



Pengendalian Potensi Banjir Sungai Talawaan Di Desa Tumbohon Kabupaten Minahasa Utara

Muhammad A. Tumian^{#a}, Jeffry S. F. Sumarauw^{#b}, Tiny Mananoma^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^aalhafidztumian234@gmail.com; ^bjeffrysumarauw@unsrat.ac.id; ^ctmananoma@yahoo.co.id

Abstrak

Sungai Talawaan adalah sungai yang melewati Desa Tumbohon, Kabupaten Minahasa Utara. Berdasarkan informasi dari warga yang tinggal di daerah sekitar sungai, pada awal tahun 2023 terjadi peningkatan intensitas curah hujan sehingga menyebabkan banjir, yang merugikan karena merendam perumahan warga dan mengakibatkan kerusakan jembatan di Desa Tumbohon. Dengan demikian diperlukan upaya pengendalian potensi banjir dengan menganalisis terhadap besarnya debit banjir dan tinggi muka air sungai Talawaan. Analisis dimulai dengan mencari frekuensi hujan menggunakan metode Log Pearson III. Data Hujan yang digunakan hanya dari satu pos hujan yaitu pos hujan Talawaan. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum tahun 2008 s/d 2022. Setelah didapat besar hujan, pemodelan hujan aliran pada program komputer HEC-HMS menggunakan metode HSS Soil Conservation 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. Dalam kalibrasi ini, parameter yang dikalibrasi adalah curve number. Hasil debit puncak menunjukkan 3,580 m³/det. Setelah itu dilakukan analisis debit banjir dengan parameter yang sudah dikalibrasi menggunakan program komputer HEC-HMS. Debit puncak hasil simulasi setiap kala ulang dimasukkan dalam program komputer HEC-RAS untuk simulasi elevasi tinggi muka air dengan menggunakan data penampang yang telah diukur di lapangan. Hasil simulasi menunjukkan adanya luapan air yang terjadi pada STA 0+25 sampai STA 0+200 pada debit banjir kala ulang 5 tahun (Q5) sampai 100 tahun (Q100).

Kata kunci: Sungai Talawaan, Banjir, HEC-HMS, HEC-RAS

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Sungai Talawaan adalah sungai yang melewati Desa Tumbohon, Kabupaten Minahasa Utara. Berdasarkan informasi dari warga yang tinggal di daerah sekitar sungai, pada awal tahun 2023 terjadi peningkatan intensitas curah hujan sehingga menyebabkan banjir, yang merugikan karena merendam perumahan warga dan mengakibatkan kerusakan jembatan di Desa Tumbohon.

Dengan demikian diperlukan upaya pengendalian potensi banjir dengan menganalisis terhadap besarnya debit banjir dan tinggi muka air sungai Talawaan.

1.2 Rumusan Masalah

Sungai Talawaan meluap pada awal tahun 2023 yang menyebabkan kerugian karena mengganggu aktivitas pengguna jalan, dan terjadi kerusakan jembatan di Desa Tumbohon. Diperlukan kajian pengendalian potensi banjir dengan diperlukan analisis debit banjir dan tinggi muka air di Sungai Talawaan.

1.3 Batasan Penelitian

- Titik tinjau terletak pada jembatan di Desa Tumbohon, kecamatan Talawaan, dengan jarak 200 meter ke arah hulu;
- Analisis hidrologi menggunakan data curah hujan harian maksimum;
- Analisis hidrologi menggunakan program HEC-HMS dan untuk analisis hidraulika menggunakan program HEC-RAS;
- Kala ulang rencana dibatasi 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besaran debit banjir dan elevasi tinggi muka air Sungai Talawaan di titik tinjauan dari jembatan Tumbohon dengan jarak 200 meter ke arah hulu.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan informasi kepada instansi terkait yang berwenang untuk melakukan upaya penanggulangan banjir di Sungai Talawaan.

