



Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Sapalalum Di Desa Lelema Kabupaten Minahasa Selatan

Agnesia Kumajas^{#a}, Jeffry S. F. Sumarauw^{#b}, Cindy J. Supit^{#c}

^{#Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia}
^aagnesialivikumajas@gmail.com; ^bjeffrysumarauw@unsrat.ac.id; ^ccindyjeanesupit@unsrat.ac.id

Abstrak

Sungai Sapalalum merupakan salah satu sungai di Kabupaten Minahasa Selatan yaitu di desa Lelema, Kecamatan Tumpaan. Sungai ini sudah pernah meluap dan menyebabkan banyak kerugian bagi masyarakat sekitar. Oleh karena itu dibutuhkan perhitungan debit banjir dan elevasi tinggi muka air yang dapat terjadi. Analisis debit banjir dan elevasi tinggi muka air dilakukan dengan mencari frekuensi hujan dengan menggunakan metode Log *Pearson III*. Data hujan yang digunakan yaitu data hujan harian maksimum yang di ambil dari pos Klimatologi hujan Ranowangko – Tara- tara dan Pentu – Pinaling pada tahun 2008 s/d 2021. Pemodelan hujan aliran dilakukan pada program komputer HEC-HMS menggunakan metode HSS *Soil Conservation Services* dan untuk kehilangan air dengan SCS *Curve Number (CN)*. Untuk aliran dasar (*baseflow*) akan menggunakan metode *recession*. Dilakukan kalibrasi parameter HSS SCS sebelum melakukan simulasi debit banjir dengan menggunakan uji debit puncak. Parameter yang akan 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. Hasil uji uji debit puncak menunjukkan nilai 45,8 m³/det. Kemudian dilakukan analisis debit banjir dengan parameter terkalibrasi menggunakan program komputer HEC-HMS. Debit puncak hasil simulasi setiap kala ulang dimasukkan dalam program komputer HEC-RAS untuk simulasi tinggi muka air pada penampang yang telah diukur. Hasil simulasi menunjukkan bahwa STA 0+025, STA 0+100, STA 125, STA 0+150, STA 0+175, STA 0+200 tidak dapat menampung debit banjir untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun. Hanya STA 0+075 yang dapat menampung debit banjir untuk semua kala ulang rencana.

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

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Sungai Sungai Sapalalum merupakan salah satu dari beberapa sungai yang ada di Kecamatan Tumpaan, Minahasa Selatan. Pada bulan Februari 2006, Januari 2014 dan September 2023 sungai tersebut meluap sehingga menggenangi pemukiman warga diakibatkan karena aliran air berlebihan dan ketika terjadi hujan dengan intensitas yang tinggi dan melebihi kapasitas debit air pada penampang sungai yang tersedia sehingga air meluap dan mengakibatkan banjir di area pemukiman warga.

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.

1.2 Rumusan Masalah

Tingginya intensitas air hujan mengakibatkan meluapnya air dan menggenangi pemukiman warga serta rumah ibadah di sekitar daerah aliran sungai (DAS) sehingga perlu dilakukan kajian dalam upaya pengendalian banjir.

1.3. Batasan Penelitian

- Penampang sungai yang di tinjau yaitu sepanjang 200 meter ke arah hilir dan dimulai dengan jarak 10 meter dari Jembatan Sungai Sapalalum.
- Analisis hidrologi menggunakan data curah hujan harian maksimum.
- Analisis menggunakan komputer HEC – HMS untuk analisis hidrologi dan HEC – RAS untuk analisis hidraulika.
- Kala ulang rencana dibatasi 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besaran debit banjir rencana dan elevasi tinggi muka air Sungai Sapalalum di Desa Lelema.

