

Kajian Pengendalian Banjir Sungai Londola Tilawat Di Desa Tombatu Kabupaten Minahasa Tenggara

Marcellino J. Manoppo^{#1}, Tiny Mananoma^{#2}, Jeffry S. F. Sumarauw^{#3}

[#]Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

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

¹marcellinomanoppo@gmail.com; ²tmananoma@yahoo.com; ³jeffreysumarauw@unsrat.ac.id

Abstrak

Pada salah satu titik di desa Tombatu, aliran sungai Londola Tilawat kerap kali meluap ketika hujan dengan intensitas tinggi sehingga mengakibatkan berbagai kerugian bagi masyarakat sekitar, sehingga diperlukannya kajian pengendalian banjir. Analisis hidrologi dimulai dengan mencari frekuensi hujan menggunakan metode Log Pearson III. Data hujan yang digunakan yaitu data curah hujan harian maksimum yang diambil dari pos hujan Molompas Rasi tahun 2011 s/d 2020. Setelah didapat besaran hujan, pemodelan hujan aliran dengan program komputer HEC-HMS menggunakan HSS Soil Conservation Services, dan kehilangan air dengan SCS Curve Number (CN). Untuk aliran dasar (baseflow) menggunakan metode recession. Dilakukan kalibrasi parameter HSS SCS dengan mengkalibrasi debit puncak. Parameter – parameter yang dikalibrasi adalah curve number, lag time, baseflow, recession constant, dan ratio to peak. Setelah parameter – parameter DAS terkalibrasi, dilakukan analisis debit banjir berbagai kala ulang menggunakan program komputer HEC-HMS. Setelah didapatkan debit banjir maksimum, dilakukan analisis hidraulika menggunakan program komputer HEC-RAS, dilakukan simulasi tinggi muka air dengan penampang yang telah diukur. Hasil simulasi menunjukkan untuk penampang Sta 0 + 125 masih mampu menampung debit banjir semua kala ulang. Untuk Sta 0 + 25 masih mampu menampung debit banjir kala ulang 5 tahun dan 10 selain itu sudah meluap. Untuk Sta 0 + 100 hanya meluap pada debit banjir kala ulang 50 tahun dan 100 tahun. Untuk Sta 0 + 150 hanya mampu menampung debit banjir kala ulang 5 tahun selain itu sudah meluap. Untuk Sta 0 + 50, Sta 0 + 75, Sta 0 + 175, Sta 0 + 200 tidak mampu menampung debit banjir semua kala ulang.

Kata kunci - sungai Londola Tilawat, banjir, HEC-HMS, HEC-RAS

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sungai Londola Tilawat yang berada di kecamatan Tombatu menjadi salah satu sungai yang memiliki peranan penting dalam kehidupan sehari – hari masyarakat sekitar. Sungai Londola Tilawat ini menjadi salah satu sungai yang dimanfaatkan untuk mengairi daerah persawahan yang ada di kecamatan Tombatu, akan tetapi ketika terjadi hujan dengan intensitas tinggi maka air akan meluap dan menyebabkan berbagai kerugian bagi masyarakat sekitar.

Salah satu bencana banjir yang terparah di ruas sungai Londola Tilawat ini terjadi pada Februari 2018. Banjir yang disebabkan oleh tingginya intensitas hujan yang terjadi di wilayah Kecamatan Tombatu sehingga bantaran sungai Londola Tilawat yang berada di desa Tombatu amblas dikarenakan tidak mampu menahan tingginya intensitas air di sungai, menyebabkan banjir yang menggenangi beberapa desa di kecamatan Tombatu.

Kajian Pengendalian banjir diperlukan untuk mengatasi masalah luapan aliran di sungai Londola Tilawat sehingga dapat mencegah berbagai resiko yang nantinya mengakibatkan berbagai kerugian bagi masyarakat.

B. Rumusan Masalah

Tingginya intensitas hujan sehingga menyebabkan luapan air serta amblasnya bantaran Sungai Londola Tilawat di desa Tombatu yang menyebabkan banjir di beberapa desa di Kecamatan Tombatu sehingga perlu dilakukan kajian dalam upaya pengendalian banjir.