2 Metode Penelitian

2.1 Lokasi Penelitian

Sungai Talawaan terletak di Desa Tumbohon, Kecamatan Talawaan, Kabupaten Minahasa Utara, Sulawesi Utara. Titik tinjau penelitian terletak di jembatan Tumbohon Kecamatan Talawaan. Secara geografis terletak pada $1^{\circ}34'18.307''$ Lintang Utara $124^{\circ}56'31.190''$ Bujur Timur.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Google Earth)

2.2 Bagan Aliran Penelitian

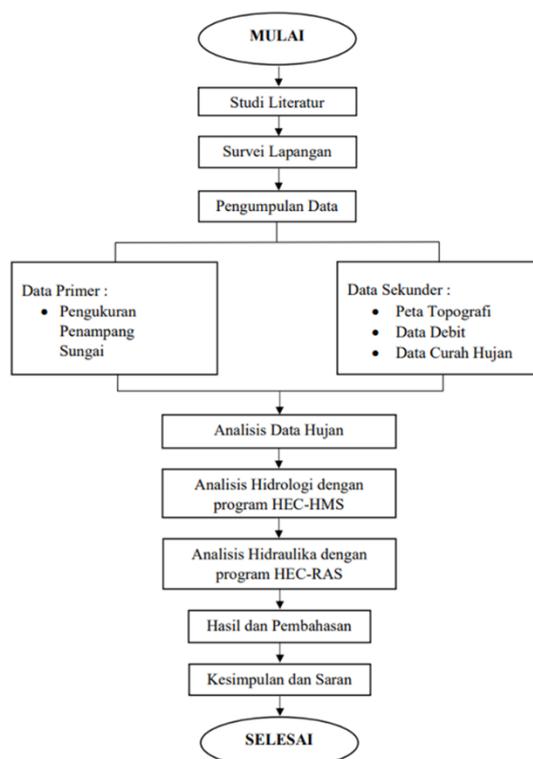
Kegiatan penelitian dilakukan berdasarkan alur pada Gambar 2.

3 Landasan Teori

3.1 Daur Hidrologi

Daur hidrologi adalah gerakan air laut ke udara yang kemudian jatuh lagi ke permukaan bumi sebagai hujan dan akhirnya mengalir kembali ke laut yang berlangsung terus menerus dan

tidak pernah berhenti. Daur hidrologi merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali lagi ke bumi. Neraca air tahunan diberikan dalam nilai relatif terhadap hujan yang jatuh di daratan (100%). 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 yang sampai ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan sebagian lainnya mengalir di atas permukaan tanah (aliran permukaan atau *surface runoff*) mengikuti cekungan tanah, danau, dan masuk ke sungai dan akhirnya mengalir ke laut.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah di mana semua airnya mengalir ke dalam suatu sungai yang dimaksudkan. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi yang berarti ditetapkan berdasarkan pada aliran permukaan, dan bukan ditetapkan berdasar pada air bawah tanah karena permukaan air tanah selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkat pemakaian.

3.3 Analisis Data Outlier

Pengujian data *outlier* dilakukan untuk menentukan berapa banyak data yang menyimpang terlalu tinggi dan terlalu rendah. Hasil uji *outlier* mendapatkan bahwa tidak ada data-data curah hujan tidak ada yang menyimpang. Jika ada data yang menyimpang bisa dikarenakan kesalahan saat pencatatan data atau adanya kejadian ekstrim. Uji *outlier* memiliki 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 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: $\log x_l = \overline{\log x} - Kn \cdot S_{\log}$

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.

$\log x_l$ = *Outlier* rendah.

Nilai Kn dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

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

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

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

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

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 empiris yaitu hidrograf satuan untuk menghitung besarnya debit banjir dengan bantuan program komputer HEC-HMS.

3.6 HSS-SCS

Hidrograf tidak berdimensi SCS (Soil Conservation Services) adalah hidrograf satuan sintetis dimana debit dinyatakan sebagai nisbah debit q terhadap debit puncak q_p dan waktu dalam nisbah waktu t terhadap waktu naik dari hidrograf satuan T_p .

Parameter – parameter SCS:

$$T_1 = \frac{L^{0,8} (2540 - 22,86 CN)^{0,7}}{14,104 CN \times s^{0,5}} \quad \text{Untuk luas DAS} < 16 \text{ km}^2$$

$$T_1 = 0,6 T_c \quad \text{Untuk luas DAS} \geq 16 \text{ km}^2$$

$$T_p = \frac{T_r}{2} + T_1$$

$$Q_p = \frac{2,08 \times A}{T_p}$$

Menghitung *Time of Concentration* (T_c) :

$$T_c = \frac{0,606 (L.n)^2}{s^{0,234}}$$

T_c = Waktu konsentrasi (jam).

