. Singapore: McGraw-Hill.
- Makal, A. P., Mananoma, T., & Sumarauw, J. S. (2020). Analisis debit banjir dan tinggi muka air Sungai Kawangkoan di Desa Kawangkoan Kecamatan Kalawat Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 8(3).
- 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.
- Mulvaney, 1851. Hydrology for Drainage Design Considerations; Ireland, Kuiching.
- 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.
- Siban, F. R., Sumarauw, J. S., & Supit, C. J. (2023). Analisis tinggi muka air dan debit banjir Sungai Tateli di Desa Tateli Tiga Kecamatan Mandolang Kabupaten Minahasa. *TEKNO*, 21(85), 1079-1091.
- Seyhan, Ersin. 1990. Dasar-dasar Hidrologi. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sumarauw, J. S. (2017). Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman Daerah Manado, Minahasa Utara Dan Minahasa. *Jurnal Sipil Statik*, 5(10).
- 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.
- 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.
- 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