

Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Tikala Di Titik Jembatan Gantung Kelurahan Tikala Ares Kecamatan Tikala

Isabella E. G. Palit^{#1}, Jeffry S. F. Sumarauw^{#2}, Hanny Tangkudung^{#3}

[#]Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

Jl. Kampus UNSRAT Kelurahan Bahu, Manado, Indonesia, 95115

¹isabellapalit2001@gmail.com; ²jeffreysumarauw@unsrat.ac.id, ³tangkudunghanny@gmail.com

Abstrak

Sungai Tikala merupakan salah satu sungai besar yang ada di Kota Manado, Sulawesi Utara. Sungai Tikala merupakan sungai yang memberi dampak kerusakan terbesar pada banjir 15 Januari 2014. Penyebab utama terjadinya banjir adalah curah hujan yang tinggi dalam kurun waktu yang cukup Panjang sehingga mengakibatkan kerugian bagi masyarakat. Maka diperlukan upaya pengendalian banjir. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan mengetahui besarnya debit banjir dan tinggi muka air Sungai Tikala. 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 dua pos hujan, yaitu pos hujan Sawangan dan pos hujan Rumengkor. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum selama 10 tahun, yaitu tahun 2011 s/d 2020. 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 bahwa semua penampang Sungai Tikala yang ditinjau sudah tidak bisa menampung debit banjir untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun.

Kata Kunci - sungai Tikala, debit banjir, tinggi muka air, HEC-HMS, HEC-RAS

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sungai Tikala merupakan salah satu sungai besar yang ada di Kota Manado, Sulawesi Utara. Hulu Sungai Tikala berasal dari lereng utara Gunung Mahawu dan mengalir melalui Desa Rumengkor (Kecamatan Tombulu), Desa Sampiri, Desa Kaleosan (Kecamatan Lembean Timur), Desa Sawangan (Kecamatan Tombulu), Desa Tikela (Kecamatan Tombulu), Paal IV, Tikala Baru, Banjer, Tikala Ares, dan berakhir di Kelurahan Tikala dipertemuan dengan Sungai Tondano.

Sungai Tikala merupakan sungai yang memberi dampak kerusakan terbesar pada banjir 15 Januari 2014. Penyebab utama terjadinya banjir adalah curah hujan yang tinggi dalam kurun waktu yang cukup panjang sehingga mengakibatkan kerugian bagi masyarakat. Berdasarkan masalah yang terjadi diperlukan upaya pengendalian terhadap banjir. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan mengetahui besarnya debit banjir dan tinggi muka air Sungai Tikala.

B. Rumusan Masalah

Banjir yang sering terjadi di Sungai Tikala mengakibatkan kerugian bagi masyarakat yang tinggal di bantaran sungai, maka perlu dilakukan upaya pengendalian banjir dengan menganalisis debit banjir dan tinggi muka air.

C. Batasan Penelitian

- Titik tinjau terletak di Jembatan Gantung, Kelurahan Tikala Ares, Kecamatan Tikala dengan jarak 100 m ke arah hulu dan 100 m ke arah hilir.
- Data hujan yang digunakan adalah data hujan harian maksimum.
- Kala ulang rencana dibatasi pada 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun.
- Analisis dihitung dengan bantuan program komputer yaitu *Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System* (HEC-HMS) untuk analisis hidrologi dan *Hydrologic Engineering Center – River Analysis System* (HEC – RAS) untuk analisis hidraulika.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui besaran debit banjir rencana dan tinggi muka air banjir Sungai Tikala di titik Jembatan Gantung, Kelurahan Tikala Ares, Kecamatan Tikala, Kota Manado.

E. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan informasi kepada pihak yang membutuhkan dalam penanggulangan permasalahan banjir Sungai Tikala dan dapat bermanfaat sebagai bahan referensi untuk penelitian lebih lanjut.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

II. METODOLOGI PENELITIAN

Titik kontrol yang diambil untuk penelitian ini terletak di Jembatan Gantung, Kelurahan Tikala Ares, Kecamatan Tikala, Kota Manado yang terletak pada $1^{\circ} 28' 53''$ Lintang Utara dan $124^{\circ} 51' 05''$ Bujur Timur. Lokasi penelitian akan ditunjukkan pada Gambar 1. Prosedur penelitian yang dilakukan akan digambarkan pada Gambar 2.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Daerah Aliran Sungai

Analisis daerah aliran sungai (DAS) dilakukan untuk mengetahui luas DAS Tikala. Perhitungan luas DAS dilakukan dengan bantuan program komputer Global Mapper dengan menggunakan data yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I. Sehingga diperoleh luas DAS Tikala sebesar 95.918 km^2 . Hasil perhitungan luas DAS akan ditampilkan pada Gambar 3.

B. Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan di DAS Tikala dilakukan dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan periode pencatatan tahun 2011 sampai dengan tahun 2020. Pos hujan yang digunakan sebanyak 2 pos hujan, yaitu pos hujan Sawangan dan pos hujan Rumengkor. Berikut merupakan data hujan harian maksimum dari tahun 2011 sampai 2020. Data Curah Hujan Harian Maksimum akan ditampilkan pada Tabel 1.

C. Uji Data Outlier

Data *outlier* adalah data yang menyimpang terlalu tinggi ataupun terlalu rendah dari sekumpulan data sehingga baik untuk digunakan pada analisis selanjutnya.

Hasil *outlier* mendapatkan bahwa data-data curah hujan tidak ada yang menyimpang.

D. Analisis Curah Hujan Rerata

Analisis curah hujan rerata dilakukan untuk mendapatkan rata-rata dari hasil pengukuran hujan di dua pos yang ada. Dengan mengetahui luas pengaruh dari tiap pos hujan yang ada, maka curah hujan rerata dari setiap pos hujan dapat dihitung dengan cara *Poligon Thiessen*. Gambar *Poligon Thiessen* akan ditampilkan pada Gambar 4. Hasil perhitungan curah hujan rerata akan ditampilkan pada Tabel 2.

E. 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 Jenis Tipe Sebaran Data akan ditampilkan pada Tabel 3.

F. Analisis Curah Hujan Rencana

Analisis curah hujan rencana dengan tipe sebaran Log Pearson III. Hasil perhitungan curah hujan rencana akan ditampilkan pada Tabel 4.

Perhitungan dilakukan dengan terlebih dahulu. Rata – rata hitung:

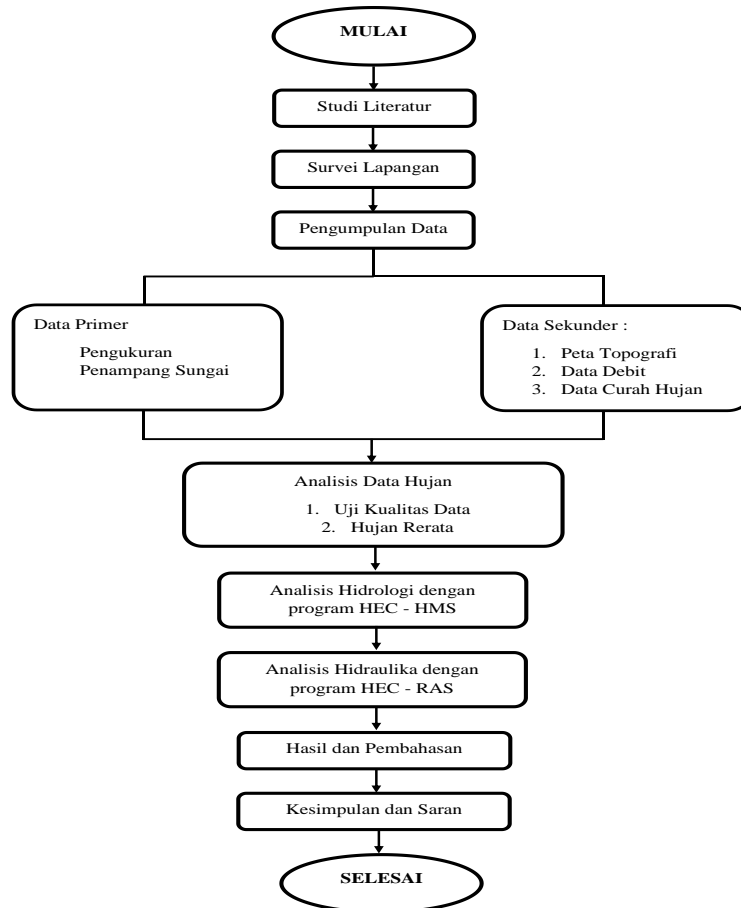
$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i = \frac{1}{10} \times 19,819 = 1,982$$

Simpangan Baku:

$$S_{\log X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,129}{10-1}} = 0,187$$

Koefisien *Skewness* (Kemencengan):

$$C_{S_{\log X}} = \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot (S_{\log X})^3} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3 = \frac{10}{(12-1)(10-2) \cdot 0,186^3} \times 0,027 = 0,586 \text{ (Kemencengan Positif)}$$



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

G. Pola Distribusi Hujan Jam-jaman

Distribusi hujan jam-jaman merupakan pembagian intensitas hujan berdasarkan polahujan suatu daerah. Dalam penelitian ini digunakan pola hujan dari daerah sekitar yaitu pola hujan daerah Kota Manado dan sekitarnya. Hasil Distribusi Hujan Rencana Tiap kala ulang akan ditampilkan pada Tabel 5.

H. Perhitungan Nilai SCS Curve Number

Nilai CN rata – rata untuk DAS Paniki di titik Jembatan Desa Paniki Atas adalah 67,92. Perhitungan akan ditampilkan pada Tabel 6.