C. Batasan Penelitian

- Lokasi yang akan ditinjau terletak di titik amblasnya bantaran sungai Londola Tilawat di Desa Tombatu dengan jarak masing-masing 100 m ke arah hulu dan hilir.
- Data hujan yang digunakan adalah data hujan harian maksimum.

- Analisis menggunakan program komputer HEC-HMS untuk analisis hidrologi dan HEC-RAS untuk analisis hidraulika.

D. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besaran debit banjir serta elevasi tinggi muka air

banjir rencana sungai Londola Tilawat di desa Tombatu dengan berbagai kala ulang.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan informasi maupun pertimbangan bagi pihak terkait yang berwenang untuk melakukan penanggulangan masalah banjir di sungai Londola Tilawat di desa Tombatu.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

II. METODOLOGI PENELITIAN

Sungai Londola Tilawat terletak di Desa Tombatu, Kecamatan Tombatu, Kabupaten Minahasa Tenggara, dengan titik koordinat $1^{\circ}02'01''$ N $124^{\circ}04'0''$ E. 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 Londola Tilawat. Perhitungan luas DAS dilakukan dengan bantuan program Global Mapper dengan menggunakan data DEM yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi-1. Sehingga diperoleh luas DAS Londola Tilawat sebesar 13,905 km². Untuk gambar

perhitungan Global Mapper akan ditampilkan pada Gambar 3

B. Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan di DAS Londola Tilawat dilakukan dengan menggunakan data curah hujan maksimum yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan periode pencatatan tahun 2011 sampai dengan tahun 2020. Pos hujan yang digunakan sebanyak 1 Pos Hujan MRG Molompar Rasi. Berikut merupakan data hujan harian maksimum dari tahun 2011 sampai 2020 yang 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. 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 2.

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i = \frac{1}{10} \times 19,27907 = 1,928$$

Simpangan Baku:

$$S_{\log X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,029134137}{10-1}} = 0,057$$

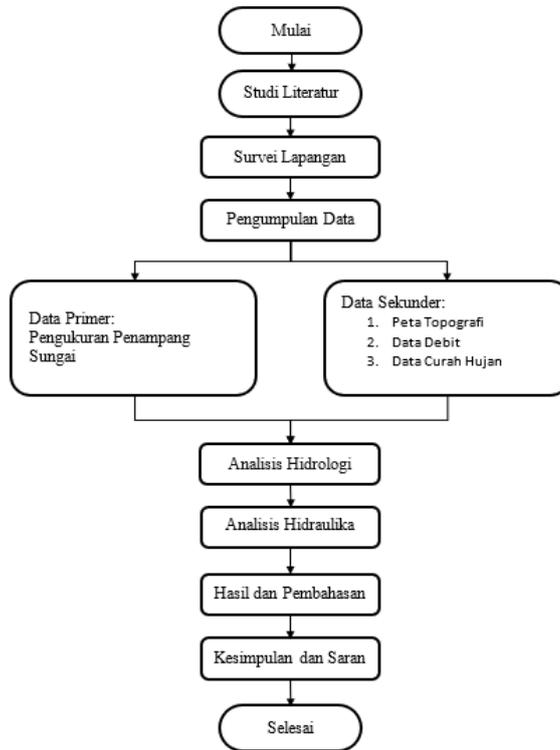
Koefisien *Skewness* (Kemencengan):

$$C_{S_{\log X}} = \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot (S_{\log X})^3} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3 = \frac{10}{(10-1)(10-2) \cdot 0,057^3} \times (-0,000645891) = -0,487 \text{ (Kemencengan Negatif)}$$

E. Analisis Curah Hujan Rencana

Analisis curah hujan rencana dengan tipe sebaran Log Pearson III. Hasil perhitungan curah hujan rencana akan ditampilkan pada Tabel 3. Perhitungan dilakukan dengan terlebih dahulu mendapatkan:

Rata – rata hitung:



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

F. Pola Distribusi Hujan Jam-jaman

Distribusi hujan jam – jaman merupakan pembagian intensitas hujan berdasarkan pola hujan suatu daerah. Dalam penelitian ini digunakan pola hujan dari daerah sekitar yaitu pola hujan daerah yaitu pola hujan daerah Minahasa Selatan dan sekitarnya.. Hasil Distribusi Hujan Rencana Tiap kala ulang akan ditampilkan pada Tabel 4.