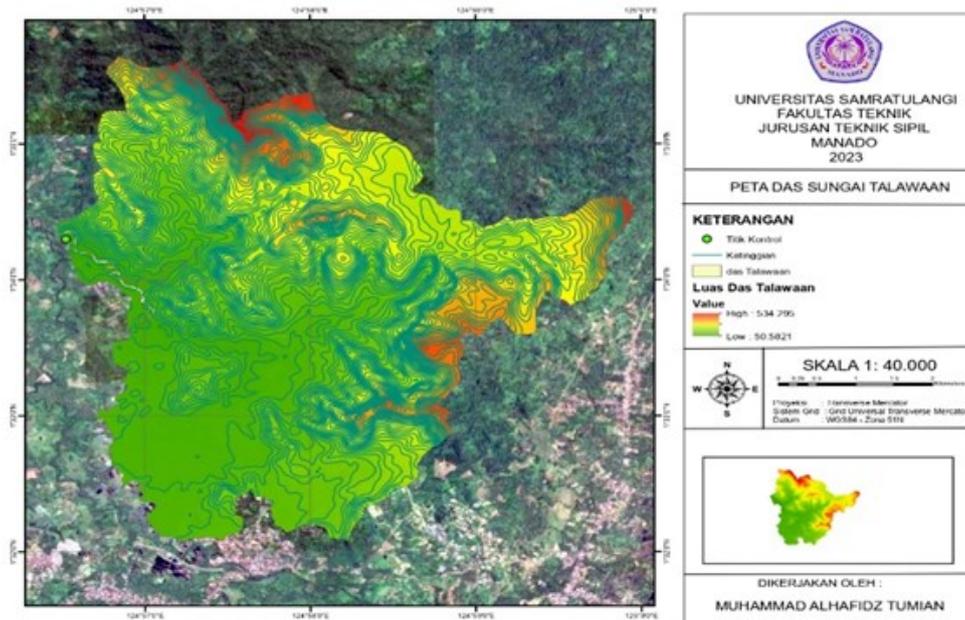
L = Panjang sungai utama terhadap titik kontrol yang ditinjau (km).

- S = Kemiringan lahan antara elevasi maksimum dan minimum
 n = Koefisien kekasaran lahan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Analisis Daerah Aliran Sungai

Analisis daerah aliran sungai (DAS) dilakukan untuk mengetahui luas DAS Talawaan. Perhitungan luas DAS dilakukan dengan bantuan program ArcGIS dengan menggunakan data DEM yang bersumber dari Indonesia Geospasial Portal. Sehingga diperoleh luas DAS Talawaan di titik jembatan sebesar 23,4 km².



Gambar 3. DAS Sungai Talawaan (ArcGIS 10.8, Data DEM www.tanahair.com)

4.2 Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan DAS Talawaan di titik jembatan Desa Tumbohon 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. Pos hujan yang digunakan yaitu Pos Hujan Talawaan. Data hujan harian maksimum dari tahun 2008 sampai 2022 ditampilkan pada Tabel 1.

4.3 Uji Data Outlier

Hasil uji *outlier* data hujan harian maksimum pos hujan MRG Talawaan menunjukkan bahwa data-data curah hujan dari pos hujan tersebut tidak ada yang menyimpang.

4.4 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). Untuk membantu perhitungan parameter untuk penentuan tipe distribusi, dibuat Tabel 2.

4.5 Analisis 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:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i = \frac{1}{15} \times 31,331 = 2,088$$

Simpangan Baku:

$$S_{\log X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{N - 1}} = \sqrt{\frac{0,1092}{15 - 1}} = 0,0883$$

Koefisien skewness (Kemencengan):

$$Cs_{\log} = \frac{N}{(N - 1)(N - 2)S_{\log}^3} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3 = \frac{15}{(15 - 1)(15 - 2)0,0883^3} \times 0,004 = 0,488 \text{ (kemencengan positif)}$$

Tabel 1. Data Curah Hujan Harian Maksimum (Balai Wilayah Sungai Sulawesi I; 2023)

Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)
	Pos Hujan Talawaan
2008	161
2009	106
2010	110
2011	141
2012	118
2013	94
2014	94
2015	131
2016	151
2017	183
2018	102
2019	109
2020	148
2021	122
2022	107