I. 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.

J. Kalibrasi Parameter HSS SCS

Kalibrasi merupakan suatu proses dimana 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.

Kalibrasi dilakukan pada DAS Lokasi penelitian dengan data debit terukur hasil perhitungan. Kalibrasi dilakukan hanya pada debit puncak.

Dikarenakan Ruas Terpilih di Sungai Paniki tidak memiliki data debit terukur, maka perlu dilakukan perhitungan dengan metode analisis regional sehingga data debit Ruas Terpilih di Sungai Paniki dapat diketahui. Hasil simulasi debit hitungan Sungai Paniki akan ditampilkan pada Gambar 5.

Karena hasil kalibrasi debit puncak sama dengan 6,8 m3/s melebihi debit terukur 5,134 m3/s maka parameter-parameter yang ada di coba-coba hingga

debit hasil simulasi dianggap memenuhi ketentuan. Parameter hasil kalibrasi akan ditampilkan pada Tabel 7. Sedangkan Grafik Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur akan ditampilkan pada Gambar 5.

K. Simulasi Debit Banjir dengan Program Komputer HEC-HMS

Setelah kalibrasi, semua parameter terkalibrasi akan digunakan sebagai parameter pada komponen sub-DAS untuk perhitungan debit banjir. Hasil simulasi untuk tiap kala ulang akan ditampilkan pada Gambar 7, 8, 9, 10,11.

L. 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*).

Data penampang Sungai Tikala di Titik Jembatan

Gantung diambil sejauh 100 m ke arah hulu dan 100 m ke arah hilir.

Data Penampang Melintang untuk STA 0+25 m akan ditampilkan pada Gambar 12. Untuk pengisian data debit akan ditampilkan pada Gambar 13.

M. Simulasi Tinggi Muka Air Dengan Program Komputer HEC-RAS

Hasil simulasi menunjukkan bahwa semua penampang Sungai Tikala yang ditinjau sudah tidak bisa menampung debit banjir untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun. Rangkuman debit kala ulang yang meluap pada tiap STA akan ditampilkan pada Tabel 8.

Hasil simulasi tinggi muka air STA 0+025 dan STA 0+200 akan ditampilkan pada Gambar 14 dan Gambar 15. Rangkuman tinggi muka air potongan memanjang Sungai Bailang akan ditampilkan pada Gambar 16.

TABEL 1
Data Curah Hujan Harian Maksimum

NO	TAHUN	CURAH HUJAN HARIAN MAKSIMUM (mm)	
		MRG SAWANGAN	ARR RUMENGGOR
1	2011	120.3	-
2	2012	110	111.5
3	2013	180.4	146.6
4	2014	170.7	183
5	2015	90	-
6	2016	90.7	76.2
7	2017	180	96
8	2018	76	78
9	2019	130	34
10	2020	121	72

Sumber: Balai Wilayah Sungai Sulawesi I

TABEL 2
Curah Hujan Rerata

Tahun	Data Curah Hujan Rerata				R (mm)
	Stasiun Pengukur Hujan		Luas Pengaruh Stasiun Terhadap DAS		
	Sawangan (mm)	Rumengkor (mm)	Sawangan (km2)	Rumengkor (km2)	
2011	120.3		48.266	47.652	60.535
2012	110	111.5			110.745
2013	180.4	146.6			163.608
2014	170.7	183			176.811
2015	90				45.288
2016	90.7	76.2			83.496
2017	180	96			138.269
2018	76	78			76.994
2019	130	44.2			87.375
2020	121	72			96.657

TABEL 3
Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	$C_s = 0$	0,5495	Tidak Memenuhi
	$C_k = 3$	3,2886	Tidak Memenuhi
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3 \cdot C_v = 1,3222$	0,5495	Tidak Memenuhi
	$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3 = 6,2617$	3,2886	Tidak Memenuhi
Gumbel	$C_s = 1,14$	0,5495	Tidak Memenuhi
	$C_k = 5,40$	3,2886	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Bila tidak ada parameter statistik yang sesuai dengan ketentuan distribusi sebelumnya	-	Memenuhi

TABEL 4
Curah Hujan Rencana

Kala Ulang (TR)	Log X TR	X TR
5	2,133	135,38
10	2,229	169,76
25	2,339	220,47
50	2,399	262,58
100	2,484	304,43

TABEL 5
Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang

Kala Ulang (Tahun)	Besaran Hujan Ke -							
	1	2	3	4	5	6	7	8
5	73,104	29,783	10,830	8,123	4,061	1,354	4,061	4,061
10	91,671	37,348	13,581	10,186	5,093	1,698	5,093	5,093
25	119,055	48,504	17,638	13,228	6,614	2,205	6,614	6,614
50	141,795	57,768	21,007	15,755	7,878	2,626	7,878	7,878
100	168,711	68,734	24,994	18,746	9,373	3,124	9,373	9,373

