

Analisis Potensi Dan Pengendalian Banjir Di Sungai Pulisan Dengan Konsep Eko Hidraulik

Muhammad Mufli Fajar^{#1}, Jeffry S. F. Sumarauw^{#2}, Tiny Mananoma^{#3}

[#]Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

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

¹mynamemufli30@gmail.com; ²jeffrysumarauw@ymail.com; ³tmananoma@yahoo.com

Abstrak

Sungai Pulisan adalah salah satu sungai yang berada di Likupang, Kabupaten Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara. Sungai Pulisan pernah meluap dan menyebabkan kerugian bagi warga yang tinggal di sekitar sungai, serta mengganggu lalu lintas kendaraan. Oleh karena itu, dibutuhkan perhitungan debit banjir dan elevasi tinggi muka air dari Sungai Pulisan. Analisis dimulai dengan mencari frekuensi hujan menggunakan metode Log Pearson III. Data hujan yang digunakan berasal dari dua pos hujan, yaitu pos hujan MRG Araren-Pinenek dan pos hujan Klimatologi Maen. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum tahun 2002 s/d 2019. 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 dengan menggunakan uji debit puncak. Parameter yang dikalibrasi adalah lag time, curve number, recession constant, initial discharge dan ratio to peak. Untuk batasan setiap parameter disesuaikan dengan nilai standar pada program komputer HEC-HMS. Hasil uji debit puncak menunjukkan 3,3 m³/detik. 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 elevasi tinggi muka air pada penampang. Hasil simulasi menunjukkan bahwa semua penampang di alur 7 sungai Pulisan yang ditinjau tidak mampu menampung debit banjir rencana yang terjadi untuk kala ulang 25 tahun. Maka, dilakukan redimensi untuk setiap penampang sehingga mampu menampung besaran debit banjir Q₂₅. Perkuatan tebing menggunakan konstruksi Bronjong yg dilengkapi dengan tanaman rumput Vetiver sebagai konsep Eko Hidraulik untuk pengendalian banjir.

Kata kunci – sungai Pulisan, debit banjir, tinggi muka air, HEC-HMS, HEC-RAS, eko hidraulik, rumput vetiver

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Daerah Likupang yang terletak di Kabupaten Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara merupakan salah satu dari 5 destinasi superprioritas dan kawasan ekonomi khusus (KEK) pariwisata yang telah ditetapkan oleh pemerintah pusat pada tanggal 06 Desember 2019. Kawasan ekonomi khusus (KEK) didesain untuk menunjang sektor pembangunan ekonomi dan pariwisata di daerah tersebut. Teluk atau lebih tepatnya pantai Pulisan merupakan salah satu kawasan yang menjadi destinasi pariwisata yang paling diminati. Berdasarkan informasi yang ada, di desa Pulisan pernah terjadi banjir pada tahun 2019. Sebagai kawasan ekonomi khusus (KEK), maka salah satu prasyarat daerah tersebut haruslah bebas banjir.

Dengan demikian perlu dilakukan kajian hidrologi dan hidraulika pada DAS Pulisan. Analisis hidrologi dilakukan di kawasan DAS Pulisan untuk memprediksi besaran debit banjir sesuai kala ulang rencana. Analisis hidraulika dilakukan di alur sungai terpilih untuk memprediksi kapasitas tampung alur sungai. Mengingat desa Pulisan adalah kawasan wisata, maka untuk sistem pengendalian banjir menggunakan konsep Eko Hidraulik. Definisi Eko Hidraulik adalah konsep atau kajian yang mengintegrasikan antara proses fisik dan respon ekologi pada sungai, estuaria, dan lahan basah (Naiman et al. 2007).

B. Rumusan Masalah

Pernah terjadi luapan debit aliran di alur sungai yang menyebabkan banjir di desa Pulisan.

C. Batasan Penelitian

Dalam penyusunan skripsi ini, penelitian dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Titik tinjau pada penelitian ini berada di alur sungai Pulisan.
2. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum.
3. Kala ulang rencana dibatasi pada 5, 25, dan 50 tahun.
4. Alur sungai yang ditinjau yaitu pada alur 7 sungai Pulisan.

D. Tujuan Penelitian

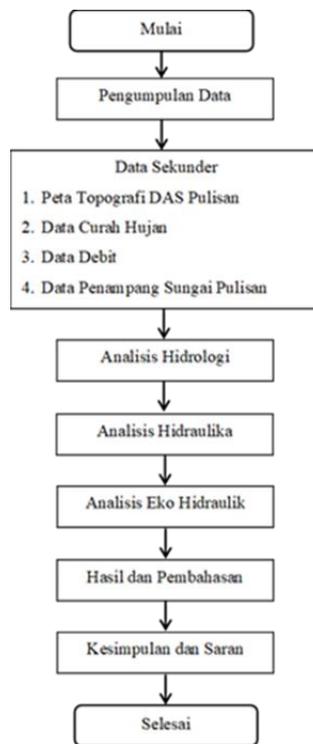
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis sistem pengendalian banjir dengan menggunakan konsep Eko Hidraulik.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah mendapatkan informasi tentang potensi debit aliran dan kapasitas tampung alur sungai, serta menerapkan konsep Eko Hidraulik yang digunakan dalam upaya pengendalian banjir.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

C. Uji Data Outlier

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

Setelah dilakukan uji outlier, didapatkan curah hujan maksimum yang ditampilkan pada Tabel 1.

