

Kajian Pengendalian Banjir Sungai Sario Di Kelurahan Pakowa Kota Manado

Leonardo Mamahit^{#1}, Tiny Mananoma^{#2}, Jeffry S. F. Sumarauw^{#3}

[#]Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

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

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

Abstrak

Sungai Sario adalah salah satu sungai yang seringkali meluap dan mengakibatkan terjadinya banjir di Kota Manado terlebih khusus pada beberapa kelurahan yang dilewati oleh sungai ini. Kelurahan Pakowa yang merupakan salah satu daerah yang dilewati oleh sungai ini terdampak langsung luapan Sungai Sario yang menyebabkan beberapa rumah di kelurahan ini terendam banjir dan mengalami kerusakan. Oleh karena itu untuk mengantisipasi banjir yang kemungkinan terjadi kelak, perlu dilakukan analisis terhadap besarnya debit banjir dan elevasi tinggi muka air sungai Sario. Analisis dimulai dengan mencari frekuensi hujan menggunakan metode Log Pearson III. Data Hujan yang digunakan berasal dari tiga pos hujan, yaitu pos hujan Tinoor, pos hujan Rumengkor, dan pos hujan Sawangan. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum tahun 2011 s/d 2020. 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 lag time, curve number, recession constant, baseflow dan ratio to peak. Dilakukan analisis debit banjir dengan parameter terkalibrasi menggunakan program HEC-HMS. Debit puncak hasil simulasi setiap kala ulang dimasukkan dalam program HEC-RAS untuk simulasi elevasi tinggi muka air pada penampang yang telah diukur. Hasil simulasi menunjukkan semua penampang mampu menampung debit banjir untuk kala ulang 5 tahun. Untuk penampang STA 0+25, STA 0+50, STA 0+75, STA 0+100, STA 0+125, STA 0+150 mampu menampung debit banjir kala ulang 10 tahun, sedangkan STA 0+175, STA 0+200 sudah tidak mampu menampung debit banjir kala ulang 10 tahun. Selanjutnya semua penampang sungai Sario sudah tidak mampu menampung debit banjir untuk kala ulang 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun

Kata kunci – sungai Sario, debit banjir, elevasi tinggi muka air, HEC-HMS, HEC-RAS

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kelurahan Pakowa merupakan salah satu kelurahan yang berada di wilayah kecamatan Wanea kota Manado. Sungai Sario yang melintasi Kelurahan Pakowa adalah salah satu sungai yang seringkali meluap dan mengakibatkan terjadinya banjir di Kota Manado terlebih khusus pada beberapa kelurahan yang dilewati oleh sungai ini. Berdasarkan informasi dari masyarakat yang tinggal di sekitar sungai, banjir telah beberapa kali terjadi di sungai ini. Banjir bandang yang terjadi pada tahun 2014 lalu, mengakibatkan kerugian besar bagi masyarakat yang tinggal di sekitar bantaran sungai Sario. Kelurahan Pakowa yang merupakan salah satu daerah yang dilewati oleh sungai ini terdampak langsung luapan Sungai Sario pada saat itu, menyebabkan beberapa rumah di kelurahan ini terendam banjir dan mengalami kerusakan.

B. Rumusan Masalah

Sungai Sario sudah beberapa kali meluap dan mengakibatkan terjadinya banjir di kelurahan Pakowa, untuk itu perlu dilakukan analisis terhadap besarnya debit banjir, elevasi tinggi muka air sungai Sario, serta tahapan pengendalian banjir yang perlu dilakukan.

C. Batasan Penelitian

Dalam penyusunan skripsi ini, penelitian dibatasi pada:

- Titik tinjau terletak pada jembatan penghubung antara kelurahan Pakowa dengan kelurahan Ranotana Weru dengan jarak masing-masing 100 meter ke arah hulu dan hilir titik tinjau.
- Analisis hidrologi menggunakan data hujan harian maksimum.
- Analisis menggunakan program komputer HEC-HMS untuk analisis hidrologi dan HEC-RAS untuk analisis hidraulika.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besaran debit banjir dan elevasi tinggi muka air sungai Sario pada lokasi terpilih, serta menentukan langkah pengendalian banjir yang diperlukan.

E. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi bagi masyarakat sekitar

sungai Sario dan instansi terkait dalam hal pengendalian banjir.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

II. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi penelitian terletak di jembatan yang menghubungkan Kelurahan Pakowa dan Kelurahan Ranotana Weru. 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 Sario. Perhitungan luas DAS dilakukan dengan bantuan program *Global Mapper* dengan menggunakan data SIG yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi-1. Sehingga diperoleh luas DAS Sario di titik jembatan sebesar 19,312 Km². Hasil perhitungan luas DAS akan ditampilkan pada Gambar 3.

B. Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan DAS Sario di titik jembatan Pakowa 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 tiga Pos Hujan Yaitu Pos Hujan Tinoor, Pos Hujan Rumengkor dan Pos Hujan Sawangan. Data Curah Hujan Harian Maksimum akan ditampilkan pada Tabel 1.

C. Uji Data Outlier

Pengujian data outlier dilakukan untuk menentukan berapa banyak data yang menyimpang terlalu tinggi

dan terlalu rendah. 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 3.

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.

Rata – rata hitung:

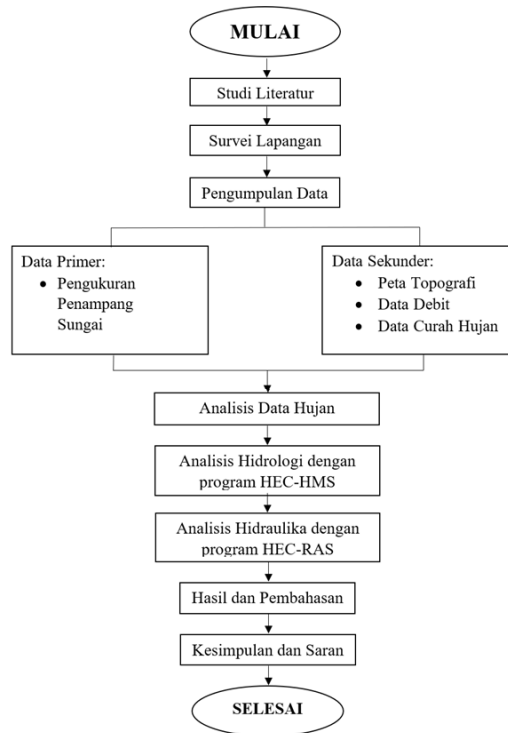
$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i = \frac{1}{10} \times 20,501 = 2,050$$

Simpangan Baku:

$$S_{\log X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,104}{10-1}} = 0,107$$

Koefisien *Skewness* (Kemencengan):

$$C_{S_{\log X}} = \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot (S_{\log X})^3} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3 = \frac{10}{(10-1)(10-2) \cdot 0,107^3} \times 0,009 = 0,998 \text{ (Kemencengan Positif)}$$



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 Kota Manado dan sekitarnya. Hasil Distribusi Hujan Rencana Tiap kala ulang akan ditampilkan pada Tabel 5.

G. Perhitungan Nilai SCS Curve Number

Nilai *CN* rata – rata untuk DAS Sario di titik jembatan adalah 71,697. Perhitungan akan ditampilkan pada Tabel 6.

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. Kalibrasi dilakukan hanya pada debit puncak.

Dikarenakan titik tinjauan di Sungai Sario tidak memiliki data debit terukur, maka perlu dilakukan

perhitungan dengan metode analisis regional sehingga data debit pada titik tinjauan di Sungai Sario dapat diketahui. Hasil simulasi debit hitungan Sungai Sario akan ditampilkan pada Gambar 4.

Karena hasil kalibrasi debit puncak sama dengan 15,3 m³/s melebihi debit terukur 4,678 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.

J. 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 6, 7, 8, 9,10.

K. 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 Sario di Jembatan Pakowa diambil sepanjang 200 meter tepat di daerah sungai yang pernah meluap.

Data Penampang Melintang untuk STA 0+25 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 semua penampang mampu menampung debit banjir untuk kala ulang 5 tahun. Untuk penampang STA 0+25, STA 0+50, STA 0+75, STA 0+100, STA 0+125, STA 0+150 mampu menampung debit banjir kala ulang 10 tahun, sedangkan STA 0+175, STA 0+200 sudah tidak mampu menampung debit banjir kala ulang 10 tahun.

Selanjutnya semua penampang sungai Sario sudah tidak mampu menampung debit banjir untuk kala ulang 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+25 dan STA 0+200 akan ditampilkan pada Gambar 13 dan Gambar 14, sedangkan rangkuman tinggi muka air potongan memanjang Sungai Sario akan ditampilkan pada Gambar 15.