TABEL 6
Perhitungan Nilai CN DAS Tikala di Titik Jembatan Gantung Tikala Ares

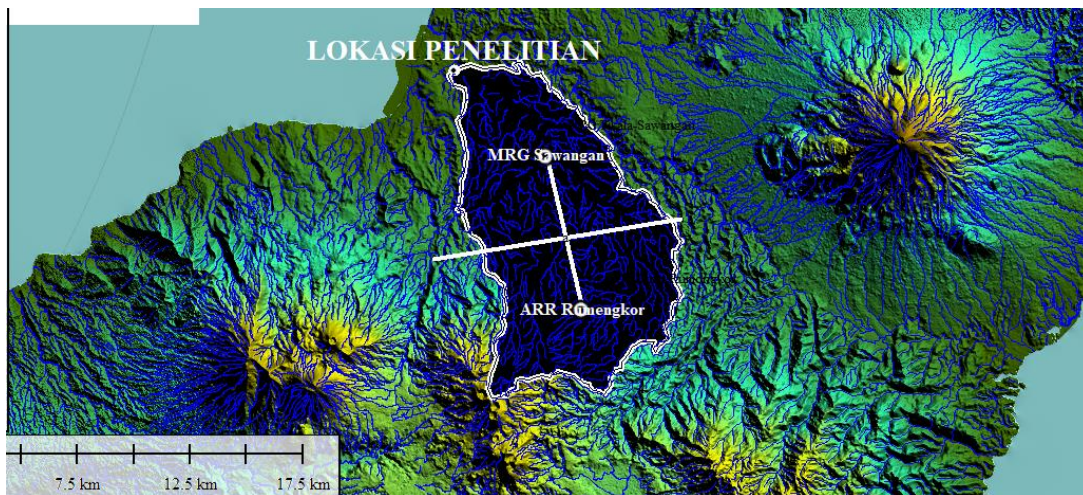
Jenis Tutup Lahan	Luas (Km ²)	Presentase (%)	CN Tiap Lahan	CN
Hutan (Penutupan Baik)	86,57	90,25	55	49,64
Pemukiman (38% Kedap Air)	9,35	9,75	85	8,29
Total	95.918	100	-	57,92

TABEL 7
Parameter Hasil Kalibrasi

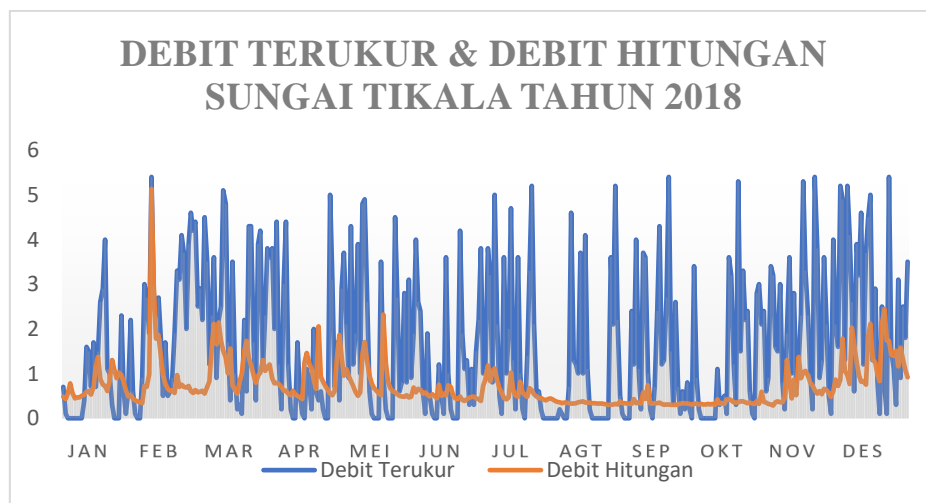
CN	50
Recesion Constant	0.1
Ratio to Peak	0.3
Initial Discharge	0.73
Lag Time	249.602 menit



Gambar 3. DAS Tiala di Titik Jembatan Gantung Kelurahan Tikala Ares
Sumber: Global Mapper, Data GIS BWSS-I



Gambar 4. Poligon Thiessen
Sumber: Global Mapper, Data GIS BWSS-I



Gambar 5. Grafik Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur

Time-Series Results for Subbasin "S Tikala di J Gantung T Ares"

Project: skripsi bella Simulation Run: Run 1
 Subbasin: S Tikala di J Gantung T Ares

Start of Run: 01Jan2018, 00:00 Basin Model: Tikala
 End of Run: 31Dec2018, 00:00 Meteorologic Model: Kalibrasi
 Compute Time: 01Sep2022, 06:43:56 Control Specifications: Control 1