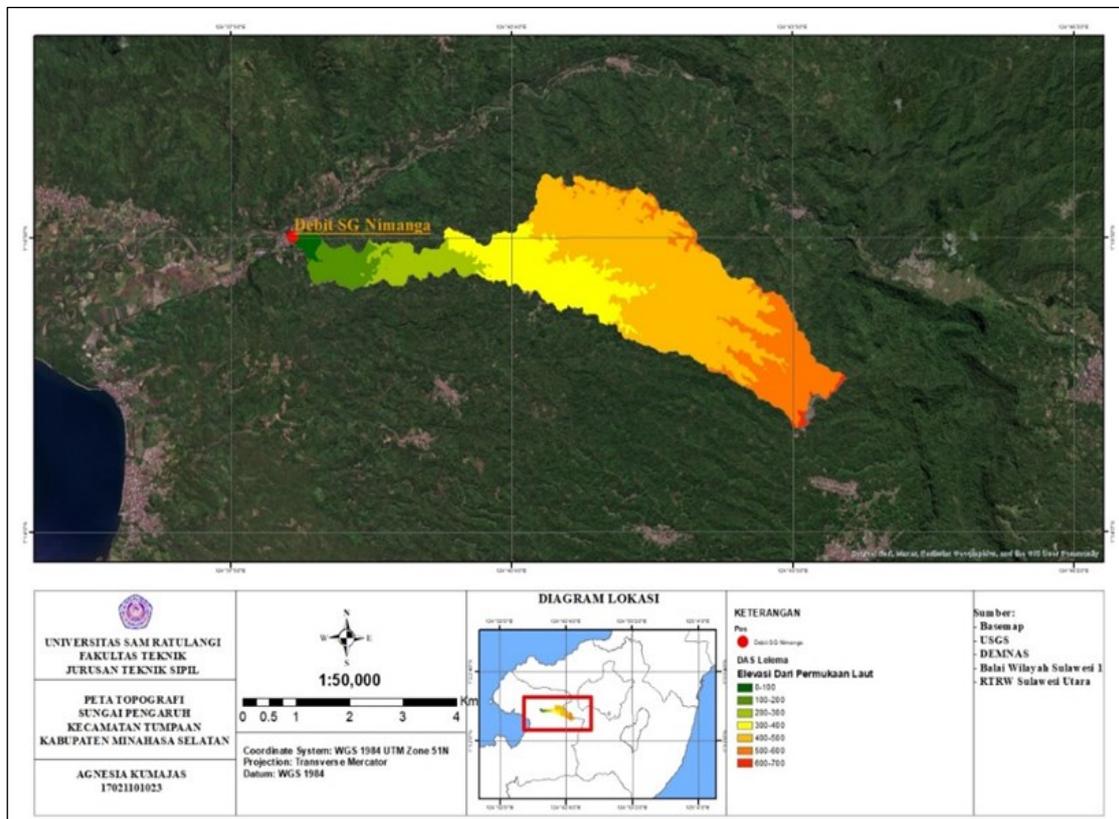
1.5. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan akan dapat bermanfaat dalam penanggulangan masalah banjir di lokasi penelitian juga mencegah dampak-dampak negatif yang akan mengakibatkan banyak kerugian terlebih untuk keselamatan masyarakat yang berada di bantaran Sungai Sapalalum.

2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

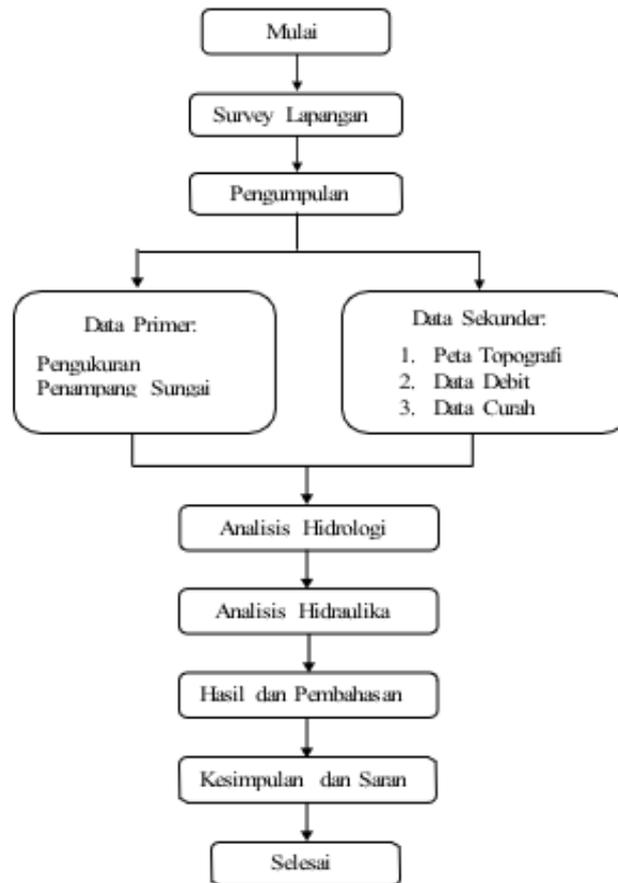
Sungai Sapalalum terletak di Desa Lelema, Kecamatan Tumpaan, Kabupaten Minahasa Selatan, Provinsi Sulawesi Utara. Titik kontrol yang diambil untuk penelitian ini terletak di Jembatan Sungai Sapalalum Desa Lelema. Lokasi penelitian berada di $1^{\circ}16'51''$ LU dan $124^{\circ}38'27''$ BT.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (ArcGIS 10.8 Data DEM www.tanahair.com)

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:

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

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

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

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

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

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

$\log x_h$ = *Outlier* tinggi

$\log x_l$ = *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 Statik

Parameter Statik 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 $Q = C. I. A$
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 empiris yaitu hidrograf satuan untuk menghitung besarnya debit banjir dengan bantuan program *computer* HEC-HMS.