Tabel 2. Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	Cs = 0	0,77	Tidak Memenuhi
	Ck = 3	3,75	Tidak Memenuhi
Log Normal	Cs = Cv ³ + 3 Cv = 0,88	0,77	Tidak Memenuhi
	Ck = Cv ⁸ + 6*Cv ⁶ + 15*Cv ⁴ + 16*Cv ² + 3 = 4 = 4,42	3,75	Tidak Memenuhi
Gumbel	Cs = 1,14	0,77	Tidak Memenuhi
	Ck = 5,40	3,75	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Bila tidak ada parameter statistik yang sesuai dengan ketentuan distribusi	-	Memenuhi

Tabel 3. Hujan Rencana Tiap Kala Ulang

Kala Ulang (TR)	Log X _{TR}	X _{TR}
5 Tahun	2,160	144,6218551 mm
10 Tahun	2,205	160,5389128 mm
25 Tahun	2,257	180,7931714 mm
50 Tahun	2,292	196,062762 mm
100 tahun	2,325	211,4954224 mm

4.6 Pola distribusi Hujan Jam-jaman

Distribusi hujan jam-jaman merupakan pembagian intensitas hujan berdasarkan pola hujan suatu daerah. Dalam penelitian ini digunakan pola hujan Kabupaten Minahasa dan sekitarnya. Pola distribusi hujan jam-jaman di Kabupaten Minahasa dan sekitarnya terjadi dalam waktu 8-10 jam (Sumaraw Jeffry; 2017).

Tabel 4. Pola Distribusi Hujan Kabupaten Minahasa dan Sekitarnya

Jam Ke-	1	2	3	4	5	6	7	8 - 10
% Distribusi Hujan	50,83	25,17	8,63	4,93	2,93	1,35	2,43	1,24

4.7 Perhitungan nilai SCS Curve Number

Tabel 5. Perhitungan Nilai CN Rata-Rata DAS Sungai Talawaan

Jenis Tutup Lahan	Luas(km)	Presentase (%)	Cn Tiap Lahan	Cn
Hutan (Penutupan Baik)	7,80	33,3	25	8,33
Tanah yang di konservasi	7,80	33,3	79	26,33
Pemukiman (65% Kedap Air)	7,8	33,3	25	8,33
Total	23,4	100		43

Nilai CN Rata-rata untuk DAS Sungai Talawaan adalah 43.

4.8 Analisis Debit Banjir Rencana

Pemodelan hujan aliran pada program komputer HEC-HMS akan menggunakan metode *HSS Soil Curve Number (CN)*. Untuk aliran dasar (*baseflow*) akan menggunakan metode *recession*. Pertama akan dihitung asumsi *lag time* dari DAS Talawaan dengan data parameter DAS sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 L &= 10 \text{ km}^2 \\
 s &= 0,05 \\
 n &= 0,8 \\
 T_i &= 0,6 \cdot T_c \\
 &= 0,6 \cdot 3,25 \\
 &= 1,95 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

4.9 Kalibrasi Parameter HSS-SCS

Kalibrasi merupakan suatu proses di mana 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. Setelah mendapatkan hasil debit hitungan dari simulasi HEC-HMS, maka dibandingkan dengan data debit terukur. Kalibrasi dilakukan pada DAS lokasi penelitian dengan data debit terukur dilapangan. Dikarenakan titik tinjauan di Sungai Talawaan tidak memiliki data debit terukur, maka perlu dilakukan perhitungan dengan metode analisis regional sehingga data debit pada titik tinjauan di Sungai Talawaan dapat diketahui.