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
01Jan2018	00:00				0.0	0.7	0.7
02Jan2018	00:00	17.40	17.40	0.00	0.0	0.1	0.1
03Jan2018	00:00	14.91	14.91	0.00	0.0	0.0	0.0
04Jan2018	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
05Jan2018	00:00	2.48	2.48	0.00	0.0	0.0	0.0
06Jan2018	00:00	0.25	0.25	0.00	0.0	0.0	0.0
07Jan2018	00:00	12.42	11.85	0.57	0.5	0.0	0.5
08Jan2018	00:00	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
09Jan2018	00:00	3.48	3.06	0.42	0.4	0.0	0.4
10Jan2018	00:00	10.78	8.83	1.95	1.7	0.0	1.7
11Jan2018	00:00	14.04	10.22	3.82	3.6	0.0	3.6
12Jan2018	00:00	7.04	4.65	2.38	2.9	0.0	2.9
13Jan2018	00:00	1.50	0.96	0.55	1.2	0.0	1.2
14Jan2018	00:00	8.01	4.90	3.11	2.8	0.0	2.8
15Jan2018	00:00	1.01	0.59	0.41	1.1	0.0	1.1
16Jan2018	00:00	6.04	3.45	2.58	2.4	0.0	2.4
17Jan2018	00:00	8.55	4.61	3.94	3.9	0.0	3.9
18Jan2018	00:00	7.52	3.81	3.71	4.1	0.0	4.1
19Jan2018	00:00	10.31	4.88	5.43	5.5	0.0	5.5
20Jan2018	00:00	0.00	0.00	0.00	1.5	0.0	1.5
21Jan2018	00:00	2.48	1.12	1.36	1.4	0.0	1.4
22Jan2018	00:00	0.00	0.00	0.00	0.4	0.0	0.4
23Jan2018	00:00	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
24Jan2018	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
25Jan2018	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
26Jan2018	00:00	6.52	2.85	3.67	3.0	0.0	3.0
27Jan2018	00:00	0.00	0.00	0.00	0.8	0.0	0.9

Gambar 6. Debit Hitungan Sungai Paniki

Summary Results for Subbasin "Lokasi Penelitian"

Project: Analisis Debit Banjir Simulation Run: 1. Kala Ulang 5 Tahun
 Subbasin: Lokasi Penelitian

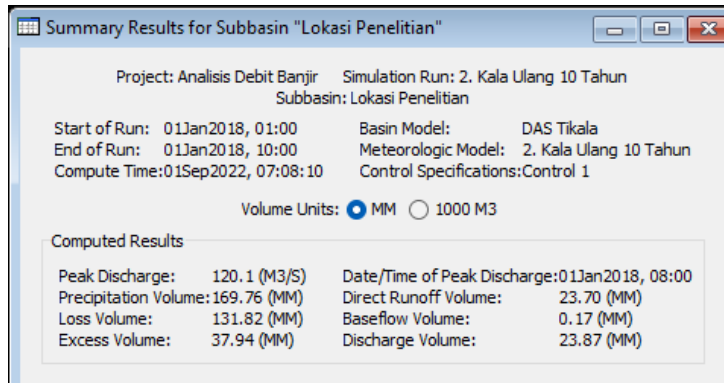
Start of Run: 01Jan2018, 01:00 Basin Model: DAS Tikala
 End of Run: 01Jan2018, 10:00 Meteorologic Model: 1. Kala Ulang 5 Tahun
 Compute Time: 01Sep2022, 07:00:08 Control Specifications: Control 1

Volume Units: MM 1000 M3

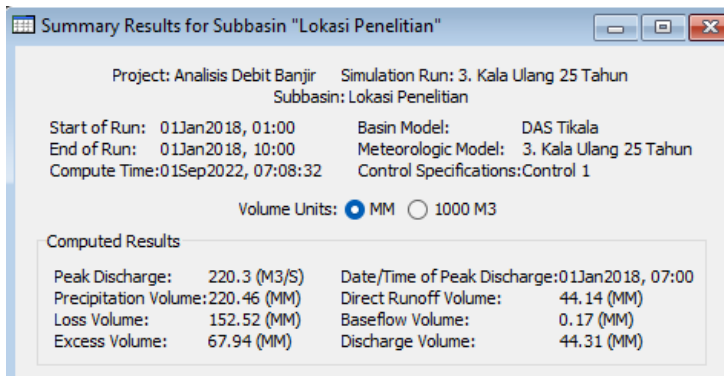
Computed Results

Peak Discharge: 66.5 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge: 01Jan2018, 08:00
Precipitation Volume: 135.36 (MM)	Direct Runoff Volume: 12.57 (MM)
Loss Volume: 114.24 (MM)	Baseflow Volume: 0.17 (MM)
Excess Volume: 21.12 (MM)	Discharge Volume: 12.73 (MM)