3.6 Hidrograf Satuan Sintesis Soil Conservation Service (SCS)

Hidrograf tidak berdimensi SCS (*Soil Conservation Services*) adalah hidrograf satuan sintesis 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 :

Untuk luas DAS $< 16 \text{ km}^2$

$$T_l = \frac{L^{0,8} (2540 - 22,86 \text{ CN})^{0,7}}{14,104 \text{ CN} \times s^{0,5}} \quad (8)$$

Untuk luas DAS $\geq 16 \text{ km}^2$

$$T_l = 0,6 T_c \quad (9)$$

$$T_p = \frac{T_r}{2} + T_l \quad (10)$$

$$Q_p = \frac{2,08 \times A}{T_p} \quad (11)$$

Menghitung *Time of Concentration* (T_c) :

Dimana :

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

T_c = Waktu konsentrasi (jam)

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

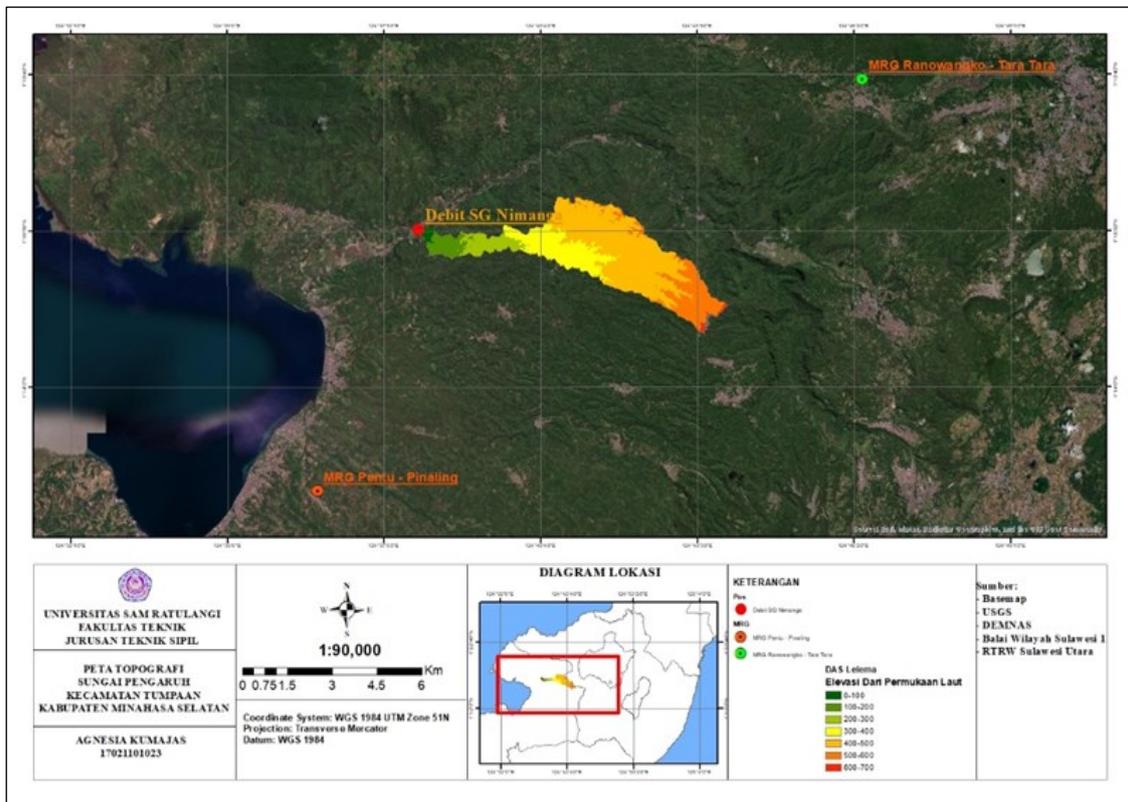
s = Kemiringan lahan antara elevasi maksimum dan minimum (m/m)

n = Koefisien kekasaran lahan

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Analisis Daerah Aliran Sungai

Analisis daerah aliran sungai (DAS) dilakukan untuk mengetahui luas DAS Sapalalum. Perhitungan luas DAS dilakukan dengan bantuan program ArcMap dengan menggunakan data DEM yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi-1. Sehingga diperoleh luas DAS Sapalalum sebesar $14,815893 \text{ km}^2$.



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

4.2. Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan di DAS Sapalalum dilakukan dengan menggunakan data curah hujan maksimum yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan periode pencatatan tahun 2008 sampai dengan tahun 2021. Pos hujan yang digunakan sebanyak 2 Pos Hujan Ranowanko-Taratara dan MRG Pentu-Pinaling. Berikut merupakan data hujan harian maksimum dari tahun 2008 sampai 2021.