TABEL 1
Data Curah Hujan Harian Maksimum

No	Tahun	Pos Hujan Tinoor (mm)	Pos Hujan Rumengkor (mm)	Pos Hujan Sawangan (mm)
1	2011	102,4	-	120,3
2	2012	96,8	111,5	110
3	2013	110,5	146,6	180,4
4	2014	184	183	170,7
5	2015	108,2	-	90
6	2016	90,3	76,2	90,7
7	2017	156	96	180
8	2018	108,1	78	76
9	2019	120,3	44,2	130
10	2020	134,8	72	121

TABEL 2
Curah Hujan Rerata

Tahun	Pos Hujan Tinoor (mm)	Pos Hujan Rumengkor (mm)	Pos Hujan Sawangan (mm)	A1 (km ²)	A2 (km ²)	A3 (km ²)	\bar{R} (mm)
2011	102,4	-	120,3	12,819	3,168	3,325	88,68
2012	96,8	111,5	110				101,48
2013	110,5	146,6	180,4				128,46
2014	184	183	170,7				181,55
2015	108,2	-	90				87,32
2016	90,3	76,2	90,7				88,06
2017	156	96	180				150,29
2018	108,1	78	76				97,64
2019	120,3	44,2	130				109,49
2020	134,8	72	121				122,12

TABEL 3
Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	$C_s = 0$	1,229	Tidak Memenuhi
	$C_k = 3$	4,859	Tidak Memenuhi
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3 C_v = 0,8221$	1,229	Tidak Memenuhi
	$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3 = 4,2255$	4,859	Tidak Memenuhi
Gumbel	$C_s = 1,14$	1,229	Tidak Memenuhi
	$C_k = 5,40$	4,859	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 Tahun	2,136	136,746 mm
10 Tahun	2,193	155,790 mm
25 Tahun	2,258	181,153 mm
50 Tahun	2,303	200,855 mm
100 Tahun	2,346	221,571 mm

TABEL 5
Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang

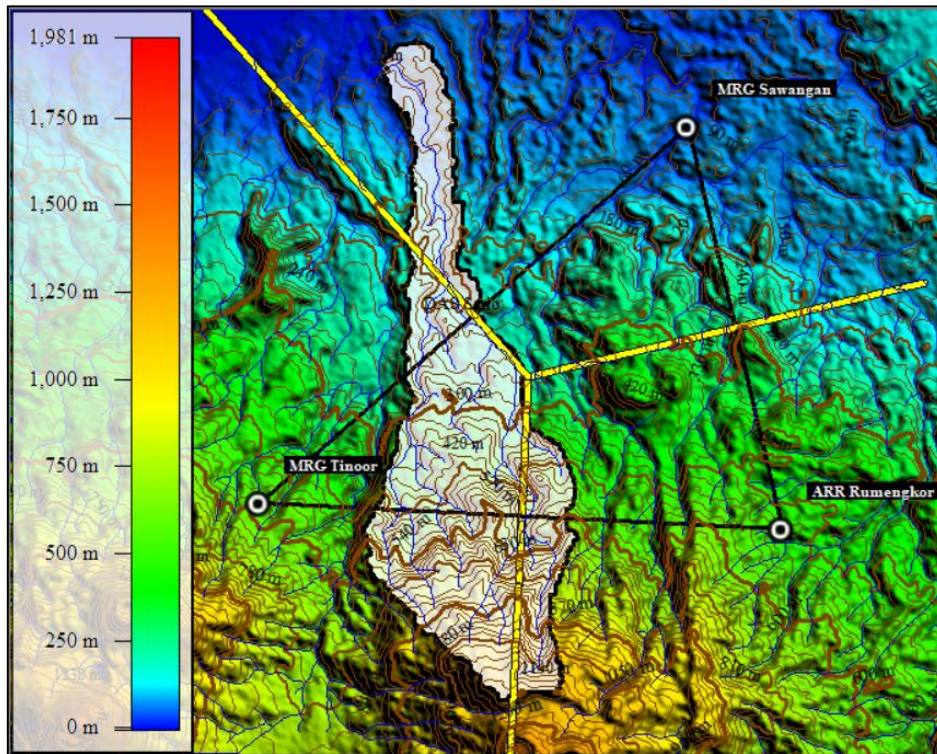
Jam Ke	P (mm)				
	Kala Ulang (Tahun)				
	5	10	25	50	100
1	73,84	84,13	97,82	108,46	119,65
2	30,08	34,27	39,85	44,19	48,75
3	10,94	12,46	14,49	16,07	17,73
4	8,20	9,35	10,87	12,05	13,29
5	4,10	4,67	5,43	6,03	6,65
6	1,37	1,56	1,81	2,01	2,22
7	4,10	4,67	5,43	6,03	6,65
8	4,10	4,67	5,43	6,03	6,65
P (mm)	136,746	155,790	181,153	200,855	221,571

TABEL 6
Perhitungan Nilai CN DAS Sario di Titik Jembatan Pakowa

Jenis Tutup Lahan	Luas (Km ²)	Persentase (%)	CN Tiap Lahan	CN
Pemukiman (38% kedap air)	2,52	13,05	83	10,832
Hutan (penutupan baik)	16,79	86,95	70	60,865
Total	19,31	100	-	71,697

TABEL 7
Parameter Hasil Kalibrasi

CN	63
Recession Constant	0,1
Ratio to Peak	0,3
Initial discharge	0,783 m ³ /s
Lag Time	50,15 menit