4.10 Simulasi debit banjir dengan program HEC-HMS

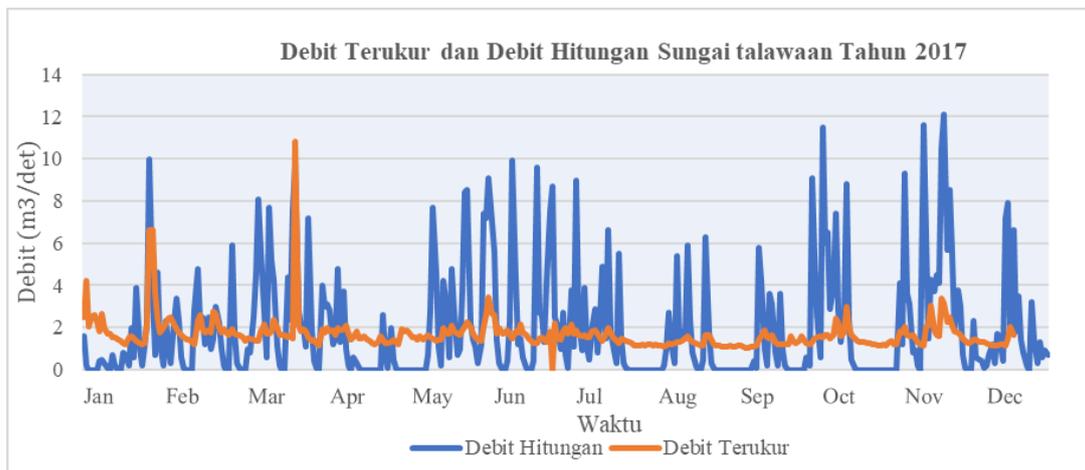
Semua parameter terkalibrasi akan digunakan sebagai parameter pada komponen sub-DAS untuk perhitungan debit banjir. Dengan data hujan rencana jam-jaman yang telah dihitung maka diperoleh hasil simulasi program *computer HEC-HMS* ditunjukkan pada Gambar 7 sd. Gambar 11.

Project: das talawaan fix Simulation Run: Run 38 Subbasin: das talawaan							
Start of Run: 01Jan2017, 00:00		Basin Model: talawaan					
End of Run: 31Dec2017, 00:00		Meteorologic Model: kalibrasi					
Compute Time:23Dec2023, 11:48:31		Control Specifications:waktu					
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
09Nov2017	00:00	12.00	0.22	11.78	3.1	0.0	3.1
10Nov2017	00:00	0.00	0.00	0.00	0.8	0.0	0.8
11Nov2017	00:00	4.00	0.07	3.93	0.9	0.0	0.9
12Nov2017	00:00	0.00	0.00	0.00	0.2	0.0	0.2
13Nov2017	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
14Nov2017	00:00	58.50	1.03	57.47	11.6	0.0	11.6
15Nov2017	00:00	16.00	0.27	15.73	6.4	0.0	6.4
16Nov2017	00:00	0.00	0.00	0.00	1.5	0.0	1.5
17Nov2017	00:00	20.00	0.34	19.66	4.3	0.0	4.3
18Nov2017	00:00	13.00	0.22	12.78	3.7	0.0	3.7
19Nov2017	00:00	18.00	0.30	17.70	4.5	0.0	4.5
20Nov2017	00:00	14.50	0.24	14.26	4.1	0.0	4.1
21Nov2017	00:00	48.00	0.77	47.23	10.5	0.0	10.5
22Nov2017	00:00	46.50	0.72	45.78	12.1	0.0	12.1
23Nov2017	00:00	13.00	0.20	12.80	5.7	0.0	5.7
24Nov2017	00:00	36.00	0.54	35.46	8.5	0.0	8.5
25Nov2017	00:00	16.50	0.24	16.26	5.5	0.0	5.5
26Nov2017	00:00	3.00	0.04	2.96	1.9	0.0	1.9
27Nov2017	00:00	17.00	0.25	16.75	3.8	0.0	3.8
28Nov2017	00:00	10.00	0.14	9.86	3.0	0.0	3.0
29Nov2017	00:00	0.00	0.00	0.00	0.7	0.0	0.7
30Nov2017	00:00	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
01Dec2017	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
02Dec2017	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0

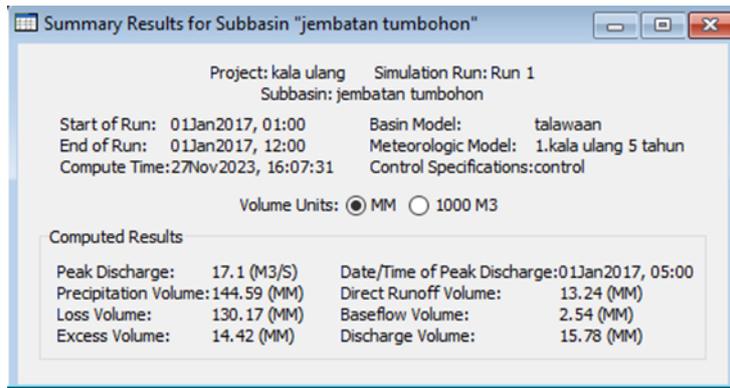
Gambar 4. Hasil Data Debit Hitungan Sungai Talawaan