D. Analisis Curah Hujan Rerata

Analisis curah hujan rerata dilakukan untuk mendapat rata-rata dari hasil pengukuran hujan di dua

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Daerah Aliran Sungai

Analisis daerah aliran sungai (DAS) dilakukan untuk mengetahui luas DAS Pulisan. Luas DAS Pulisan didapat dari data Balai Wilayah Sungai Sulawesi I. Luas DAS Pulisan dari titik tinjau yaitu 3,25 km².

B. Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan di DAS Pulisan dilakukan dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum yang bersumber dari BWSS I dengan periode pencatatan tahun 2002 sampai dengan tahun 2019. Pos hujan yang digunakan yaitu pos hujan MRG Araren-Pinenek dan pos hujan Klimatologi Maen. Berikut merupakan data hujan harian maksimum dari tahun 2002 sampai 2019.

pos hujan yang ada. Dengan mengetahui luas pengaruh dari tiap pos hujan yang ada, maka curah hujan rerata dari setiap pos hujan dapat dihitung dengan cara Poligon Thiessen.

E. Penentuan Tipe Distribusi Hujan

Jenis sebaran hujan bergantung pada nilai parameter statistik yaitu rata – rata hitung atau mean (\bar{X}), simpangan baku (S), koefisien kemencengan (Cs), koefisien variasi (Cv), dan koefisien kurtosis (Ck).

F. Analisis Curah Hujan Rencana

Analisis curah hujan rencana dihitung menggunakan tipe sebaran Log Pearson tipe III.

Perhitungan dilakukan dengan menghitung parameter statistik terlebih dahulu.

Rata – rata hitung:

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i = \frac{1}{18} \times 35,34 = 1,96$$

Simpangan Baku:

$$S_{\log X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,40}{18-1}} = 0,15$$

Koefisien *Skewness* (Kemencengan) :

$$C_{S_{\log X}} = \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot (S_{\log X})^3} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3 = \frac{18}{(18-1)(18-2) \cdot 0,15^3} \times (-0,01) = -0,17 \text{ (Kemencengan Negatif)}$$

G. Pola Distribusi Hujan Jam-jaman

Distribusi hujan jam – jaman merupakan pembagian intensitas hujan berdasarkan pola hujan suatu daerah. Dalam penelitian ini digunakan pola hujan Kota Manado dan sekitarnya.

H. Perhitungan Nilai SCS Curve Number

Nilai CN rata-rata untuk DAS Pulisan adalah 77.

I. Analisis Debit Banjir Rencana

Pemodelan hujan aliran pada program komputer HEC-HMS akan menggunakan metode HSS Soil

Conservation Services, dan untuk kehilangan air dengan SCS Curve Number (CN). Untuk aliran dasar (baseflow) akan menggunakan metode recession.

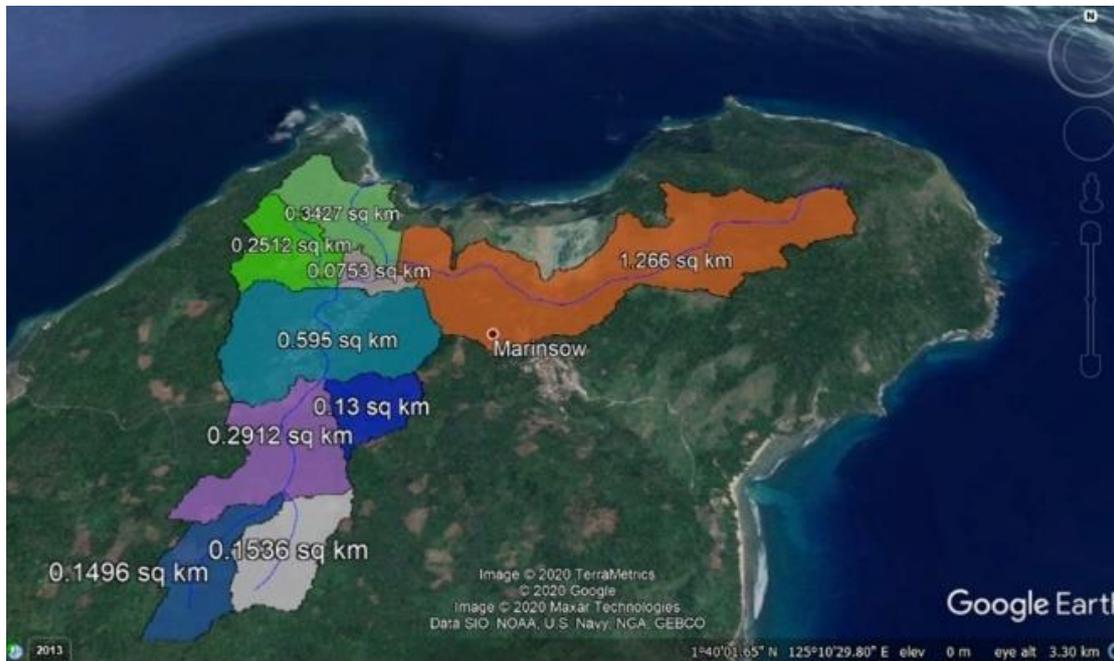
J. Kalibrasi Parameter HSS SCS

Kalibrasi merupakan suatu proses dimana nilai hasil perhitungan dibandingkan dengan nilai hasil observasi lapangan. Kalibrasi Parameter HSS SCS perlu dilakukan untuk mencari nilai parameter HSS SCS teroptimasi dengan membandingkan hasil simulasi HEC – HMS dengan data debit terukur. Kalibrasi dilakukan pada DAS lokasi penelitian dengan data debit terukur di lapangan.