G. Perhitungan Nilai SCS Curve Number

Nilai *CN* rata – rata untuk DAS Londola Tilawat adalah 77,104. Perhitungan akan ditampilkan pada Tabel 5.

H. 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*.

I. 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. Dikarenakan sungai Londola Tilawat tidak memiliki data debit terukur, maka perlu dilakukan perhitungan dengan metode analisis regional sehingga data debit sungai Londola Tilawat dapat diketahui. Hasil simulasi

debit hitungan Sungai Londola Tilawat akan ditampilkan pada Gambar 4. Karena hasil kalibrasi debit puncak sama dengan 10,6 m³/s melebihi nilai debit terukur maksimum 1,288 m³/s maka parameter – parameter yang ada di coba – coba hingga debit hasil simulasi memenuhi ketentuan, hasil kalibrasi akan ditampilkan pada Tabel 6. Sedangkan Grafik Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur akan ditampilkan pada Gambar 5.

J. Simulasi Debit Banjir dengan Program Komputer HEC-HMS

Setelah kalibrasi, semua parameter terkalibrasi akan digunakan sebagai komponen sub-DAS untuk perhitungan debit banjir. Hasil simulasi untuk tiap kala ulang akan ditampilkan pada Gambar 6, 7, 8, 9,10.

K. 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*).

Data penampang Sungai Londola Tilawat di Desa Tombatu diambil sejauh 200 m. Data Penampang

Melintang untuk STA 0+075 m akan ditampilkan pada Gambar 11, Untuk pengisian data debit akan ditampilkan pada Gambar 12.

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

Hasil simulasi menunjukkan untuk penampang STA 0+125 masih mampu menampung debit banjir semua kala ulang. Untuk STA 0 + 25 masih mampu menampung debit banjir kala ulang 5 tahun dan 10 selain itu sudah meluap. Untuk STA 0+100 sudah meluap pada debit banjir kala ulang 50 tahun dan 100 tahun sedangkan untuk debit banjir kala ulang 5 tahun, 10 tahun, dan 25 tahun masih dapat ditampung oleh penampang. Untuk STA 0+150 hanya mampu menampung debit banjir kala ulang 5 tahun selain itu sudah meluap melebihi penampang. Untuk STA 0+050, STA 0+075, STA 0+175, STA 0+200 tidak mampu menampung debit banjir semua kala ulang. Untuk rangkuman debit kala ulang yang meluap di tiap STA akan ditampilkan pada Tabel 7.

Hasil simulasi tinggi muka air untuk STA 0+025 dan STA 0+200 akan ditampilkan pada Gambar 13 dan 14. Rangkuman tinggi muka air potongan memanjang Sungai Bailang akan ditampilkan pada Gambar 15.

TABEL 1
Data Curah Hujan Harian Maksimum

No.	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
		MRG Molompar Rasi
1	2011	94,4
2	2012	101,9
3	2013	84,9
4	2014	80,2
5	2015	82,8
6	2016	98,7
7	2017	75,4
8	2018	87,0
9	2019	65,4
10	2020	82,8

Sumber: Balai Wilayah Sungai Sulawesi I

TABEL 2
Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	Cs = 0	-0,153	Tidak Memenuhi
	Ck = 3	3,939	Tidak Memenuhi
Log Normal	Cs = Cv ³ + 3 . Cv = 0,8392	-0,153	Tidak Memenuhi
	Ck = Cv ⁸ + 6Cv ⁶ + 15Cv ⁴ + 16Cv ² + 3 = 4,2778	3,939	Tidak Memenuhi
Gumbel	Cs = 1,14	0,153	Tidak Memenuhi
	Ck = 5,40	3,939	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Bila tidak ada parameter statistik yang sesuai dengan ketentuan distribusi sebelumnya	-	Memenuhi

TABEL 3
Curah Hujan Rencana

Kala Ulang (TR)	Log X_{TR}	X_{TR} (mm)
5 Tahun	1,977	94,755
10 Tahun	1,997	99,358
25 Tahun	2,017	104,076
50 Tahun	2,029	107,012
100 Tahun	2,039	109,568