Tabel 1. Data Curah Hujan Harian Maksimum

No.	Tahun	MRG Ranowanko-Taratara	MRG Pentu-Pinaling
		(mm)	(mm)
1	2008	117	43.20
2	2009	98.00	59.50
3	2010	156.00	49.10
4	2011	158.00	119.00
5	2012	136.00	211.00
6	2013	80.80	59.00
7	2014	196.50	156.2
8	2015	112.40	29.4
9	2016	102.00	58.7
10	2017	92.00	83.2
11	2018	105.50	89.5
12	2019	68.50	70.4
13	2020	107.00	76.1
14	2021	135.00	105.5

(Sumber: Balai Wilayah Sungai Sulawesi I; 2024)

4.3. Uji Data Outlier

Hasil uji outlier data hujan harian maksimum pos hujan MRG Ranowanko Tara-Tara dan MRG Pentu-Pinaling mendapatkan bahwa data-data curah hujan dari kedua pos hujan tidak ada 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 :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \frac{1}{14} \times 28,41$$

$$= 2,029$$

Simpangan Baku :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,19}{14-1}}$$

Koefisien Skewness (Kemencengan) :

$$Cs_{log} = \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot S^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 = \frac{14}{(14-1)(14-2) \cdot 0,119^3} = 0,543$$

Tabel 3. Hujan Rencana Tiap Kala Ulang

Kala Ulang (Tahun)	Log XTR	XTR
		Hujan Rencana (mm)
5	2.125477254	133.4987667
10	2.187633328	154.0399354
25	2.258959289	181.5345483
50	2.307820709	203.1518161
100	2.353683037	225.778736

4.6. Pola Distribusi Hujan Jam-jaman

Pola distribusi jam-jaman merupakan pembagian intensitas hujan berdasarkan pola hujan suatu daerah. Dalam penelitian ini digunakan pola hujan dari daerah sekitar yaitu hujan daerah minahasa dan sekitarnya.

Tabel 4. Pola Distribusi Hujan Minahasa Selatan dan Sekitarnya
(Jeffry Swingly Frans Sumarauw; 2016)

Jam Ke-	1	2	3	4	5	6 - 10
% Distribusi Hujan	63	8	19	7	2	1

4.7. Perhitungan nilai SCS Curve

Tabel 5. Jenis dan Luas Tutup Lahan DAS Sapalalum

Jenis Tutup Lahan	Luas (km)	Presentase (%)	CN Tiap Lahan	CN
Hutan	14.124	95.33006	70	66.731043
Pemukiman	0.692	4.66994	90	4.2029441
Total	14.815893	100	-	70.93

Nilai *CN* rata – rata untuk DAS Sapalalum adalah 70,93.

4.8. Analisis Debit Banjir Rencana

Pemodelan hujan aliran pada program komputer HEC – HMS akan menggunakan metode HSS *Soil Conserve Service*, dan untuk kehilangan air dengan *SCS Curve Number (CN)*. Untuk aliran dasar (*baseflow*) akan menggunakan metode recession.

Pertama, akan dihitung asumsi *lag time* awal dari DAS Sapalalum dengan data parameter DAS sebagai berikut :

$$L = 11,331 \text{ km}$$

$$s = 0,014$$

$$CN = 70,934$$

Perhitungan dilakukan dengan persamaan 2.20 sebagai berikut :

$$T_l = \frac{L^{0,8} (2540 - 22,86 CN)^{0,7}}{14,104 CN \times s^{0,5}}$$

$$= \frac{11,331^{0,8} (2540 - 22,86 \times 71,94)^{0,7}}{14,104 \times 70,934 \times 0,014^{0,5}}$$

$$= 0,47 \text{ jam.}$$

Debit rata – rata sungai Sapalalum pada tahun 2014 yang didapat adalah 2,629 m³/s dan akan digunakan sebagai Initial Discharge pada program komputer HEC-HMS.

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, maka dibandingkan dengan data debit terukur. Kalibrasi dilakukan pada DAS lokasi penelitian dengan data debit terukur dilapangan. Dikarenakan sungai Sapalalum tidak memiliki data debit terukur, maka perlu dilakukan perhitungan dengan metode analisis regional sehingga data debit sungai Sapalalum dapat diketahui. Sungai yang digunakan adalah sungai Nimanga karena sungai tersebut adalah sungai terdekat dari lokasi pengukuran dan mempunyai daerah aliran sungai yang mirip kondisi fisiknya, sehingga debit sungainya dapat dibandingkan dengan perbandingan luas DAS.

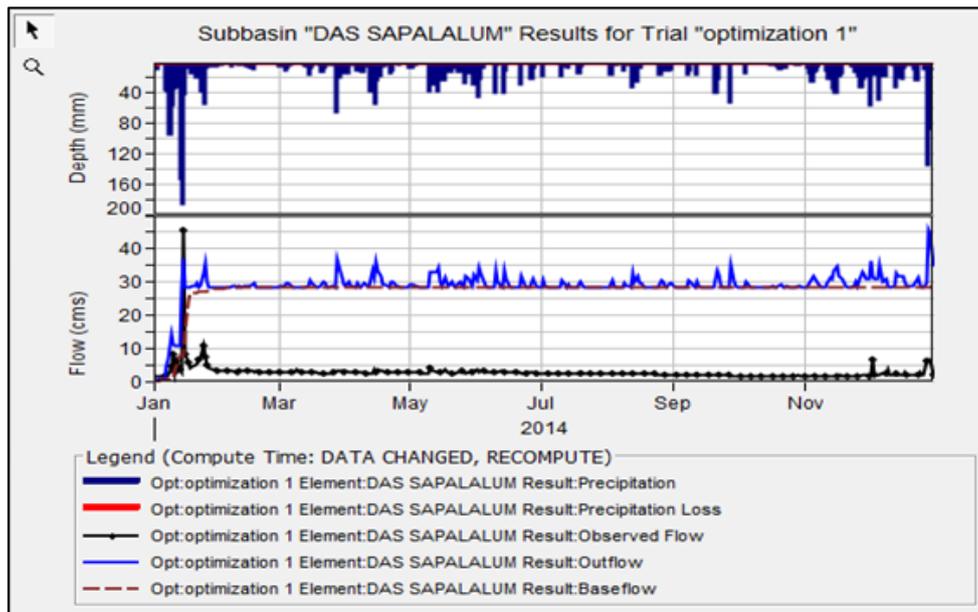
Time-Series Results for Subbasin "DAS SAPALALUM"