Dikarenakan Sungai Pulisan tidak memiliki data debit terukur, maka perlu dilakukan perhitungan dengan metode analisis regional sehingga data debit Sungai Pulisan dapat diketahui. Data hujan dan data debit dimasukkan ke komponen Time-Series Data. Data hujan dan data debit yang digunakan adalah data tahun 2019. Data debit yang digunakan adalah data debit perbandingan Sungai Likupang dengan menggunakan metode analisis regional.

K. Simulasi Debit Banjir dengan Program Komputer HEC-HMS

Semua parameter terkalibrasi 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 komputer HEC-HMS ditunjukkan pada Gambar 6 sd. Gambar 8.



Gambar 2. DAS dan Sub DAS Pulisan
 Sumber: “Balai Wilayah Sungai Sulawesi I”

TABEL 1
Curah Hujan Harian Maksimum

Tahun	MRG Araren -Pinenek (mm)	Klimatologi Maen (mm)
2002	188.20	
2003	137.20	
2004	102.30	
2005	97.60	
2006	95.80	
2007	96.90	
2008	71.90	
2009	78.10	65.00
2010	83.00	68.00
2011	75.80	108.00
2012	121.20	83.00
2013	117.30	138.00
2014	76.50	126.50
2015	151.50	80.00
2016	68.10	65.50
2017	265.50	112.00
2018	80.10	76.00
2019		41.00

Sumber: "Balai Wilayah Sungai Sulawesi I"

TABEL 2
Curah Hujan Harian Maksimum Setelah Uji Outlier

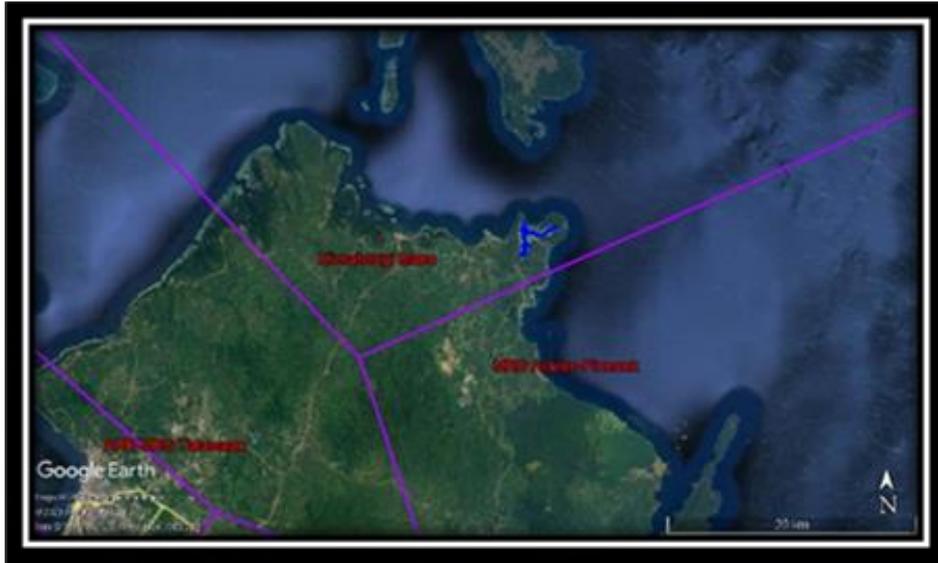
Tahun	Araren-Pinenek (mm)	Klimatologi Maen (mm)
2002	188,20	
2003	137,20	
2004	102,30	
2005	97,60	
2006	95,80	
2007	96,90	
2008	71,90	
2009	78,10	
2010	83,00	68,00
2011	75,80	108,00
2012	121,20	83,00
2013	117,30	138,00
2014	76,50	126,50
2015	151,50	80,00
2016	68,10	65,50
2017	245,87	112,00
2018	80,10	76,00
2019		41,00

Sumber: Hasil Analisis

TABEL 3
Curah Hujan Rerata

Tahun	Araren-Pinenek (mm)	Klimatologi Maen (mm)	Luas A1 (km ²)	Luas A2 (km ²)	\bar{R} (mm)
2002	188,20	188,20	0	3,2546	188,20
2003	137,20	137,20			137,20
2004	102,30	102,30			102,30
2005	97,60	97,60			97,60
2006	95,80	95,80			95,80
2007	96,90	96,90			96,90
2008	71,90	71,90			71,90
2009	78,10	65,00			65,00
2010	83,00	68,00			68,00
2011	75,80	108,00			108,00
2012	121,20	83,00			83,00
2013	117,30	138,00			138,00
2014	76,50	126,50			126,50
2015	151,50	80,00			80,00
2016	68,10	65,50			65,50
2017	245,87	112,00			112,00
2018	80,10	76,00			76,00
2019	41,00	41,00			41,00

Sumber: Hasil Analisis



Gambar 3. Poligon Thiessen
 Sumber: "Balai Wilayah Sungai Sulawesi I"

TABEL 4
Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	$C_s = 0$	0,96	Tidak Memenuhi
	$C_k = 3$	4,84	Tidak Memenuhi
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3 \cdot C_v = 0,75541$	0,96	Tidak Memenuhi
	$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3 = 4,03524$	4,84	Tidak Memenuhi
Gumbel	$C_s = 1,14$	0,96	Tidak Memenuhi
	$C_k = 5,40$	4,84	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Bila tidak ada parameter statistik yang sesuai dengan ketentuan distribusi sebelumnya	-	Memenuhi

TABEL 5
Hujan Rencana Tiap Kala Ulang

Kala Ulang (TR)	Log X_{TR}	X_{TR}
5 Tahun	2,08	120,34 mm
25 Tahun	2,28	188,65 mm
50 Tahun	2,35	224,47 mm