TABEL 4
Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang

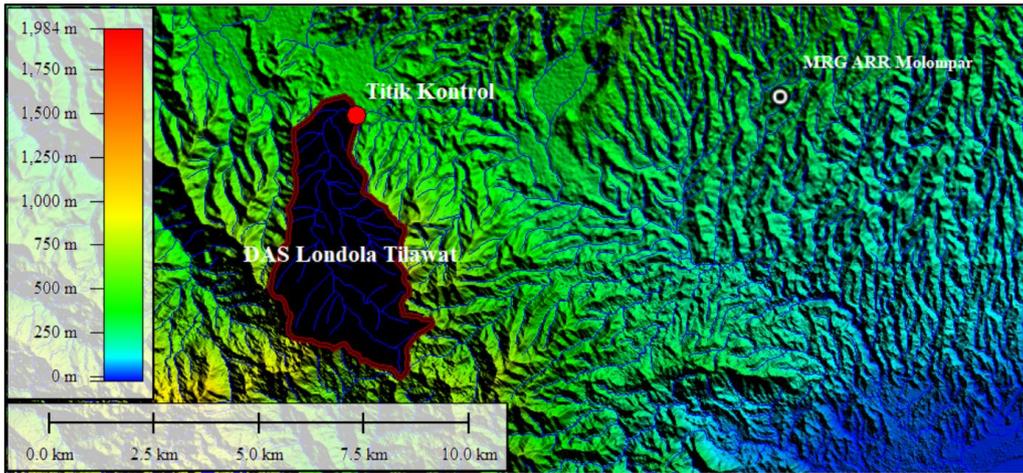
Jam Ke-	Kala Ulang (Tahun)				
	P (mm)				
	5	10	25	50	100
1	59.7	62.6	65.6	67.4	69.0
2	7.6	7.9	8.3	8.6	8.8
3	18.0	18.9	19.8	20.3	20.8
4	6.6	7.0	7.3	7.5	7.7
5	1.9	2.0	2.1	2.1	2.2
6 – 10	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1
Total (mm)	94.8	99.4	104.1	107.1	109.6

TABEL 5
Perhitungan Nilai CN DAS Bailang di Titik Jembatan Bailang

Jenis Tutup Lahan	Luas (Km ²)	Persentase (%)	CN Tiap Lahan	CN
Pemukiman (30% kedap air)	0,32	2,3	81	1,864
Hutan (Tanaman jarang, penutupan jelek)	13,425	96,5	66	74,342
Tanaman yang diolah dan ditanami (tanpa konservasi)	0,16	1,2	71	0,897
Total	13,905	100	-	77,104

TABEL 6
Parameter Hasil Kalibrasi

<i>CN</i>	66
<i>Recesion Constant</i>	0,1
<i>Ratio to Peak</i>	0,3
<i>Initial Discharge</i>	0,298
<i>Lag Time</i>	115



Gambar 3. DAS Londola Tilawat
 Sumber: Global Mapper, Data GIS BWSS-I

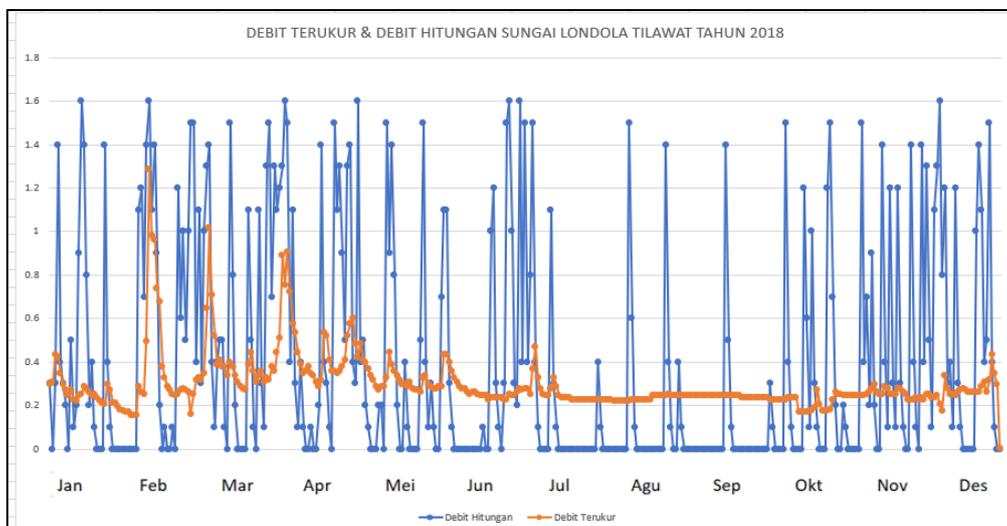
Time-Series Results for Subbasin "Londola Tilawat Ds T..."