Gambar 3. DAS Sario di Titik Jembatan Pakowa
 Sumber: Global Mapper, Data GIS BWSS-I

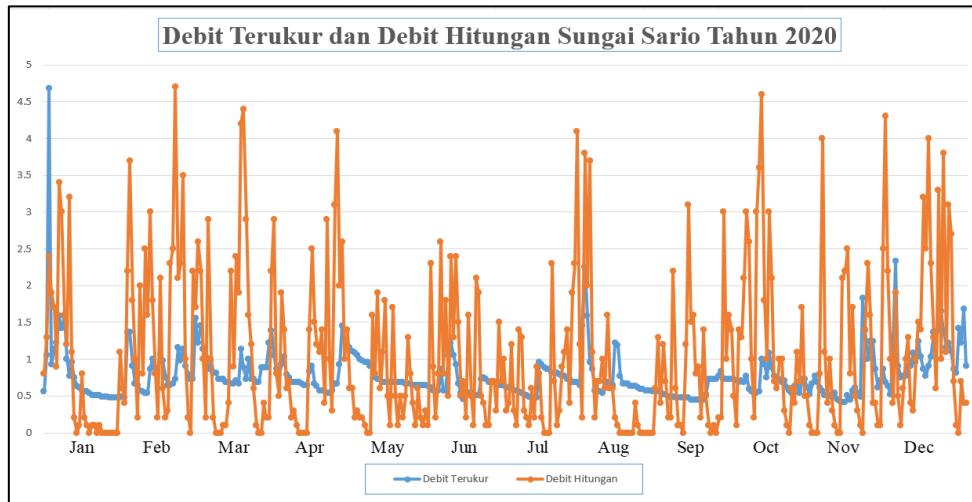
Time-Series Results for Subbasin "Sungai Sario"

Project: LeonardoMamahit Simulation Run: Run 1
 Subbasin: Sungai Sario

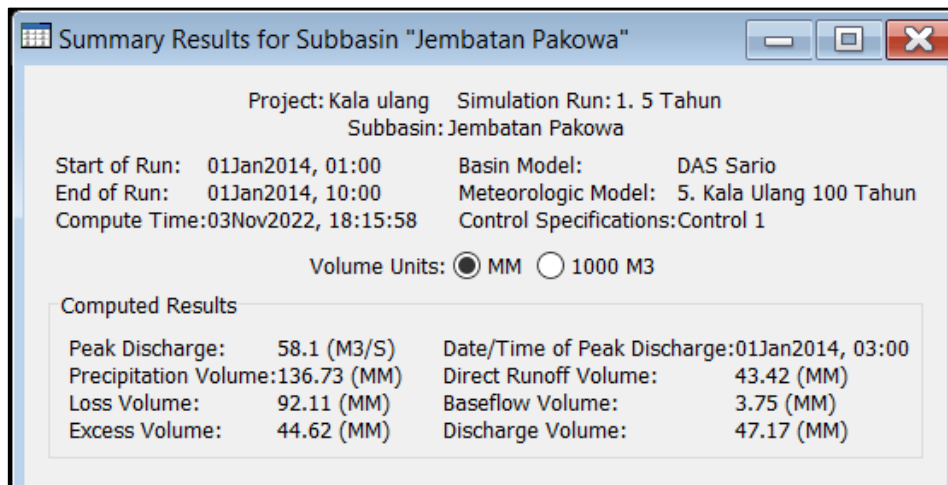
Start of Run: 01Jan2020, 00:00 Basin Model: DAS Sario
 End of Run: 31Dec2020, 00:00 Meteorologic Model: Kalibrasi
 Compute Time: 18Aug2022, 15:30:57 Control Specifications: Control

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
02Feb2020	00:00	41.00	7.54	33.47	5.7	0.0	5.7
03Feb2020	00:00	79.72	11.35	68.36	12.9	0.0	12.9
04Feb2020	00:00	34.15	3.89	30.26	8.5	0.0	8.5
05Feb2020	00:00	5.66	0.60	5.06	2.9	0.0	2.9
06Feb2020	00:00	4.30	0.45	3.86	1.3	0.0	1.3
07Feb2020	00:00	0.00	0.00	0.00	0.3	0.0	0.3
08Feb2020	00:00	13.87	1.40	12.47	2.1	0.0	2.1
09Feb2020	00:00	1.72	0.17	1.55	0.8	0.0	0.8
10Feb2020	00:00	16.15	1.54	14.60	2.6	0.0	2.6
11Feb2020	00:00	38.55	3.38	35.17	6.6	0.0	6.6
12Feb2020	00:00	17.52	1.41	16.11	4.4	0.0	4.4
13Feb2020	00:00	6.70	0.52	6.18	2.1	0.0	2.1
14Feb2020	00:00	2.81	0.21	2.59	0.9	0.0	0.9
15Feb2020	00:00	0.00	0.00	0.00	0.2	0.0	0.2
16Feb2020	00:00	13.54	1.01	12.53	2.1	0.0	2.1
17Feb2020	00:00	0.00	0.00	0.00	0.6	0.0	0.6
18Feb2020	00:00	0.41	0.03	0.38	0.2	0.0	0.2
19Feb2020	00:00	1.69	0.12	1.57	0.3	0.0	0.3
20Feb2020	00:00	14.63	1.04	13.59	2.3	0.0	2.3
21Feb2020	00:00	12.46	0.85	11.61	2.6	0.0	2.6
22Feb2020	00:00	26.88	1.74	25.14	4.8	0.0	4.8
23Feb2020	00:00	5.16	0.32	4.84	2.1	0.0	2.1
24Feb2020	00:00	11.91	0.72	11.18	2.3	0.0	2.3
25Feb2020	00:00	18.54	1.08	17.46	3.5	0.0	3.5