Project: Project 1 Sapalalum Optimization Trial: optimization 1
Subbasin: DAS SAPALALUM

Start of Trial: 01Jan2014, 00:00 Basin Model: Basin 1
End of Trial: 31Des2014, 00:00 Meteorologic Model: kalibrasi
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)	Obs Flow (M3/S)
01Jan2014	00:00				0.0	0.0	0.0	1.6
02Jan2014	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	1.6
03Jan2014	00:00	7.80	2.41	5.39	0.7	0.0	0.7	1.6
04Jan2014	00:00	1.20	0.07	1.13	0.3	0.2	0.5	1.6
05Jan2014	00:00	0.00	0.00	0.00	0.1	0.4	0.5	1.6
06Jan2014	00:00	0.40	0.02	0.38	0.1	0.5	0.5	1.5
07Jan2014	00:00	36.10	0.44	35.66	4.6	0.5	5.0	1.7
08Jan2014	00:00	38.00	0.06	37.94	6.1	0.5	6.6	2.1
09Jan2014	00:00	93.80	0.04	93.76	13.5	0.5	14.0	4.6
10Jan2014	00:00	55.30	0.01	55.29	10.7	0.5	11.2	8.1
11Jan2014	00:00	34.40	0.00	34.40	7.1	3.5	10.6	2.9
12Jan2014	00:00	32.10	0.00	32.10	5.8	4.8	10.6	6.2
13Jan2014	00:00	9.80	0.00	9.80	2.7	7.9	10.6	3.6
14Jan2014	00:00	154.00	0.01	153.99	20.2	7.9	28.1	2.9
15Jan2014	00:00	187.00	0.00	187.00	29.4	7.9	37.3	45.8
16Jan2014	00:00	42.00	0.00	42.00	13.1	15.1	28.2	8.3
17Jan2014	00:00	7.30	0.00	7.30	4.0	24.3	28.2	5.8
18Jan2014	00:00	5.70	0.00	5.70	1.5	26.7	28.2	4.0
19Jan2014	00:00	13.50	0.00	13.50	2.0	26.7	28.7	4.3
20Jan2014	00:00	11.50	0.00	11.50	2.0	26.7	28.7	4.6
21Jan2014	00:00	18.90	0.00	18.90	2.9	26.7	29.6	5.0
22Jan2014	00:00	2.40	0.00	2.40	1.1	27.2	28.2	6.4
23Jan2014	00:00	12.40	0.00	12.40	1.8	27.2	29.0	6.9
24Jan2014	00:00	37.90	0.00	37.90	5.3	27.2	32.5	10.5
25Jan2014	00:00	53.90	0.00	53.90	8.3	27.2	35.5	7.3
26Jan2014	00:00	6.80	0.00	6.80	3.1	27.2	30.2	4.7
27Jan2014	00:00	1.50	0.00	1.50	0.9	27.4	28.2	4.0

Gambar 4. Hasil Data Debit Hitungan Sungai Sapalalum



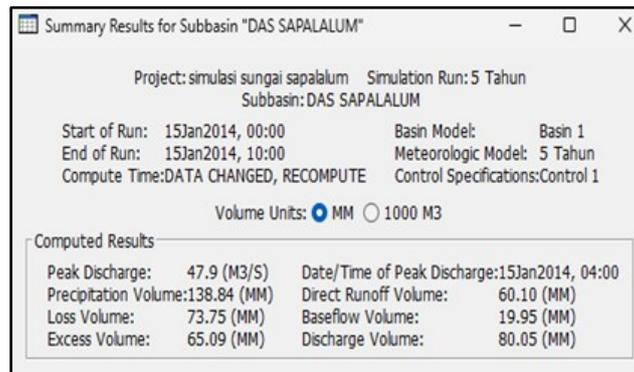
Gambar 5. Grafik Debit Hitungan Dan Debit Terukur Sungai Sapalalum (Analisis Data; 2024)