Project: HEC HMS acel kalibrasi Simulation Run: Run 1
 Subbasin: Londola Tilawat Ds Tombatu

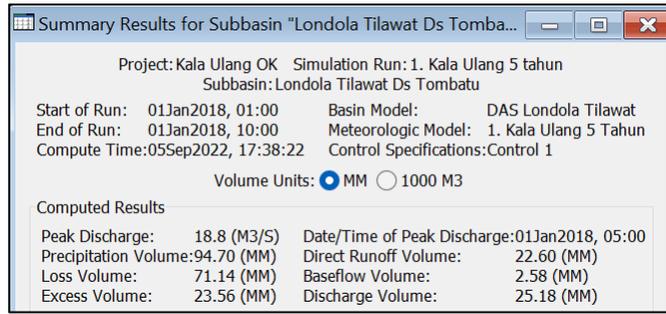
Start of R... 01Jan2018, 00:00 Basin Model: DAS LONDOLA TILAW
 End of R... 31Dec2018, 00:00 Meteorologic Model: Met 1
 Compute Ti... 05Sep2022, 17:33:10 Control Specifications: Control 1

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct ... (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total F... (M3/S)
01Jan2...	00:00				0.0	0.3	0.3
02Jan2...	00:00	39.40	33.47	5.93	0.7	0.0	0.7
03Jan2...	00:00	28.70	12.75	15.95	2.1	0.0	2.1
04Jan2...	00:00	0.00	0.00	0.00	0.6	0.0	0.6
05Jan2...	00:00	4.60	1.53	3.07	0.5	0.0	0.5
06Jan2...	00:00	2.00	0.63	1.37	0.3	0.0	0.3
07Jan2...	00:00	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
08Jan2...	00:00	7.10	2.10	5.00	0.6	0.0	0.6
09Jan2...	00:00	0.00	0.00	0.00	0.2	0.0	0.2
10Jan2...	00:00	3.30	0.91	2.39	0.3	0.0	0.3
11Jan2...	00:00	12.60	3.12	9.48	1.2	0.0	1.2
12Jan2...	00:00	17.00	3.50	13.50	1.9	0.0	1.9
13Jan2...	00:00	14.70	2.52	12.18	2.0	0.0	2.0
14Jan2...	00:00	4.70	0.72	3.98	1.0	0.0	1.0
15Jan2...	00:00	0.00	0.00	0.00	0.2	0.0	0.2
16Jan2...	00:00	4.80	0.70	4.10	0.5	0.0	0.5
17Jan2...	00:00	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
18Jan2...	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
19Jan2...	00:00	0.90	0.13	0.77	0.1	0.0	0.1
20Jan2...	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
21Jan2...	00:00	15.40	2.03	13.37	1.6	0.0	1.6
22Jan2...	00:00	0.00	0.00	0.00	0.4	0.0	0.4
23Jan2...	00:00	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
24Jan2...	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0

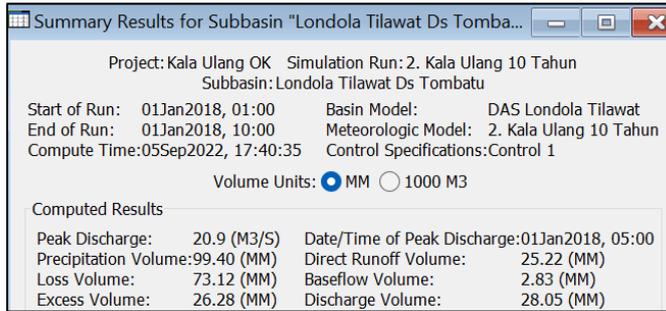
Gambar 4. Debit Hitungan Sungai Londola Tilawat