<i>CN</i>	43
<i>Recession Constant</i>	0,1
<i>Ratio to Peak</i>	0,3
<i>Initial discharge</i>	2,464 m ³ /s
<i>Lag Time</i>	117,248

Gambar 5. Parameter-Parameter Hasil Kalibrasi



Gambar 6. Grafik Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur



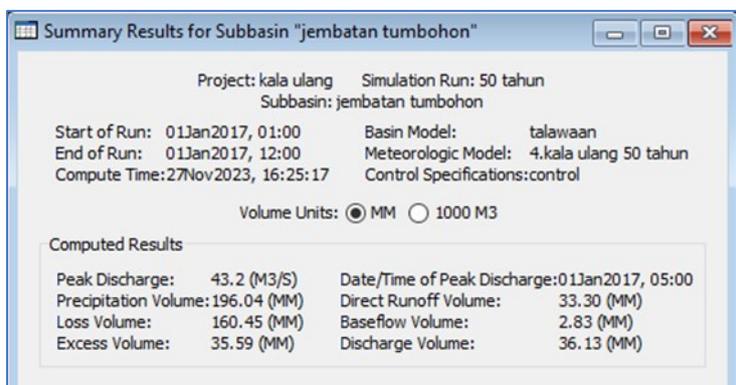
Gambar 7. Summary Result Kala Ulang 5 Tahun



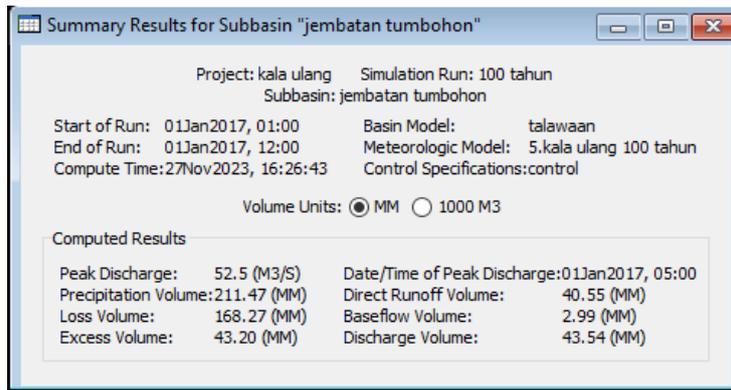
Gambar 8. Summary Result Kala Ulang 10 Tahun



Gambar 9. Summary Result Kala Ulang 25 Tahun



Gambar 10. Summary Result Kala Ulang 50 Tahun



Gambar 11. Summary Result Kala Ulang 100 Tahun

4.11 Simulasi debit banjir dengan program HEC-HMS

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*).

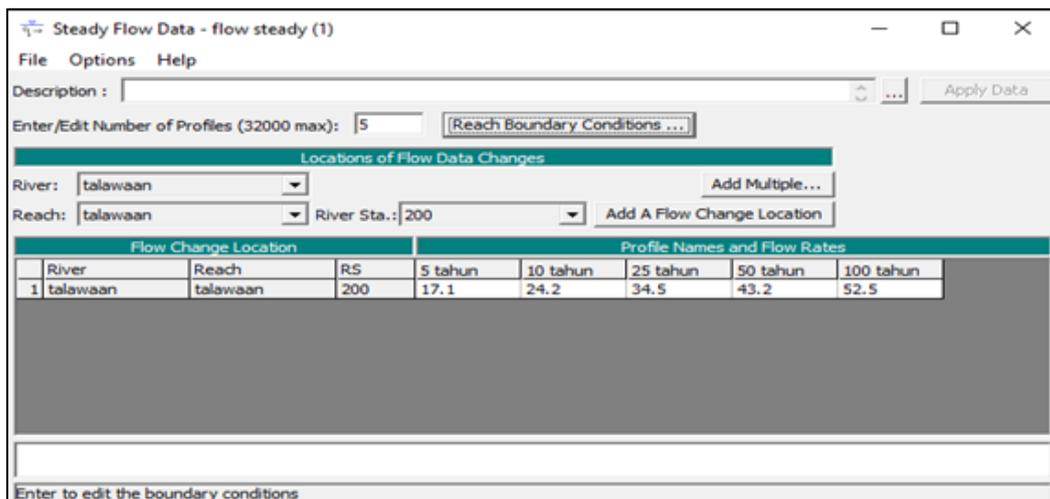
5. Kesimpulan

Debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun (Q_5) = 17,1 m³/det, kala ulang 10 tahun (Q_{10}) = 24,2 m³/det, kala ulang 25 tahun (Q_{25}) = 34,5 m³/det, kala ulang 50 tahun (Q_{50}) = 43,5 m³/det, dan kala ulang 100 tahun (Q_{100}) = 52,5 m³/det.