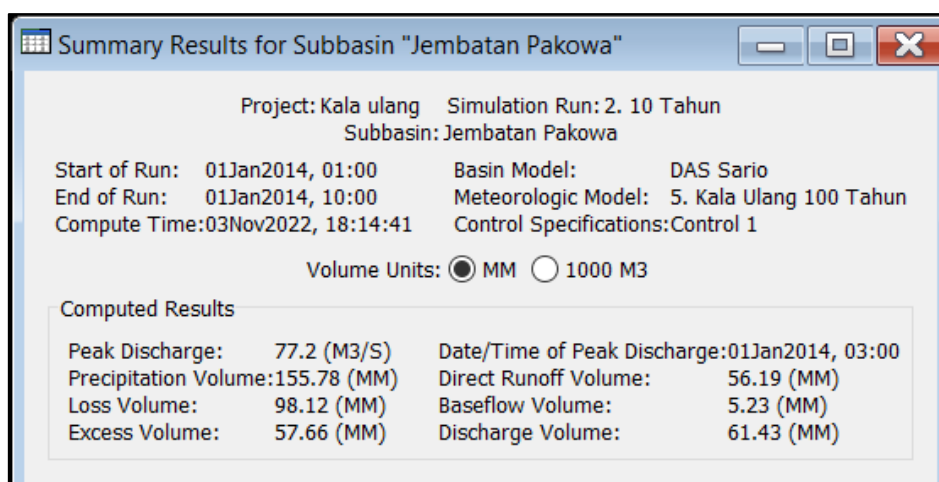
Gambar 4. Debit Hitungan Sungai Sario



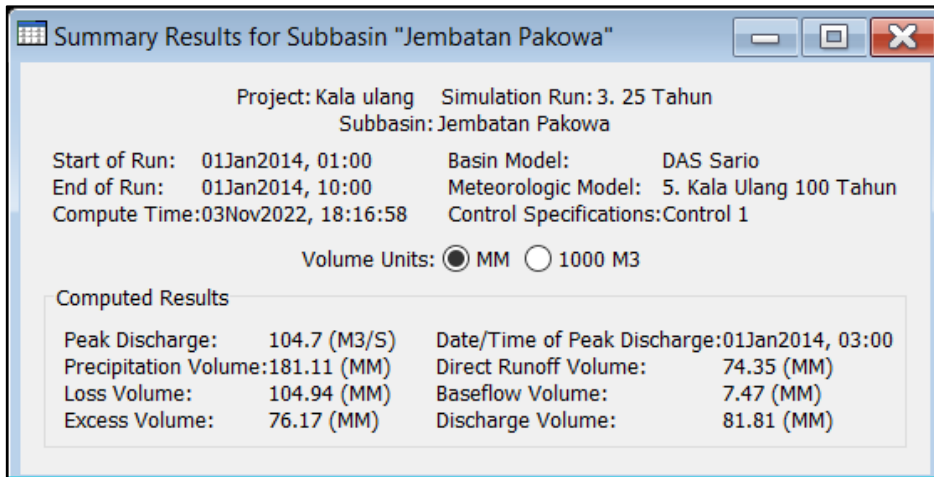
Gambar 5. Grafik Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur



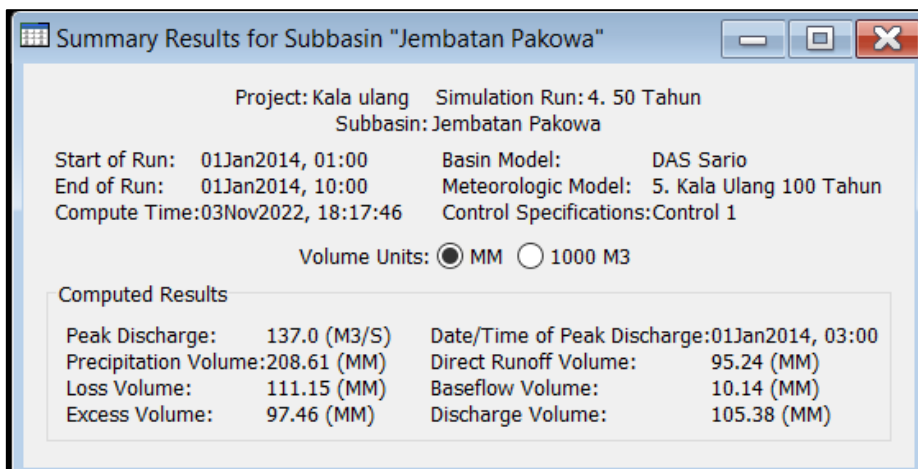
Gambar 6. Summary Result Kala Ulang 5 Tahun



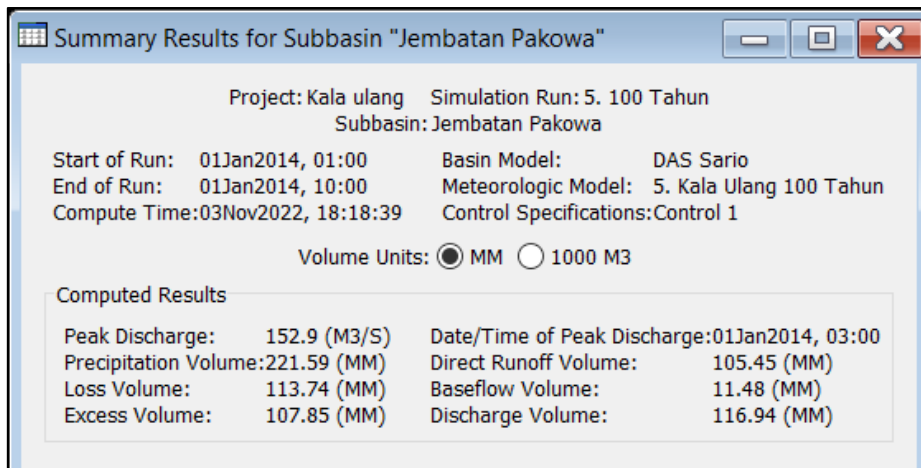
Gambar 7. Summary Result Kala Ulang 10 Tahun



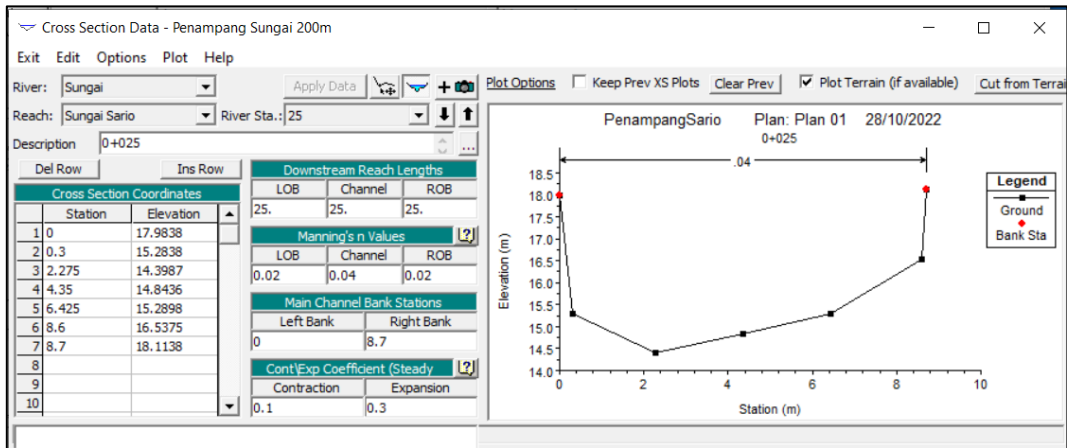
Gambar 8. Summary Result Kala Ulang 25 Tahun