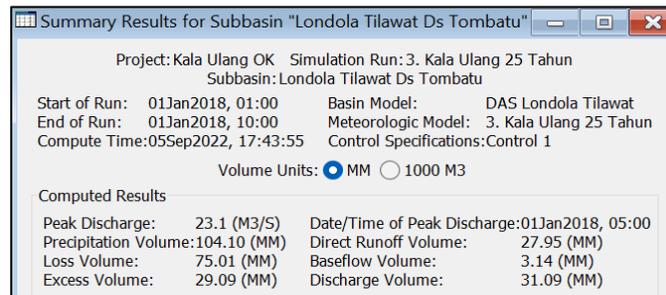
Gambar 5. Grafik Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur



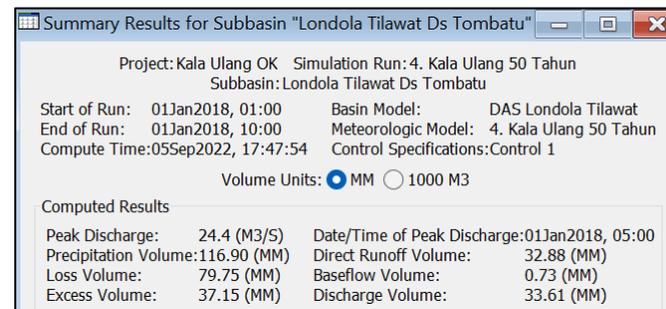
Gambar 6. Summary Result Kala Ulang 5 Tahun



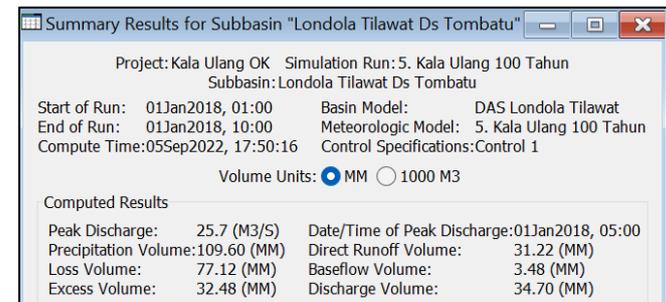
Gambar 7. Summary Result Kala Ulang 10 Tahun



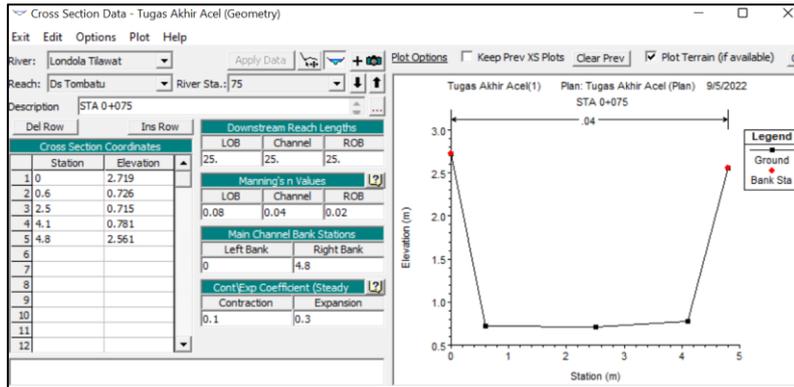
Gambar 8. Summary Result Kala Ulang 25 Tahun



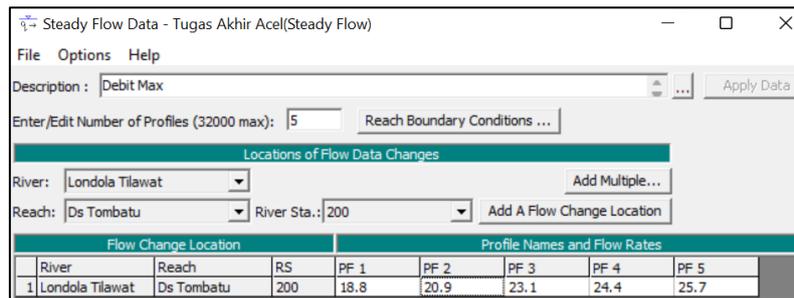
Gambar 9. Summary Result Kala Ulang 50 Tahun