Sumber: Hasil Analisis

TABEL 6
Distribusi Hujan Rencana untuk Setiap Kala Ulang

Jam Ke-	P (mm)		
	Kala Ulang (Tahun)		
	5	25	50
1	64,98	101,87	121,21
2	26,47	41,50	49,38
3	9,63	15,09	17,96
4	7,22	11,32	13,47
5	3,61	5,66	6,73
6	1,20	1,89	2,24
7	3,61	5,66	6,73
8	3,61	5,66	6,73

Sumber: Hasil Analisis

TABEL 7
Perhitungan nilai CN DAS Pulisan

Jenis Tutup Lahan	Luas (Km ²)	Persentase (%)	CN Tiap Lahan	CN
Hutan (Penutupan Baik)	0,0753	100,00	77	77,00
Total	0,0753	100	-	77,00

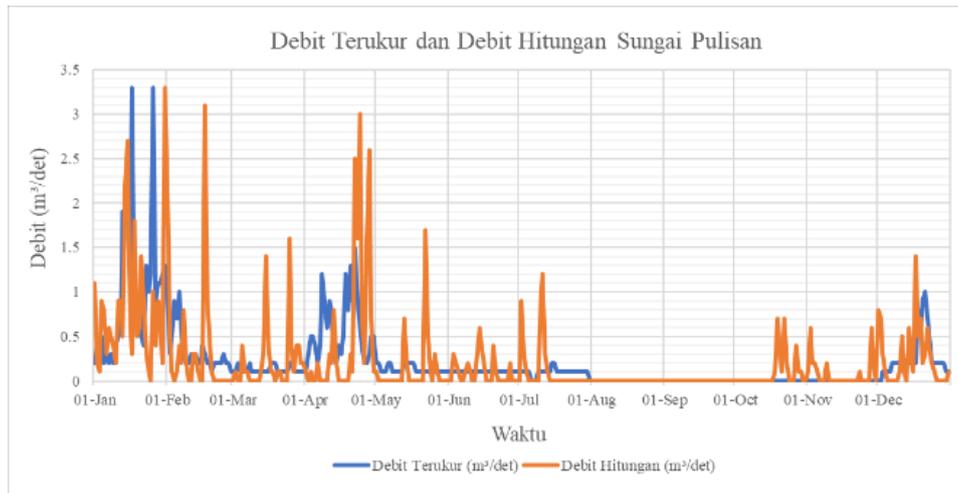
Sumber: Hasil Analisis

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Obs Flow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
01Jan2019	00:00				0.0	1.3	0.2	1.3
02Jan2019	00:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.4	0.4
03Jan2019	00:00	3.0	2.54	0.46	0.0	0.1	0.2	0.1
04Jan2019	00:00	26.0	3.33	22.67	0.9	0.0	0.5	0.9
05Jan2019	00:00	14.0	0.28	13.72	0.8	0.0	0.2	0.8
06Jan2019	00:00	2.0	0.03	1.97	0.3	0.0	0.3	0.3
07Jan2019	00:00	14.0	0.14	13.86	0.6	0.0	0.2	0.6
08Jan2019	00:00	8.0	0.06	7.94	0.5	0.0	0.3	0.5
09Jan2019	00:00	6.5	0.04	6.46	0.4	0.0	0.2	0.4
10Jan2019	00:00	3.5	0.02	3.48	0.2	0.0	0.4	0.2
11Jan2019	00:00	23.0	0.09	22.91	0.9	0.0	0.5	0.9
12Jan2019	00:00	16.5	0.04	16.46	0.9	0.0	0.6	0.9
13Jan2019	00:00	8.5	0.02	8.48	0.5	0.0	1.9	0.5
14Jan2019	00:00	55.0	0.07	54.93	2.2	0.0	1.8	2.2
15Jan2019	00:00	54.5	0.04	54.46	2.7	0.0	2.1	2.7
16Jan2019	00:00	0.0	0.00	0.00	0.7	0.2	1.1	0.9
17Jan2019	00:00	5.0	0.00	5.00	0.3	0.0	3.3	0.4
18Jan2019	00:00	45.0	0.02	44.98	1.8	0.0	0.7	1.8
19Jan2019	00:00	0.0	0.00	0.00	0.5	0.1	0.6	0.6
20Jan2019	00:00	13.0	0.00	13.00	0.6	0.0	0.9	0.6
21Jan2019	00:00	32.5	0.01	32.49	1.4	0.0	0.5	1.4
22Jan2019	00:00	14.0	0.00	14.00	0.9	0.0	0.4	0.9
23Jan2019	00:00	2.5	0.00	2.50	0.3	0.0	1.3	0.3
24Jan2019	00:00	0.0	0.00	0.00	0.1	0.0	1.0	0.1
25Jan2019	00:00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	1.2	0.0
26Jan2019	00:00	26.0	0.01	25.99	1.0	0.0	3.3	1.0
27Jan2019	00:00	4.0	0.00	4.00	0.4	0.0	0.9	0.4
28Jan2019	00:00	21.0	0.00	21.00	0.9	0.0	1.1	0.9
29Jan2019	00:00	10.5	0.00	10.50	0.6	0.0	1.1	0.6
30Jan2019	00:00	0.0	0.00	0.00	0.2	0.0	1.2	0.2
31Jan2019	00:00	87.0	0.01	86.99	3.3	0.0	1.3	3.3

Gambar 4. Debit Hitungan Sungai Pulisan

TABEL 8
Parameter Hasil Kalibrasi DAS Pulisan

<i>Initial Discharge</i>	1 m ³ /det
<i>Ratio to peak</i>	0,5
<i>Recession Constant</i>	0,1
<i>CN</i>	70
<i>Lag time</i>	136 menit