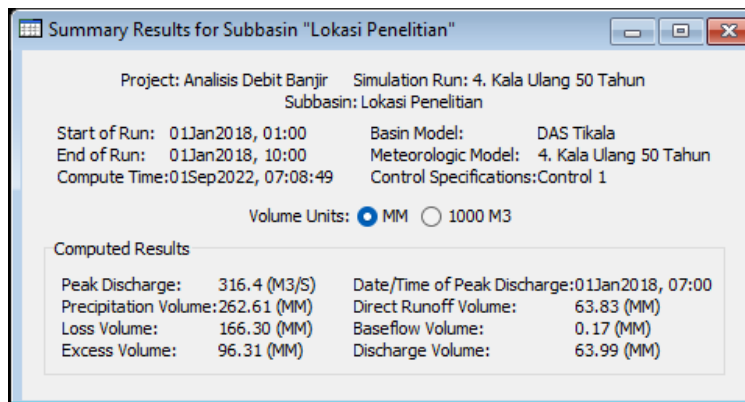
Gambar 7. Summary Result Kala Ulang 5 Tahun



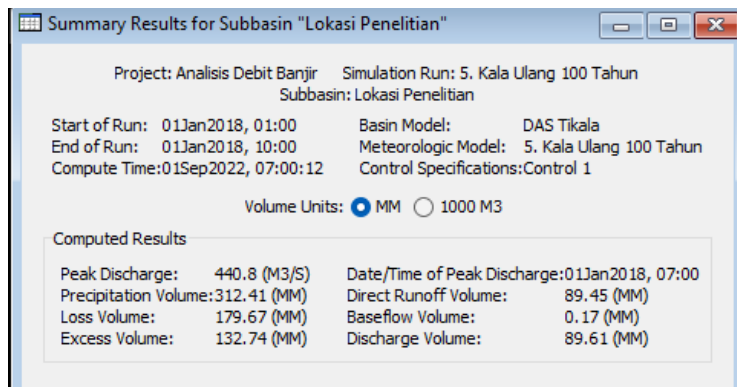
Gambar 8. Summary Result Kala Ulang 10 Tahun



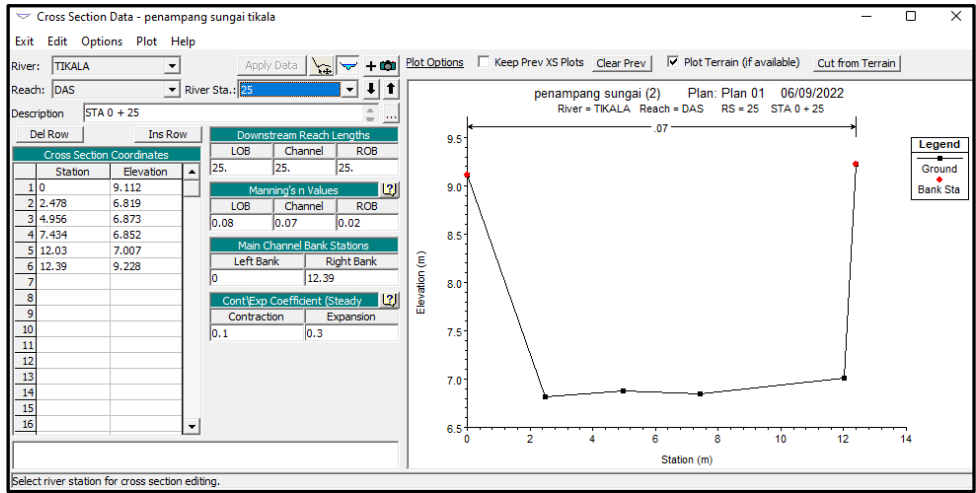
Gambar 9. Summary Result Kala Ulang 25 Tahun



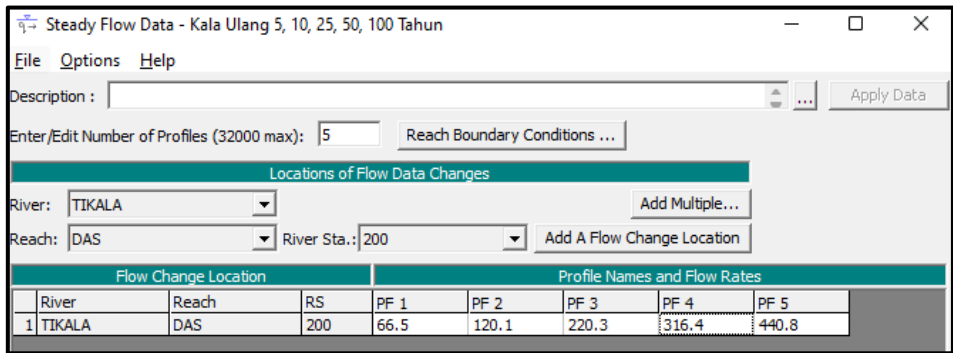
Gambar 10. Summary Result Kala Ulang 50 Tahun