Tabel 6. Parameter-Parameter Hasil Kalibrasi

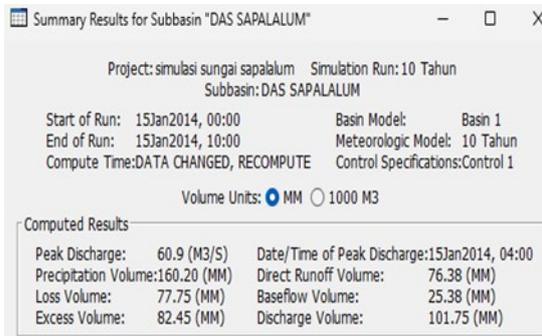
<i>Initial Discharge</i>	1,45 m ³ /detik
<i>Ratio To Peak</i>	0,756
<i>Recession Constant</i>	1
<i>Curve Number</i>	72
<i>Lag Time</i>	144 menit

4.10. Analisis Debit Banjir (HEC-HMS)

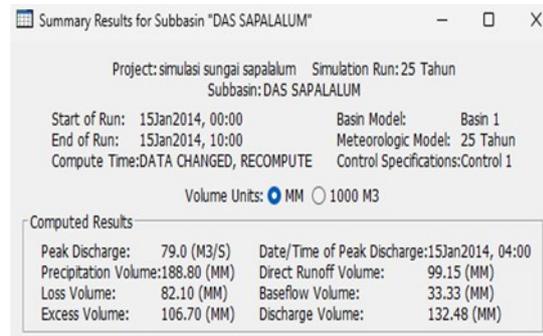
Semua parameter terkalibrasi akan digunakan sebagai parameter pada komponen sub-DAS untuk perhitungan debit banjir. Dengan data hujan rencana jam-jaman yang telah dihitung maka diperoleh hasil simulasi program *computer* HEC-HMS sebagai berikut :



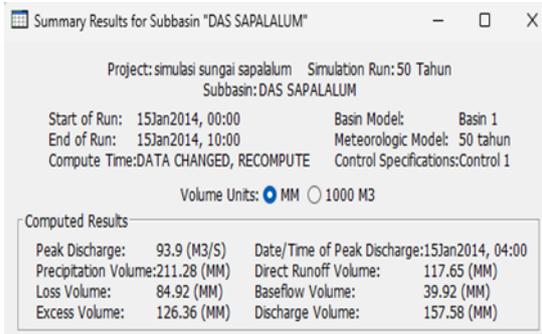
Gambar 6. Summary Results Kala Ulang 5 Tahun



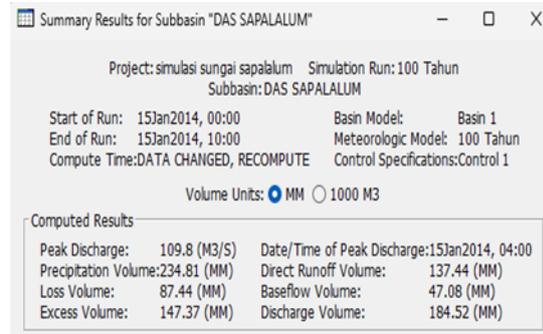
Gambar 7. Summary Results Kala Ulang 10 Tahun



Gambar 8. Summary Results Kala Ulang 25 Tahun



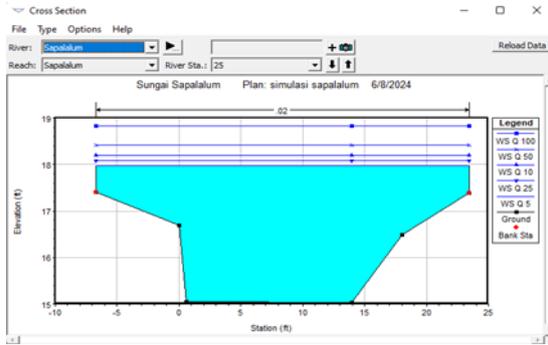
Gambar 9. Summary Results Kala Ulang 50 Tahun



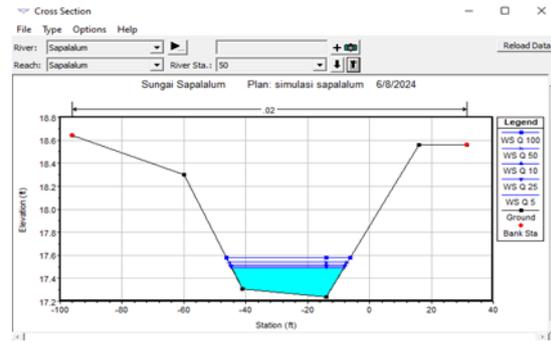
Gambar 10. Summary Results Kala Ulang 100 Tahun

4.11. Analisis Tinggi Muka Air

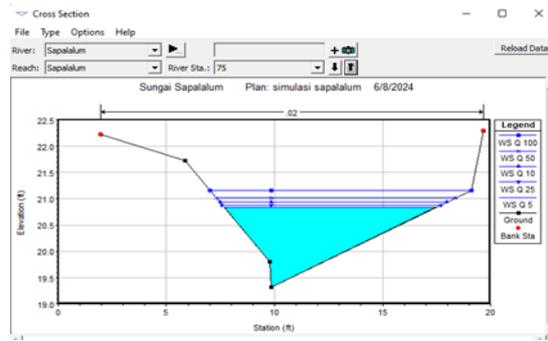
Analisis tinggi muka air menggunakan program *computer* HEC-RAS membutuhkan data masukan yaitu penampang saluran, karakteristik saluran untuk nilai koefisien *n* Manning, dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng (*Steady Flow*).