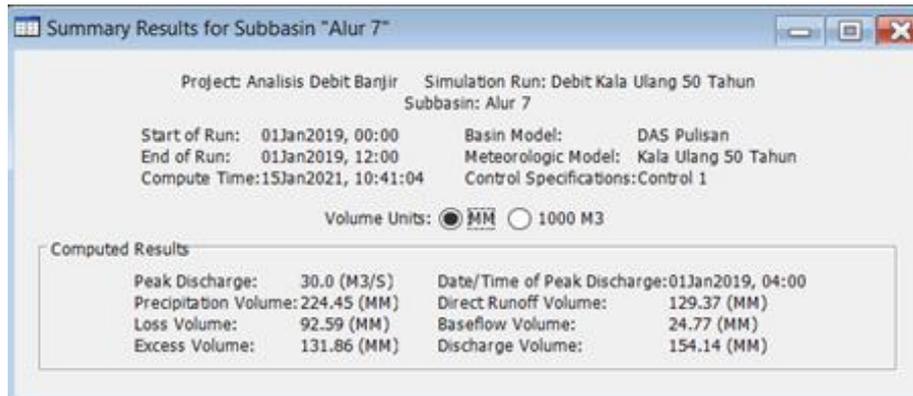
Gambar 5. Grafik Perbandingan Debit Terukur dan Debit Hitungan



Gambar 6. Summary Result Kala Ulang 5 Tahun



Gambar 7. Summary Result Kala Ulang 25 Tahun



Gambar 8. Summary Result Kala Ulang 50 Tahun

L. Analisis Tinggi Muka Air

Analisis tinggi muka air menggunakan program komputer HEC-RAS membutuhkan data masukan yaitu penampang sungai, karakteristik saluran untuk nilai koefisien n Manning, dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng.

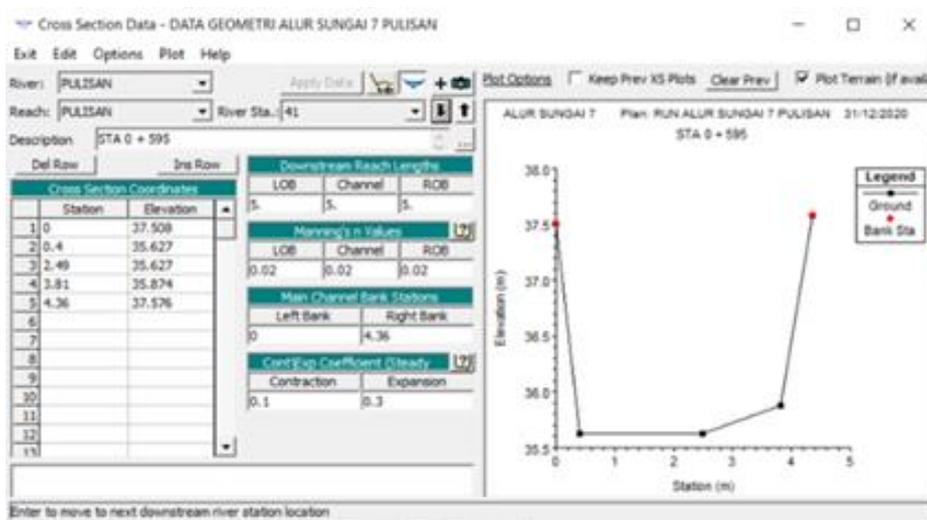
M. Simulasi Tinggi Muka Air Penampang Eksisting dengan Program Komputer HEC-RAS

Hasil simulasi menunjukkan bahwa semua penampang alur 7 Sungai Pulisan sudah tidak mampu menampung debit banjir untuk kala ulang 25 tahun.

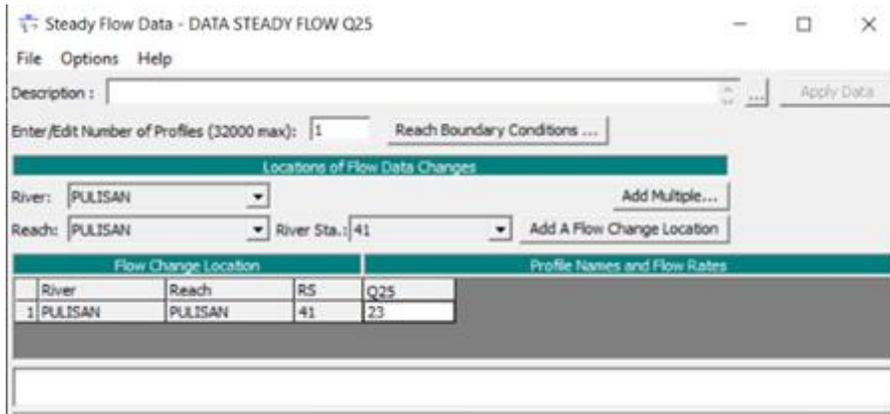
N. Simulasi Tinggi Muka Air Penampang Rencana dengan Menggunakan Rumput Vetiver dengan Program Komputer HEC-RAS

Hasil simulasi menunjukkan bahwa semua penampang rencana dengan menggunakan rumput vetiver alur 7 sungai Pulisan mampu menampung debit banjir untuk kala ulang 25 tahun.