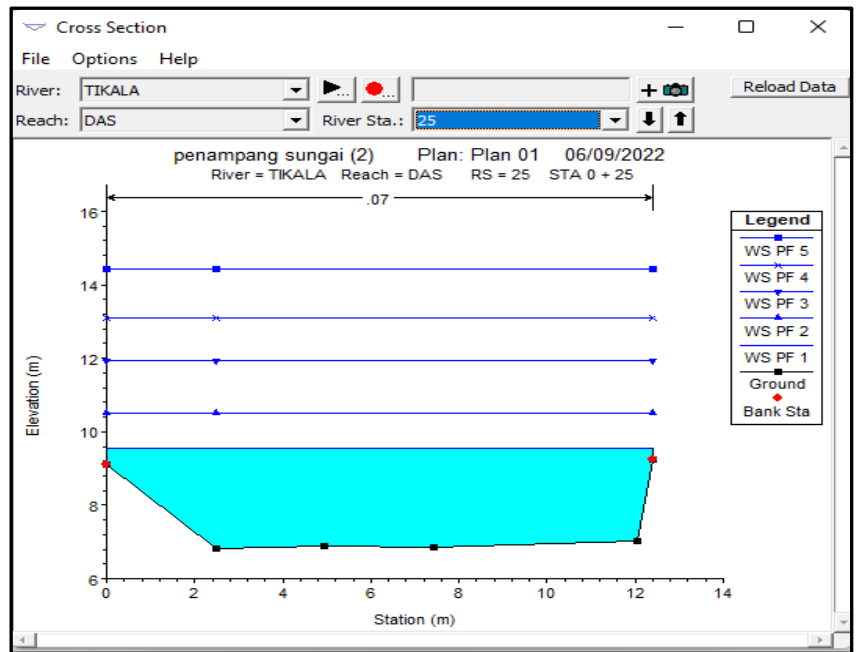
Gambar 11. Summary Result Kala Ulang 100 Tahun



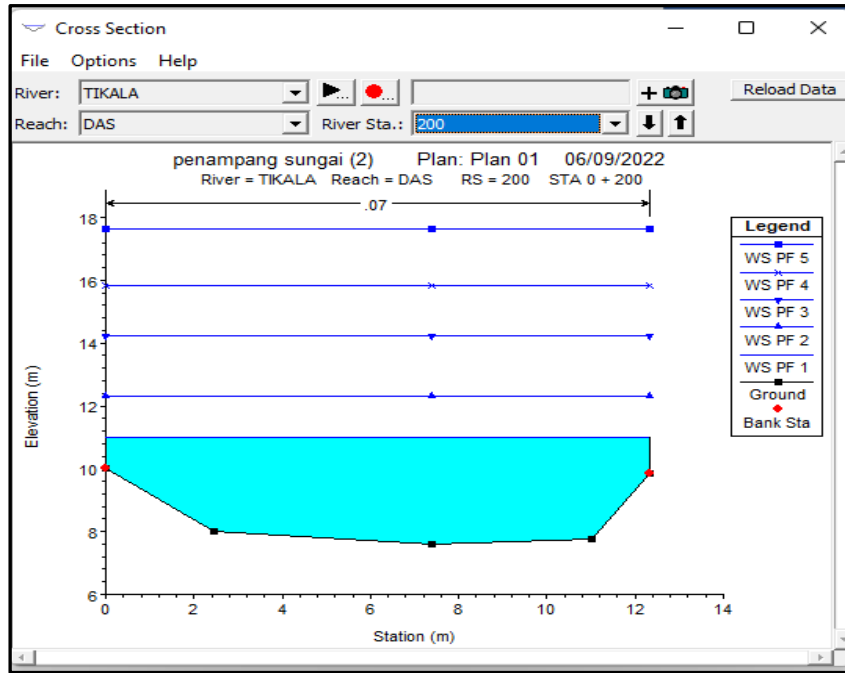
Gambar 12. Data Penampang Melintang Sta. 0 + 25 m