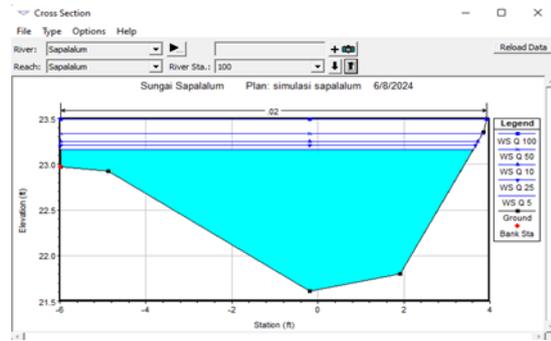
Gambar 11. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0+025



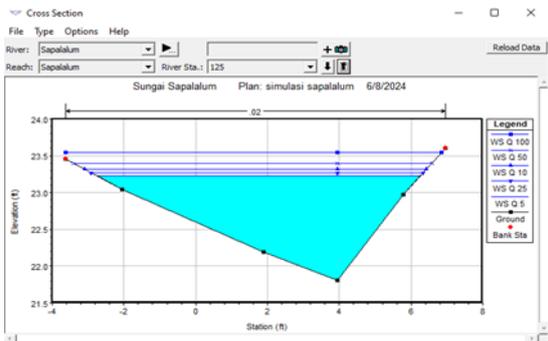
Gambar 12. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0+050



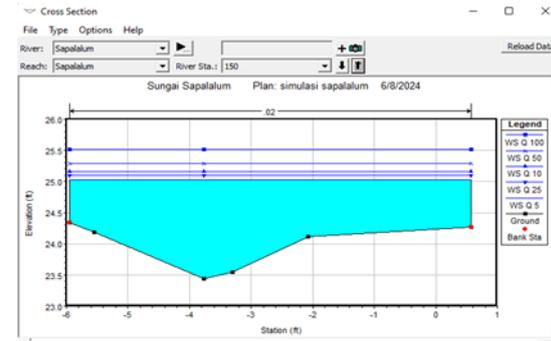
Gambar 13. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0+075



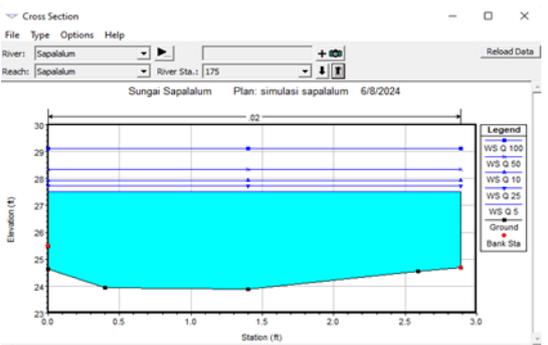
Gambar 14. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0+100



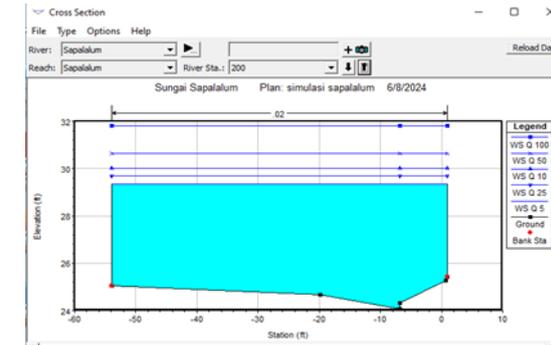
Gambar 15. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0+125



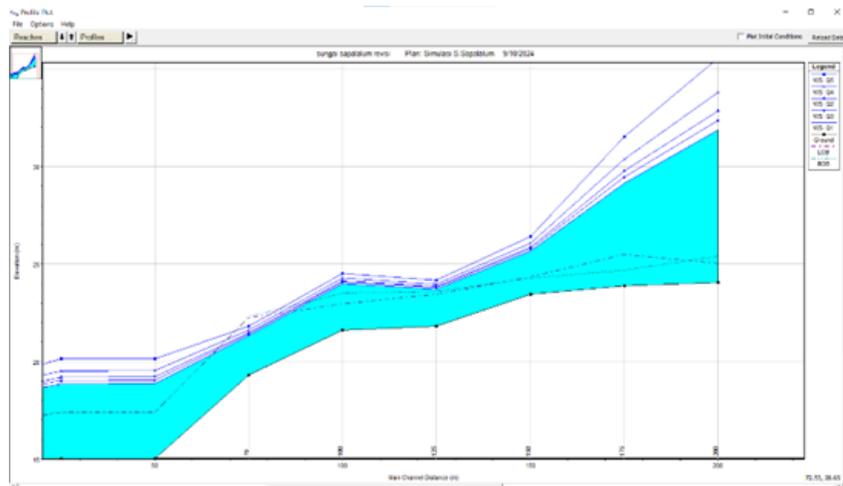
Gambar 16. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0+150