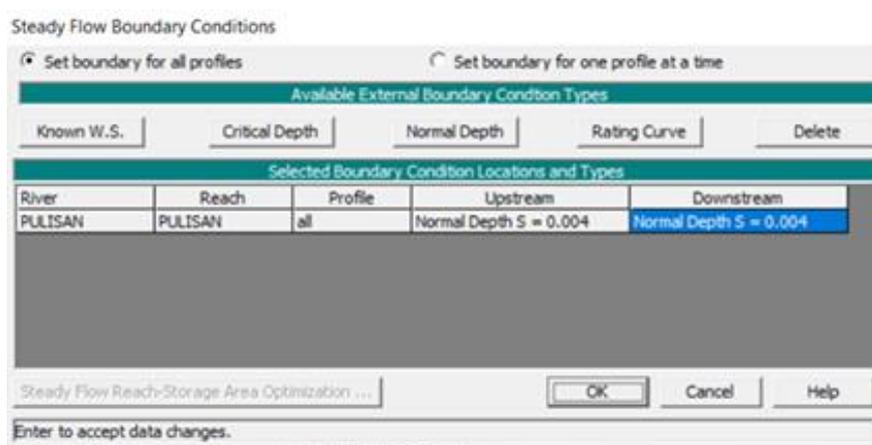
Hasil simulasi penampang rencana dengan rumput vetiver debit banjir rencana Q_{25} ditunjukkan pada Tabel 9.



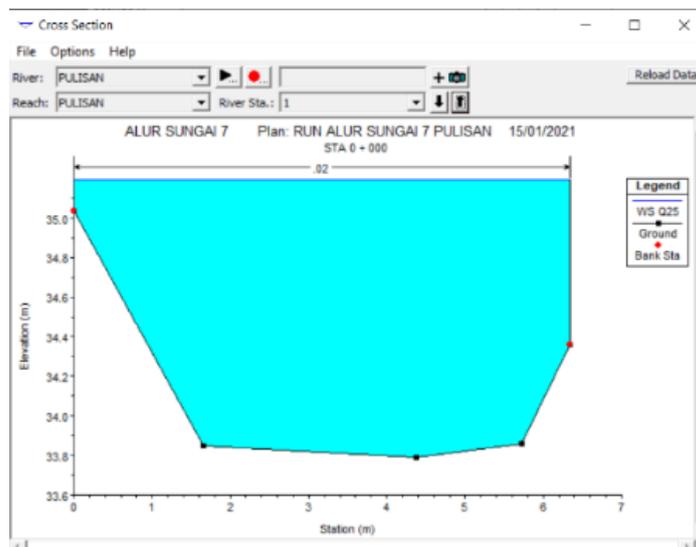
Gambar 9. Data Penampang Sungai



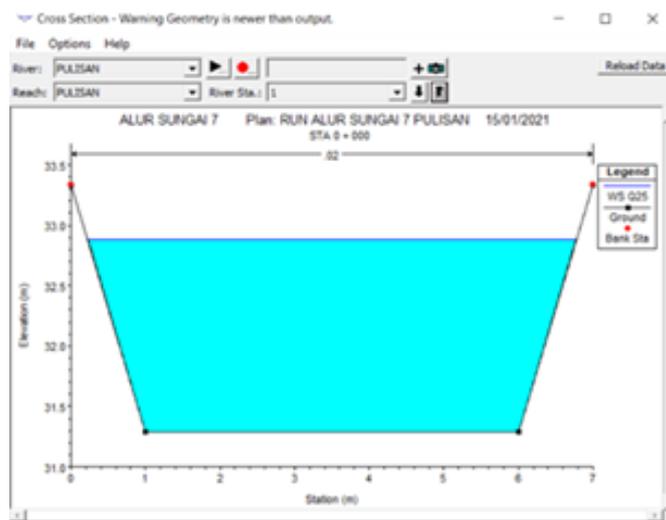
Gambar 10. Pengisian Data Debit



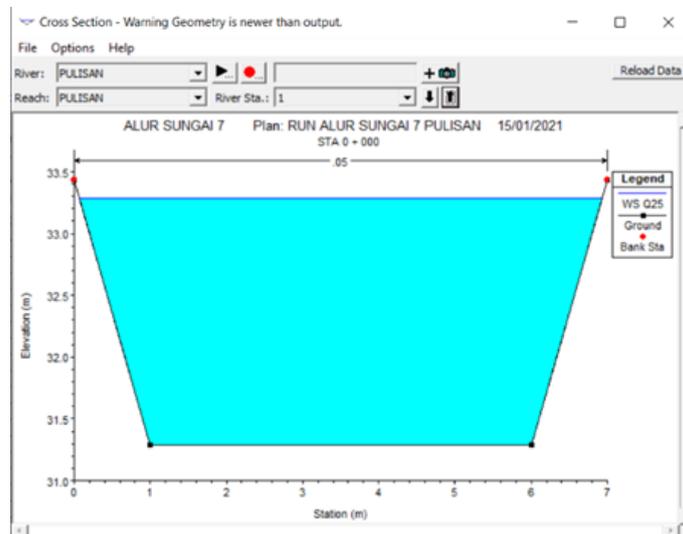
Gambar 11. Pengisian Reach Boundary Conditions



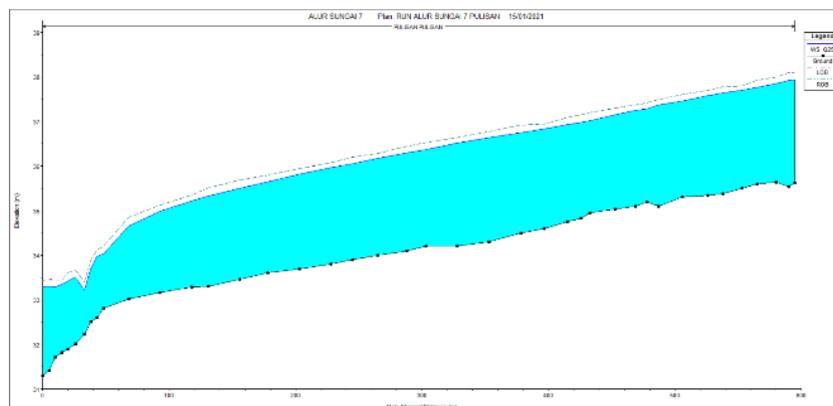
Gambar 12. Tinggi Muka Air Penampang Eksisting STA + 000 m