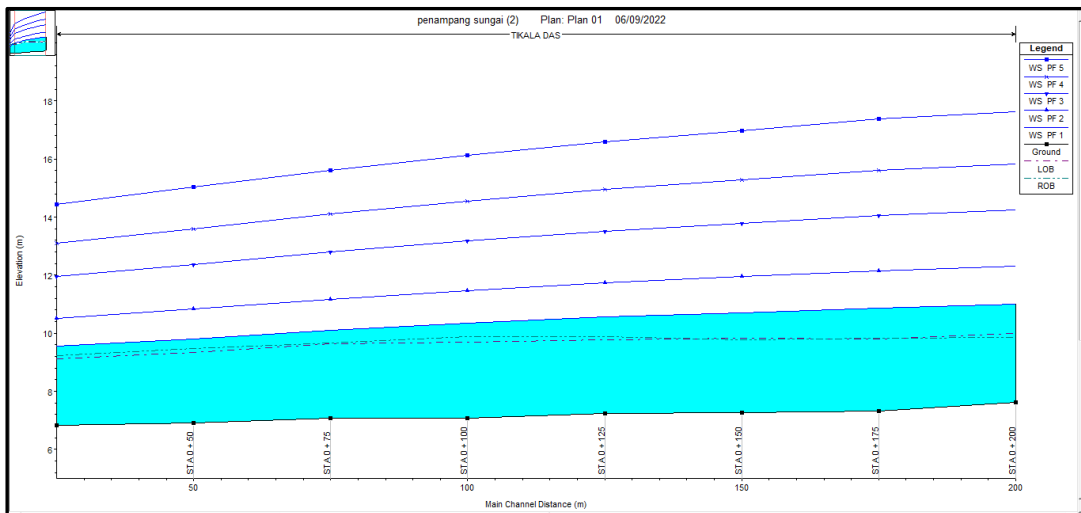
Gambar 13. Pengisian Data Debit



Gambar 13. Rangkuman Tinggi Muka Air Sta. 0 + 25m (Hilir)



Gambar 14. Rangkuman Tinggi Muka Air Sta 0 + 200m (Hulu)



Gambar 15. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Tikala di Titik Kontrol

TABEL 8
Rangkuman Debit Kala Ulang Yang Meluap Pada Tiap STA

NO	STA	KALA ULANG				
		Q5	Q10	Q25	Q50	Q100
1.	0+25	✓	✓	✓	✓	✓
2.	0+50	✓	✓	✓	✓	✓
3.	0+75	✓	✓	✓	✓	✓
4.	0+100	✓	✓	✓	✓	✓
5.	0+125	✓	✓	✓	✓	✓
6.	0+150	✓	✓	✓	✓	✓
7.	0+175	✓	✓	✓	✓	✓
8.	0+200	✓	✓	✓	✓	✓

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi yang telah dilakukan, maka:

1. Besaran hujan dengan kala ulang yang panjang menghasilkan debit puncak yang besar
2. Debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun = 66,5 m³/det, kala ulang 10 tahun = 120,1 m³/det, kala ulang 25 tahun = 220,3 m³/det, kala ulang 50 tahun = 316,4 m³/det, dan kala ulang 100 tahun = 440,8 m³/det.
3. Hasil simulasi menunjukkan bahwa semua penampang Sungai Tikala yang ditinjau sudah tidak bisa menampung debit banjir untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun.

B. Saran

1. Membuat tanggul untuk mencegah air meluap ke daerah – daerah yang berada disekitar sungai.
2. Dapat dilakukan pengerukan di dasar sungai untuk mencegah kenaikan muka air.
3. Dapat dilakukan pengendalian non-struktur pengendalian banjir di sungai Tikala yaitu membersihkan sampah-sampah yang ada di sekitar sungai atau mengembalikan fungsi alami sungai.

KUTIPAN

- [1] *Data Hujan Harian Pos Hujan Sawangan*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- [2] *Data Hujan Harian Pos Hujan Rumengkor*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- [3] *Data Debit Harian Sungai Tonado-Tikala*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado
- [4] .2000. *HEC-HMS Technical Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- [5] 2016. *HEC-RAS 5.0 Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- [6] .2016. *HEC-RAS 5.0 Users Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- [7] Bambang Triatmodjo. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta. (12-4, 34, 155-158, 163).
- [8] Nadia, Kivani., Tiny Mananoma, Hanny Tangkudung. 2019. *Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Tembran Di Kabupaten Mnahasa Utara*. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.6 Juni 2019 (703-710) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [9] Salem, Haniedo P., Jeffry S. F. Sumarauw, E. M. Wuisan, 2016. *Pola Distribusi Hujan Jam – Jaman Di Kota Manado Dan Sekitarnya*. Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.3 Maret 2016 (203-210) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [10] Seyhan, Ersin. 1990. *Dasar-dasar Hidrologi*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [11] Sri Harto. 1993. *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [12] Sumarauw, Jeffry. 2013. *Hujan*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [13] Sumarauw, Jeffry. 2017. *Analisis Frekwensi Hujan*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [14] Sumarauw, Jeffry. 2017. *Hidrograf Satuan Sintetis*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [15] Sumarauw, Jeffry. 2018. *HEC-HMS*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [16] Talumepa, Marcio Yosua. Lambertus Tanudjaja. Jeffry S. F. Sumarauw. 2018. *Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Sangkub Kabupaten Bolaan Mongondow Utara*. Jurnal Sipil Statik Vol.5, No.10, Desember 2017 (699-719), ISSN: 2337-6732, Univeristas Sam Ratulangi, Manado.
- [17] 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.