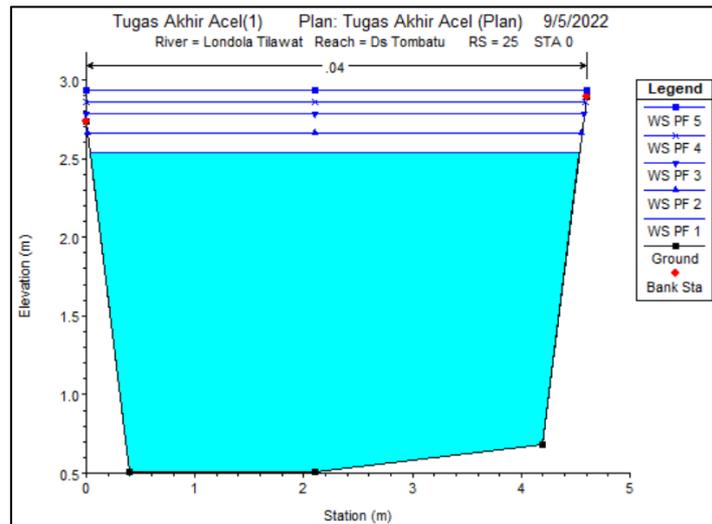
Gambar 10. Summary Result Kala Ulang 100 Tahun



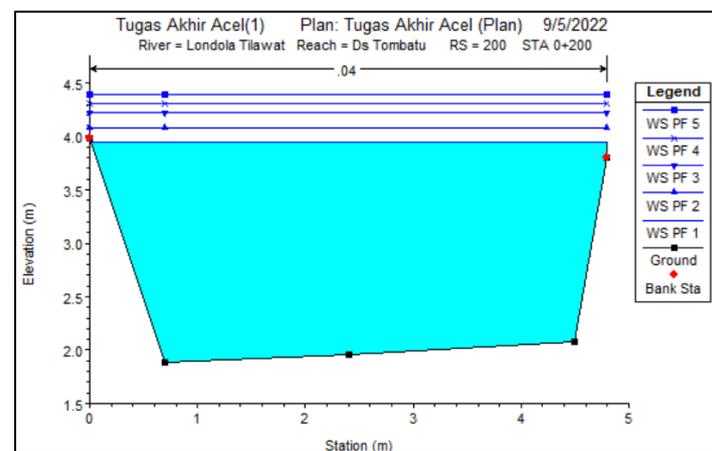
Gambar 11. Data Penampang Melintang Sta 0 + 75 m



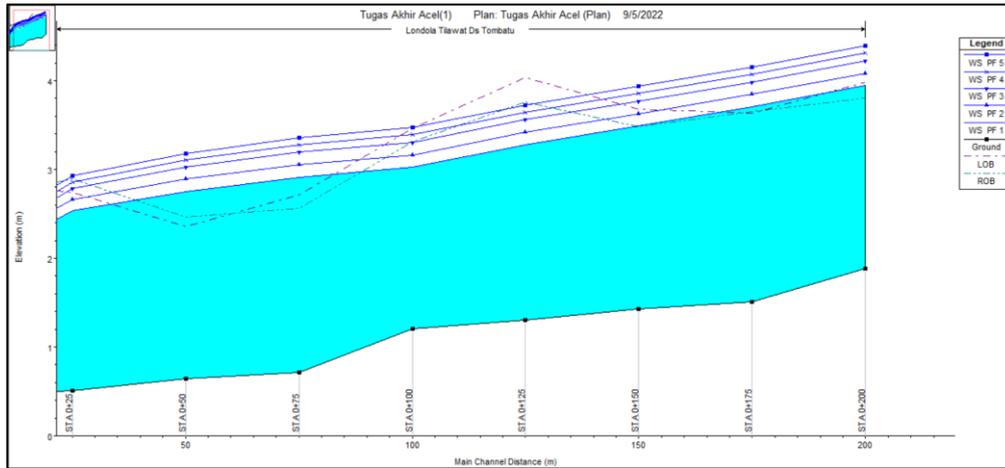
Gambar 12. Pengisian Data Debit



Gambar 13. Rangkuman Tinggi Muka air STA 0+25 (Hilir)



Gambar 14. Rangkuman Tinggi Muka air STA 0+200 (Hulu)