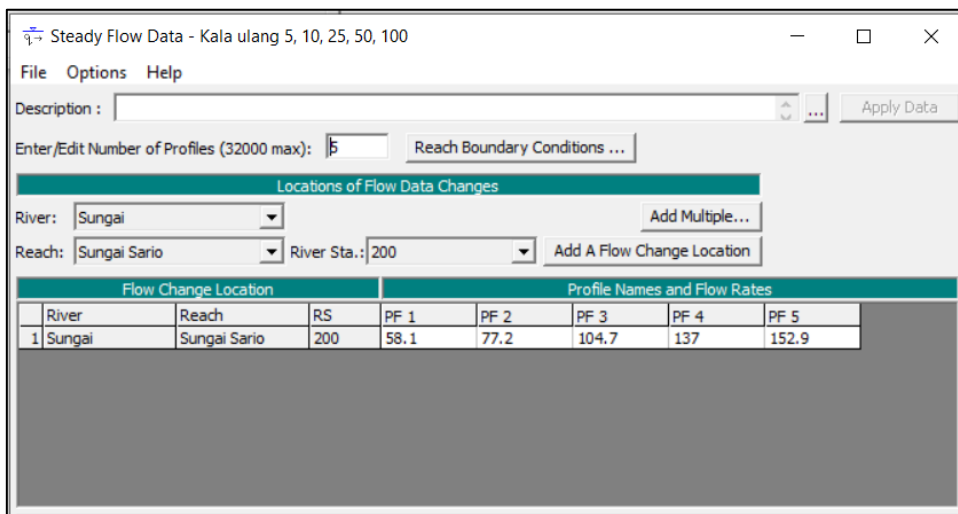
Gambar 9. Summary Result Kala Ulang 50 Tahun



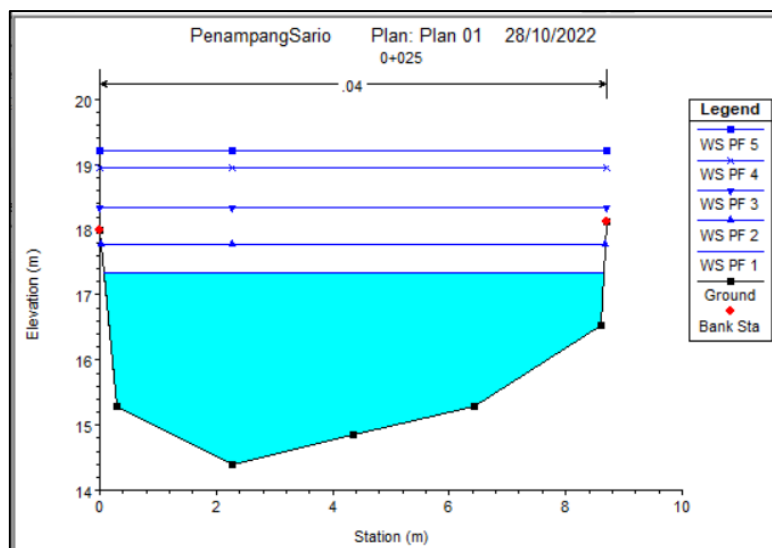
Gambar 10. Summary Result Kala Ulang 100 Tahun



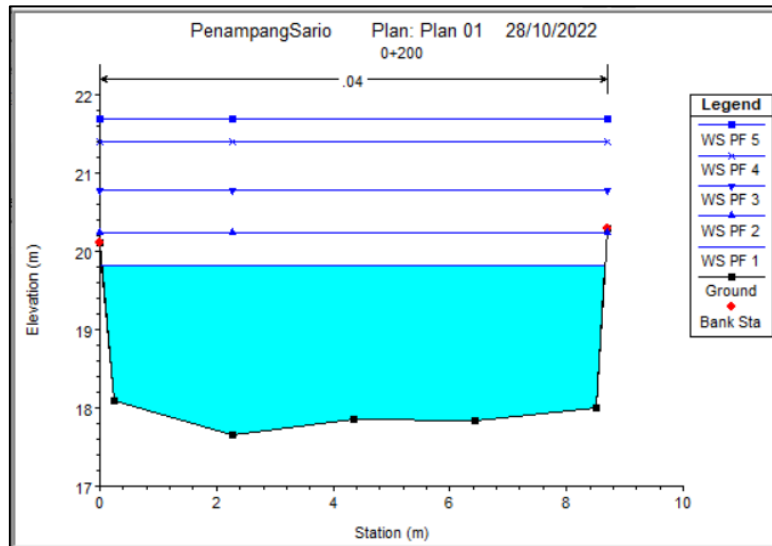
Gambar 11. Data Penampang Melintang Sta 0 + 25 m (Hilir)