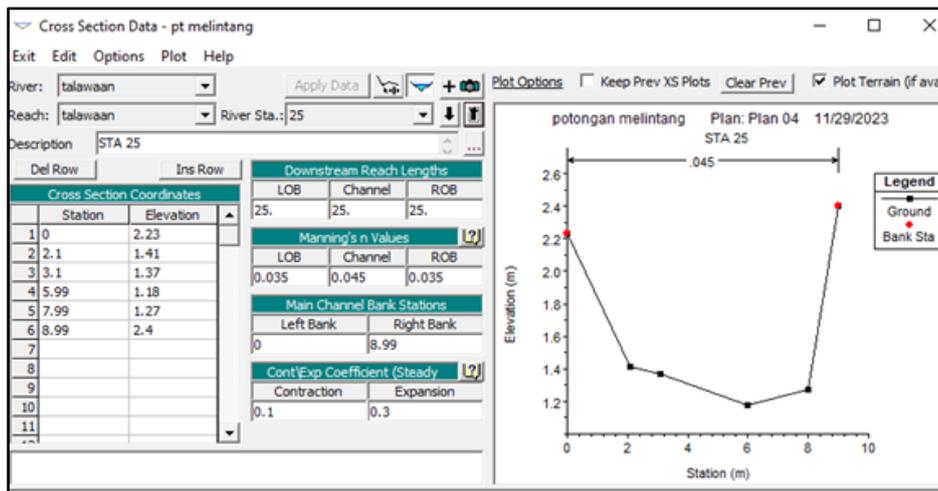
Hasil simulasi menunjukkan adanya luapan air yang terjadi pada STA 0+25, STA 0+50, STA 0+75, STA 0+100, STA 0+125, dan STA 0+150, STA 0+175 dan STA 0+200 pada debit banjir kala ulang 5 tahun (Q5), 10 Tahun (Q10), 25 Tahun (Q25), 50 tahun (Q50), 100 tahun (Q100).

6. Saran

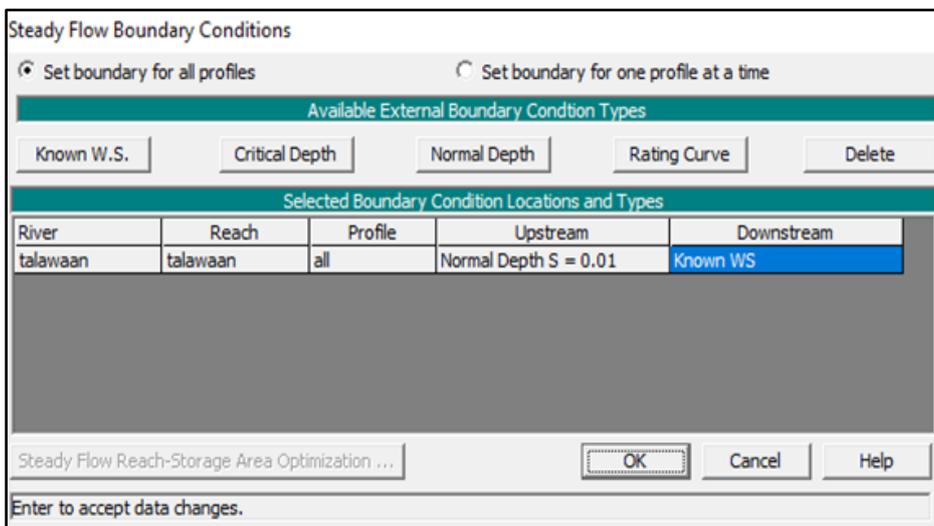
Setelah dilakukan penelitian terhadap tinggi muka air banjir sungai Talawaan. Maka disarankan untuk pembuatan talud pada sisi kiri dan sisi kanan di antara STA +25 hingga STA +200 dalam memaksimalkan penanganan banjir di desa Tumbohon.