Gambar 15. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Londola Tilawat

TABEL 7
Rangkuman Debit Kala Ulang yang Meluap Pada Tiap STA

NO	STA	KALA ULANG				
		Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₅	Q ₅₀	Q ₁₀₀
1.	0+025			✓	✓	✓
2.	0+050	✓	✓	✓	✓	✓
3.	0+075	✓	✓	✓	✓	✓
4.	0+100				✓	✓
5.	0+125					
6.	0+150		✓	✓	✓	✓
7.	0+175	✓	✓	✓	✓	✓
8.	0+200	✓	✓	✓	✓	✓

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun = 18,8 m³/det, kala ulang 10 tahun = 20,9 m³/det, kala ulang 25 tahun = 21,1 m³/det, kala ulang 50 tahun = 24,4 m³/det, kala ulang 100 tahun = 25,7 m³/det

Hasil simulasi menunjukkan untuk penampang STA 0+125 masih mampu menampung debit banjir semua kala ulang. Untuk STA 0+25 masih mampu menampung debit banjir kala ulang 5 tahun dan 10 selain itu sudah meluap. Untuk STA 0+100 sudah meluap pada debit banjir kala ulang 50 tahun dan 100 tahun sedangkan untuk debit banjir kala ulang 5 tahun, 10 tahun, dan 25 tahun masih dapat ditampung oleh penampang. Untuk STA 0+150 hanya mampu menampung debit banjir kala ulang 5 tahun selain itu sudah meluap melebihi penampang. Untuk STA 0+050, STA 0+075, STA 0+175, STA 0+200 tidak mampu menampung debit banjir semua kala ulang

B. Saran

Setelah melihat, mengkaji, maka berikut adalah beberapa hal yang disarankan untuk dilakukan dalam upaya pengendalian banjir:

1. Perlu dibuatkan tanggul pada penampang di sebelah kiri, serta perlu dilakukan rekonstruksi pada tanggul di sebelah kanan penampang. Untuk tinggi dari masing – masing tanggul di buat setinggi luapan pada kala ulang 100 tahun yang di tambah dengan tinggi jagaan.
2. Perlu dilakukan pembersihan gulma di sekitar penampang.

KUTIPAN

- [1] *Data Hujan Harian Pos Hujan Molompar Rasi*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- [2] *Data Debit Harian Sungai Molompar*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- [3] *.HEC-HMS Technical Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA. 2000.
- [4] *.HEC-RAS 6.0 Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA. 2016.
- [5] *.HEC-RAS 6.0 Users Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA. 2016.
- [6] Bambang, Triatmodjo, *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta. 2008.
- [7] Chow, V.T., Maidment, D.R., Mays, 1988. *Applied Hydrology*. Singapore: McGraw-Hill.

- [8] Nadia, Kivani., Tiny Mananoma, Hanny Tangkudung. *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. 2019.
- [9] Mamuaya, Frana L., Jeffry S. F. Sumarauw, Hanny Tangkudung. *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. 2019.
- [10] Kamase, Malinda., Liany A. Hendratta, Jeffry S. F. Sumarauw. 2017. *Analisis Debit dan Tinggi Muka Air Sungai Tondano di Jembatan Desa Kuwil Kecamatan Kalawat*. Jurnal Sipil Statik Vol. 5 Juni 2017 (175-185) ISSN:2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [11] Seyhan, Ersin. *Dasar-dasar Hidrologi*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. 1990.
- [12] Sumarauw, Jeffry. *Hujan*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado. 2013.
- [13] Sumarauw, Jeffry. *Analisis Frekwensi Hujan*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado. 2017.
- [14] Sumarauw, Jeffry. *Hidrograf Satuan Sintetis*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado. 2017.
- [15] Sumarauw, Jeffry. *HEC-HMS*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado. 2018.
- [16] Sumarauw, Jeffry. 2016. *Pola Distribusi Hujan Jam – Jaman Daerah Minahasa Selatan dan Tenggara*. Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.11 November 2016 (675-686) ISSN 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [17] Supit, Cindy J. *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. 2013.
- [18] Talumepa, Marcio Yosua., Lambertus Tanudjaja, Jeffry S. F. Sumarauw. *Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Sangkub Kabupaten Bolaang Mongondow Utara*. Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.10 Desember 2017 (699-710) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado. 2018.