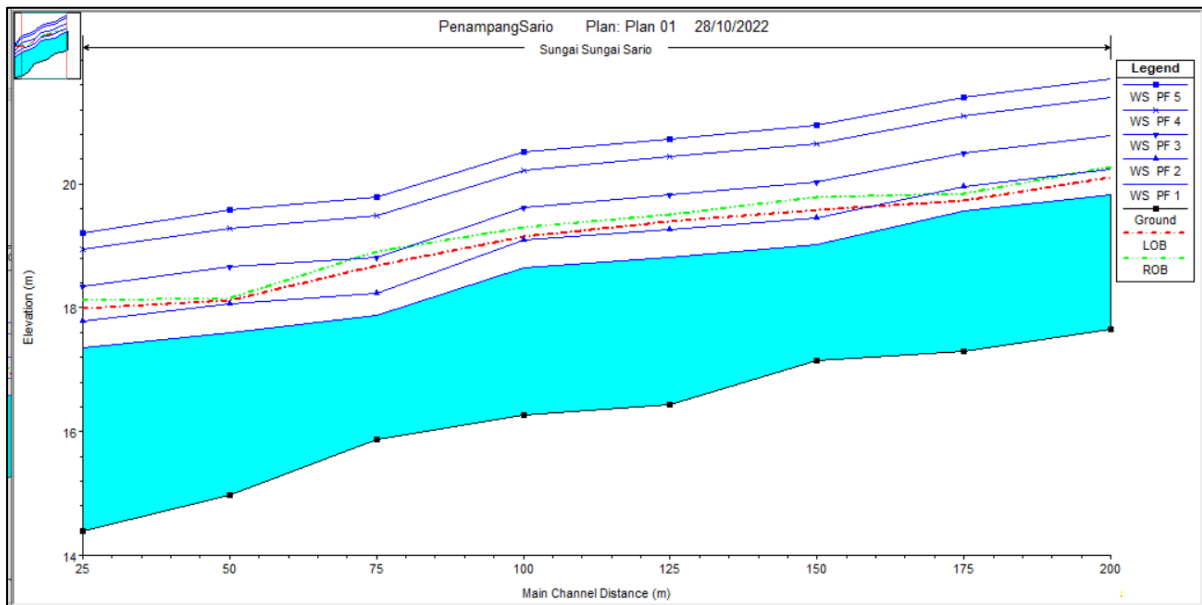
Gambar 12. Pengisian Data Debit



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 Sario

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 kajian yang telah dibahas sebelumnya, maka berikut ini adalah rekomendasi yang perlu dilaksanakan:

1. Hujan mm/jam, 10 tahun sebesar 155,790 mm/jam, 25 tahun sebesar 181,153 mm/jam, 50 tahun sebesar 200,855 mm/jam, 100 tahun sebesar 221,571 mm/jam.
2. Debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun = 58,1 m³/det, kala ulang 10 tahun = 77,2 m³/det, kala ulang 25 tahun = 104,7 m³/det, kala ulang 50 tahun = 137,0 m³/det, kala ulang 100 tahun = 152,9 m³/det
3. Hasil simulasi menunjukkan semua penampang mampu menampung debit banjir untuk kala ulang 5 tahun. Untuk penampang STA 0+25, STA 0+50, STA 0+75, STA 0+100, STA 0+125, STA 0+150 mampu menampung debit banjir kala ulang 10 tahun, sedangkan STA 0+175, STA 0+200 sudah tidak mampu menampung debit banjir kala ulang 10 tahun. Selanjutnya semua penampang sungai Sario sudah tidak mampu menampung debit banjir untuk kala ulang 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun.

B. Saran

1. Perlu dilakukan rekonstruksi pada tanggul sebelah kiri dan kanan penampang pada tiap STA agar dapat menangani luapan debit banjir kala ulang 100 tahun dengan tinggi jagaan.
2. Perlu dilakukan pengerukan pada sungai karena pada penampang sungai terjadi penumpukan sedimen dengan tumbuhan gulma.

KUTIPAN

- [1] _____ *Data Hujan Harian Pos Hujan Sario*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- [2] _____ *Data Debit Harian Pos Hujan Sario*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- [3] _____.2000. *HEC-HMS Technical Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- [4] _____.2016. *HEC-RAS 5.0 Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- [5] Bambang, Triatmodjo, *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta. 2008.
- [6] Chow, V.T., Maidment, D.R., Mays, 1988. *Applied Hydrology*. Singapore: McGraw-Hill.
- [7] C Nadia, Kivani., Tiny Mananoma, Hanny Tangkudung. 2019. *Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Tembran di Kabupaten Minahasa Utara*. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.6 Juni 2019 (703-710) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [8] Mamuaya, Frana L., Jeffry S. F. Sumarauw, Hanny Tangkudung. 2019. *Analisis Kapasitas Penampang Sungai Roong Tondano Terhadap Berbagai Kala Ulang Banjir*. Jurnal Sipil Statik Vol. 7 No.2 Februari 2019 (179-188) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [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] Sumarauw, Jeffry. 2013. *Hujan*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [12] Sumarauw, Jeffry. 2017. *Analisis Frekwensi Hujan*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [13] Sumarauw, Jeffry. 2017. *Hidrograf Satuan Sintetis*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [14] Sumarauw, Jeffry. 2017. *HEC-HMS*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [15] 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.
- [16] Talumepa, Marcio Yosua., Lambertus Tanudjaja, Jeffry S. F. Sumarauw. 2018. *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.