Gambar 13. Tinggi Muka Air Penampang Rencana STA + 000 m



Gambar 14. Tinggi Muka Air Penampang Rencana dengan menggunakan Rumput Vetiver STA 0 + 000 m



Gambar 15. Potongan Memanjang Tinggi Muka Air Penampang Rencana dengan Menggunakan Rumput Vetiver

TABEL 9
Hasil Simulasi Penampang Rencana dengan Rumput Vetiver Debit Banjir Rencana Q₂₅

River Sta.	ID Sta.	Min Ch El (m)	LOB Elev (m)	W.S. Elev (m)	ROB Elev (m)	Vel Chnl		L Freeboard (m)	R Freeboard (m)	Keterangan
						Rencana (m/s)	Rumput Vetiver (m/s)			
0	0+595	35.63	38.1	37.94	38.1	2.08	1.67	0.16	0.16	AMAN
1	0+590	35.54	38.1	37.93	38.1	1.99	1.63	0.17	0.17	AMAN
2	0+580	35.64	38	37.86	38	2.22	1.75	0.14	0.14	AMAN
3	0+565	35.6	37.92	37.77	37.92	2.29	1.79	0.15	0.15	AMAN
4	0+553	35.5	37.8	37.71	37.8	2.22	1.75	0.09	0.09	AMAN
5	0+538	35.37	37.78	37.64	37.78	2.14	1.71	0.14	0.14	AMAN
6	0+526	35.34	37.70	37.58	37.70	2.17	1.73	0.12	0.12	AMAN
7	0+506	35.3	37.6	37.46	37.6	2.29	1.8	0.14	0.14	AMAN
8	0+487	35.09	37.5	37.37	37.5	2.1	1.7	0.13	0.13	AMAN
9	0+478	35.2	37.42	37.29	37.42	2.41	1.85	0.13	0.13	AMAN
10	0+469	35.1	37.37	37.25	37.37	2.32	1.8	0.12	0.12	AMAN
11	0+453	35.03	37.3	37.15	37.3	2.38	1.83	0.15	0.15	AMAN
12	0+433	34.95	37.2	37.02	37.2	2.48	1.88	0.18	0.18	AMAN
13	0+426	34.83	37.16	36.99	37.16	2.32	1.8	0.17	0.17	AMAN
14	0+415	34.75	37.09	36.93	37.09	2.29	1.78	0.16	0.16	AMAN
15	0+397	34.6	36.95	36.84	36.95	2.21	1.72	0.11	0.11	AMAN
16	0+378	34.5	36.92	36.74	36.92	2.2	1.73	0.18	0.18	AMAN
17	0+353	34.3	36.77	36.64	36.77	2.06	1.66	0.13	0.13	AMAN
18	0+328	34.2	36.64	36.52	36.64	2.05	1.66	0.12	0.12	AMAN
19	0+303	34.20	36.52	36.38	36.52	2.25	1.78	0.14	0.14	AMAN
20	0+288	34.1	36.44	36.30	36.44	2.2	1.76	0.14	0.14	AMAN
21	0+265	34.00	36.29	36.17	36.29	2.24	1.78	0.12	0.12	AMAN
22	0+245	33.90	36.2	36.06	36.2	2.24	1.8	0.14	0.14	AMAN
23	0+228	33.8	36.08	35.96	36.08	2.21	1.79	0.12	0.12	AMAN
24	0+203	33.69	35.94	35.81	35.94	2.25	1.83	0.13	0.13	AMAN
25	0+178	33.61	35.8	35.64	35.8	2.35	1.90	0.16	0.16	AMAN
26	0+156	33.46	35.68	35.5	35.68	2.32	1.91	0.18	0.18	AMAN
27	0+131	33.3	35.51	35.33	35.51	2.27	1.91	0.18	0.18	AMAN
28	0+118	33.29	35.35	35.22	35.35	2.42	2	0.13	0.13	AMAN
29	0+093	33.16	35.13	34.98	35.13	2.53	2.13	0.15	0.15	AMAN
30	0+068	33.02	34.85	34.66	34.85	2.83	2.37	0.19	0.19	AMAN
31	0+048	32.81	34.2	34.03	34.2	3.27	3.22	0.17	0.17	AMAN
32	0+043	32.6	34.12	33.97	34.12	4.12	2.84	0.15	0.15	AMAN
33	0+038	32.5	33.89	33.72	33.89	3.52	3.22	0.17	0.17	AMAN
34	0+033	32.22	33.40	33.22	33.4	4.35	3.97	0.18	0.18	AMAN
35	0+026	32.02	33.67	33.5	33.67	4.14	2.63	0.17	0.17	AMAN
36	0+020	31.9	33.60	33.42	33.6	3.49	2.56	0.18	0.18	AMAN
37	0+015	31.82	33.45	33.35	33.45	3.5	2.52	0.1	0.1	AMAN
38	0+010	31.71	33.45	33.29	33.45	3.61	2.47	0.16	0.16	AMAN
39	0+005	31.41	33.46	33.31	33.46	4.41	2.05	0.15	0.15	AMAN
40	0+000	31.29	33.44	33.28	33.44	2.51	1.95	0.16	0.16	AMAN