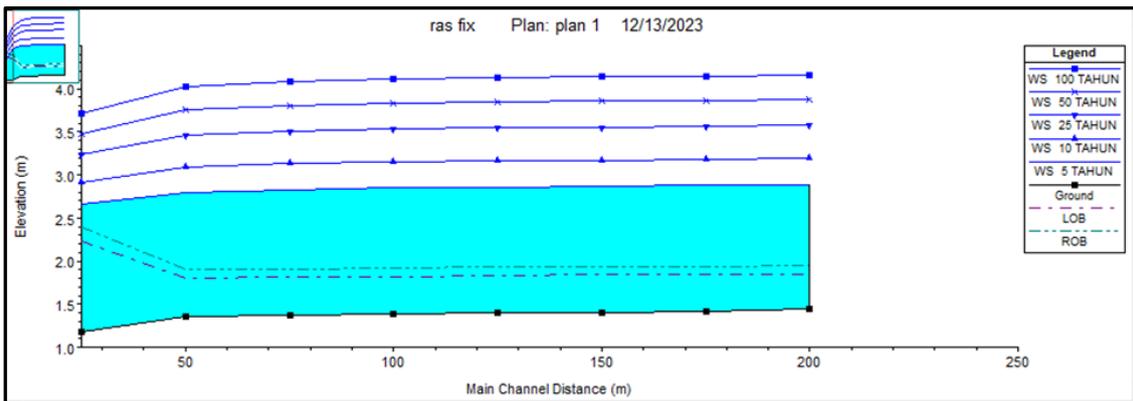
Gambar 12. Data Penampang Sungai STA 0+25m



Gambar 13. Pengisian Data Debit



Gambar 14. Pengisian Reach Boundary Conditions



Gambar 15. Rangkuman Elevasi Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Talawaan

Referensi

_____.2000. *HEC-HMS Technical Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineer, USA

_____.2016. *HEC-RAS 5.0 Reference Manual*. Hidrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.

_____.*Data Debit Harian Sungai Likupang*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.

_____.*Data Hujan Harian Pos Klimatologi Maen*, Talawaan. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.

- Ambat, C., & Sumarauw, J. S. (2023). Analisis debit banjir dan tinggi muka air Sungai Marinsow di Desa Kalinaun Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara. *TEKNO*, 21(85), 1011-1025.
- Bambang, Triatmodjo. 2008. Hidrologi Terapan. Beta Offset, Yogyakarta.
- Chow, V.T., Maidment, D.R., Mays, 1988. Applied Hydrology. Singapore: McGraw-Hill.
- Fajar, M. M., Sumarauw, J. S., & Mananoma, T. (2022). Analisis Potensi Dan Pengendalian Banjir Di Sungai Pulisan Dengan Konsep Eko Hidraulik. *TEKNO*, 20(80).
- Limpong, J. A., Mananoma, T., & Sumarauw, J. S. (2022). Kajian Pengendalian Banjir Di Sungai Bailang Kecamatan Bunaken Kota Manado. *TEKNO*, 20(82), 719-729.
- 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).
- Mawikere, N. C., Sumarauw, J. S., & Supit, C. J. (2022). Analisis Tinggi Muka Air Banjir Sungai Bailang Di Lorong Simphony Kelurahan Sumompo Kota Manado. *TEKNO*, 20(82), 787-796.
- Nadia, K., Mananoma, T., & Tangkudung, H. (2019). Analisis debit banjir dan tinggi muka air Sungai Tembran di Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 7(6).
- Oroh, G. F., Supit, C. J., & Sumarauw, J. S. (2023). Analisis debit banjir dan tinggi muka air Sungai Pakawa di Kelurahan Makalonsow Kecamatan Tondano Timur Kabupaten Minahasa. *TEKNO*, 21(85), 1187-1198.
- Palit, I. E., Sumarauw, J. S., & Tangkudung, H. (2022). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Tikala Di Titik Jembatan Gantung Kelurahan Tikala Ares Kecamatan Tikala. *TEKNO*, 20(82), 775-785.
- Rante, N.R., Sumarauw, J.S.F., & 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. *TEKNO*, 4(65).
- 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.
- Supit, C. J. (2013). The Impact Of Water Projects On River Hydrology. *Tekno*, 11(59).
- 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.
- Tampi, A. C., Sumarauw, J. S., & Supit, C. J. (2023). Analisis Tinggi Muka Air Banjir Sungai Paniki Di Desa Borgo, Tanawangko Kabupaten Minahasa. *TEKNO*, 21(85), 1219-1232.