Gambar 17. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0+125



Gambar 18. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0+150



Gambar 19. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Sapalalum

5. Kesimpulan

Debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun = 47,9 m³/s, kala ulang 10 tahun = 60,9 m³/s, kala ulang 25 tahun = 79,0 m³/s, kala ulang 50 tahun = 93,9 m³/s, dan kala ulang 100 tahun = 109,8 m³/s. Analisis HEC-RAS menunjukkan bahwa hanya STA 0+075 yang dapat menampung debit banjir untuk setiap kala ulang rencana. Dan untuk STA lainnya tidak dapat menampung debit banjir di semua kala ulang rencana. Maka dari itu perlu memperbaiki dan menambah tinggi pada talud yang berada di STA 0+025, STA 0+50, STA 0+100, STA 125, STA 0+150, STA 0+175, STA 0+200 agar tidak terjadi luapan dari sungai tersebut.

6. Saran

Setelah melihat, meneliti, dan menganalisa. Maka perlu memperbaiki dan menambah tinggi pada talud yang berada di STA 0+025, STA 0+50, STA 0+100, STA 125, STA 0+150, STA 0+175, STA 0+200 karena sudah tidak dapat menampung debit banjir untuk semua kala ulang rencana.

Referensi

- _____. 2000. HEC-HMS 6.3.1 Technical Reference Manual, Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA
- _____. 2016. HEC-RAS 6.3.1 Reference Manual, Hidrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA
- _____. Data Debit Harian Sungai Ranowangko - Tara-tara. Balai Wilayah Sungai Sulawesi I, Manado.
- _____. Data Hujan Harian Pentu - Pinarling. Balai Wilayah Sungai Sulawesi I, Manado.
- Bambang Triatmodjo, 2008. "Hidrologi Terapan". Yogyakarta : Beta Offset.
- Jeffry. 2013., Hujan. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Limpong, Josse. A., Tiny Mananoma, Jeffry S. F. Sumarauw. 2022. Kajian Pengendalian Banjir Di Sungai Bailang Kecamatan Bunaken Kota Manado. Tekno – Volume 20 Nomor 82 – Desember 2022 (719-729) ISSN: 0215-9617, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Manoppo, Marcellino. J., Tiny Mananoma, Jeffry S. F. Sumarauw. 2022. Kajian Pengendalian Banjir Sungai Londola Tilawat Di Desa Tombatu Kabupaten Minahasa Tenggara. Tekno – Volume 20 Nomor 82 – November 2022 ISSN: 0215-9617, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Mawikere, Nadia. C., Jeffry S. F. Sumarauw, Cindy J. Supit. 2022. Analisis Tinggi Muka Air Banjir Sungai Bailang di Lorong Symphony Kelurahan Sumompo Kota Manado. Tekno – Volume 20 Nomor 82 – Desember 2022 ISSN: 0215-9617, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Palit, Isabella. E. G., Jeffry S. F. Sumarauw, Hanny Tangkudung. 2022. Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Tikala di Titik Jembatan Gantung Kelurahan Tikala Ares Kecamatan Tikala. Tekno – Volume 20 Nomor 82 – Desember 2022 ISSN: 0215-9617, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Ramdan, Hikmat. 2004. Prinsip Dasar Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Universitas Winaya Mukti, Sumedang.
- Sosrodarsono, Suyono., Kensaku Takeda. 2003. Hidrologi Untuk Pengairan (Cetakan Kesembilan).

Pradnya Paramita, Jakarta.

Sri Harto. 1993. Analisis Hidrologi. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. Sumarauw,

Sumarauw, Jeffry. 2017., Analisis Frekwensi Hujan. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Sumarauw, Jeffry. 2017., Hidrograf Satuan Sintesis. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Sumarauw, Jeffry. 2016., Pola Distribusi Hujan Jam – Jaman Daerah Manado, Minahasa Selatan. Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.11 November 2016 (675-686) ISSN: 2337-6732, Manado.

Sumarauw, Jeffry. 2018., HEC-HMS. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Sumarauw, Jeffry. 2018., HEC-HMS. 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.

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.

Talumepa, Marcia Yosua., Lambertus Tanudjaja, Jeffry S. F. Sumarauw. 2017. Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Sangkub Kabupaten Bolaang Mangondow Utara. Jurnal Sipil Statik, Vol. 5, No. 10, Desember 2017 (699-710), Hal. 700, ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Tanudjaja, Lambertus. 1991., Analisis Aliran Di Saluran Terbuka Dengan Metode Elemen Hingga. Tesis S2 Teknik Sumberdaya Air, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

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, Manado.

Tumber, Ruth Rebeca., Alex Binilang, Hanny Tangkudung. 2018. Analisis Tinggi Muka Air dan Debit Banjir Sungai Nimanga di Desa Lelema Kabupaten Minahasa Selatan. Jurnal Tekno, vol. 16, no 69, 2018, ISSN : 0215- 9617, Universitas Sam Ratulangi, Manado.