Sumber: Hasil Analisis

IV. KESIMPULAN

Debit banjir yang diperoleh dari hasil simulasi untuk masing-masing kala ulang adalah sebagai berikut:

- Kala ulang 5 tahun adalah 10,7 m³/detik
- Kala ulang 25 tahun adalah 23,0 m³/detik
- Kala ulang 50 tahun adalah 30,0 m³/detik

Dari hasil debit banjir di atas, untuk alur 7 sungai Pulisan digunakan debit banjir kala ulang 25 tahun. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada semua penampang alur 7 sungai Pulisan yang ditinjau sudah tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi. Selanjutnya, dilakukan redimensi untuk semua penampang alur 7 sungai Pulisan dengan lebar bawah 5 m, lebar atas 7 m, kedalaman rerata 2,1 m, dan tinggi jagaan 0,5 m sehingga mampu menampung besaran

debit banjir rencana kala ulang 25 tahun.

Dengan menggunakan rumput vetiver sebagai bagian daripada konsep Eko Hidraulik, terjadi reduksi kecepatan aliran untuk semua penampang alur 7 sungai Pulisan.

KUTIPAN

[1] Chow, V.T., Maidment, D.R., Mays, L.W., 1988. Applied Hydrology. Singapore: McGraw-Hill.
 [2] Fransiska, Lidya., Ziana, Azmeri. 2017. Perbaikan Bantaran Sungai Secara Eko Hidraulik Untuk Menanggulangi Banjir di Sungai Lae Soraya Kota Subulussalam. Pertemuan Ilmiah Tahunan XXXV HATHI, Universitas Syiah Kuala, Medan.

- [3] Isa, Mohamad., Jeffry S. F. Sumarauw, Liany A. Hendratta. 2020. Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Marisa Kecamatan Limboto Barat Kabupaten Gorontalo. *Jurnal Sipil Statik* Vol. 8 No. 4 Juli 2020 (591-600) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [4] Kairupan, Reynaldo C., Tiny Mananoma, Jeffry S.F. Sumarauw. 2017. Pola Distribusi Hujan Jam – Jaman Wilayah Bolaang Mongondow. *Jurnal Sipil Tekno* Vol.15 No.68 Desember 2017, ISSN: 0215-9617, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [5] Karim, Intan., Cindy J. Supit, Liany A. Hendratta. 2016. Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih di Desa Motongkad Utara Kecamatan Nuangan Kabupaten Bolaang Mongondow Timur. *Jurnal Sipil Statik* Vol.4 No.11 November 2016 (705-714) ISSN:2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [6] Lengkey, Anggielina Priska., Tiny Mananoma, Jeffry S. F. Sumarauw. 2019. Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Molinow di Desa Radey Kabupaten Minahasa Selatan. *Jurnal Sipil Statik* Vol.7 No.8 Agustus 2019 (965-974) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [7] Makahinsade, Imanuel., Tiny Mananoma, Jeffry S. F. Sumarauw. 2020. Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Maen Kecil di Desa Maen Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik* Vol.8 No.3 Mei 2020 (337-344) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [8] Makal, Ariel Pribady., Tiny Mananoma, Jeffry S. F. Sumarauw. 2020. Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Kawangkoan di Desa Kawangkoan Kecamatan Kalawat Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik* Vol.8 No.3 Mei 2020 (283-292) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [9] Maryono, Agus., 2005. Eko Hidraulik Pembangunan Sungai (Edisi Kedua), Magister Teknik Program Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [10] Naiman, R. J. Bunn., S. E. Hiwasaki, L. McClain, E. M. Vorosmarty, C.J. Zalewski M. 2007. The Science of Flow Ecology Relationship. Clarifying Key Terms and Concepts, Paper Presented at the Earth System Science Partnership Open Science Conference, Beijing.
- [11] Ramdan, Hikmat. 2004. Prinsip Dasar Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Universitas Winaya Mukti, Sumedang.
- [12] Rapar, Sharon M. E., Tiny Mananoma, E. M. Wuisan, Alex Binilang. 2014. Analisis Debit Banjir Sungai Tondano Menggunakan Metode HSS Gama I Dan HSS Limantara. *Jurnal Sipil Statik* Vol.2 No.1 Januari 2014 (13-21) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [13] Sianto, Paulus., Susilawati. 1988. Peran Masyarakat dalam Mitigasi Bencana Banjir – Kekeringan – Tanah Longsor dari Lingkungan Keluarga. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Katolik Widya Mandira Kupang, Kupang.
- [14] Soewarno. 1991. Hidrologi Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri). Nova, Bandung.
- [15] Sosrodarsono, Suyono., Kensaku Takeda. 2003. Hidrologi Untuk Pengairan (Cetakan Kesembilan). Pradnya Paramita, Jakarta.
- [16] Sri Harto. 1993. Analisis Hidrologi. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [17] Sumarauw, Jeffry. 2013. Hujan. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [18] Sumarauw, Jeffry. 2017. Analisis Frekwensi Hujan. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [19] Sumarauw, Jeffry. 2017. Hidrograf Satuan Sintetis. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [20] Sumarauw, Jeffry. 2018. HEC-HMS. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [21] 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.
- [22] Tanudjaja, Lambertus. 1991. Analisis Aliran Di Saluran Terbuka Dengan Metode Elemen Hingga. Tesis S2 Teknik Sumberdaya Air, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [23] Triatmodjo, Bambang. 2008. Hidrologi Terapan. Beta Offset, Yogyakarta.
- [24] Tumober, 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.