



## Analisis Pengaruh Backwater Di Muara Sungai Wawesen Kecamatan Belang Kabupaten Minahasa Tenggara

**Indah R. Lempoy<sup>1</sup>, Tommy Jansen<sup>2</sup>, Cindy J. Supit<sup>3</sup>**

Program Studi S2 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi, Manado <sup>1,2,3</sup>  
E-mail: indahlempoy0@gmail.com

### **Abstrak**

*Terjadinya luapan air di muara Sungai Wawesen disebabkan oleh curah hujan yang tinggi serta pengaruh pasang surut. Oleh karena itu dibutuhkan analisis pengaruh pasang surut dan backwater yang terjadi di sungai Wawesen untuk mengantisipasi banjir yang kemungkinan akan terjadi kelak. Simulasi dibuat dengan dan tanpa pengaruh pasang surut. Metode Tahapan Langsung dan Metode Tahapan Standar akan digunakan untuk melihat profil muka air banjir. Penelitian menunjukkan besarnya debit puncak pada kala ulang 5,10,25,50, dan 100 tahun adalah 52.8m<sup>3</sup>/det, 72.1m<sup>3</sup>/det, 97.9m<sup>3</sup>/det, 120.2m<sup>3</sup>/det, dan 145.2m<sup>3</sup>/det, serta debit baseflow sebesar 0.5m<sup>3</sup>/det. Hasil model HEC-RAS, sungai meluap ke tepi kanan saat terjadi banjir dari titik 25m ke hulu. Kondisi dengan pengaruh pasang surut untuk semua kala ulang mengakibatkan muka air lebih tinggi dari tinggi penampang sungai. Pengaruh backwater dengan kondisi pasang terendah dan tertinggi dengan selisih 0m-0.85m untuk debit terkecil dan selisih 0m-6.07m pada debit terbesar, sebagaimana ditentukan oleh analisis menggunakan metode tahapan langsung. Analisis yang sama dilakukan dengan menggunakan metode tahapan standar, menghasilkan selisih kisaran untuk perbedaan ketinggian air banjir antara 0m-0.23m untuk debit terkecil dan selisih sekitar 0.16m-2.95m pada debit terbesar. Jika dibandingkan dengan HEC-RAS, metode tahapan standar untuk menganalisis profil permukaan air menunjukkan sedikit perbedaan, menjadikannya alternatif yang layak.*

**Kata kunci :** Backwater, HEC-HMS, HEC-RAS, Langsung, Standar.

### **Abstract**

*The occurrence of overflow at the mouth of the Wawesen River is caused by high rainfall and the influence of tides. Therefore, an analysis of the influence of tides and backwater that occurs in the Wawesen river is needed to anticipate flooding that is likely to occur in the future. The simulation is made with and without the influence of tides. The Direct Stepping Method and the Standard Stepping Method will be used to see the profile of the flood water level. Research shows that the magnitude of the peak discharge at return periods of 5, 10, 25, 50, and 100 years is 52.8m<sup>3</sup>/sec, 72.1m<sup>3</sup>/sec, 97.9m<sup>3</sup>/sec, 120.2m<sup>3</sup>/sec, and 145.2m<sup>3</sup>/sec, and a base flow discharge of 0.5 m<sup>3</sup>/sec. The results of the HEC-RAS model show that the river overflows the right bank during flooding from a point 25m upstream. Conditions with tidal effects for all return periods result in a higher water level than the cross-sectional height of the river. Effect of backwater with the lowest and highest tide conditions with a difference of 0m-0.85m for the smallest discharge and a difference of 0m-6.07m for the largest discharge, as determined by analysis using the direct step method. The same analysis was carried out using the standard step method, resulting in a difference in the range for differences in flood water levels between 0m-0.23m for the smallest discharge and a difference of around 0.16m-2.95m for the largest discharge. When compared to HEC-RAS, the standard step method for analyzing water surface profiles shows little difference, making it a viable alternative.*

**Keywords:** Backwater, HEC-HMS, HEC-RAS, Direct, Standard.



## **1. PENDAHULUAN**

Sungai adalah badan air besar yang mengalir ke hilir dari ketinggian yang lebih tinggi. Sungai memainkan peran penting dalam masyarakat, karena kehadiran atau ketidakhadirannya menimbulkan risiko serius bagi kelangsungan hidup manusia. Ada banyak keuntungan tinggal di dekat sungai, tetapi ketika sungai meluap, daerah sekitarnya berada dalam bahaya. Pasang surut akan menyebabkan kedalaman air berubah-ubah akibat adanya gravitasi dan gaya sentrifugal yang bekerja (Jansen, 2016). Ketika pasang surut terjadi maka akan terbentuk backwater yang terbentuk di dekat muara sungai sehingga air yang mengalir menuju ke laut berbalik dan meluap di muara sungai, dan menyebabkan banjir (Seyhan, 1990). Oleh karena itu diperlukan analisis prediksi banjir termasuk analisis tinggi muka air sungai yang akan sangat bermanfaat dalam menentukan dimensi penampang serta keputusan untuk menentukan perlu tidaknya dilakukan rekonstruksi dalam pembangunan bangunan guna mengurangi bencana banjir (Kopalit dkk, 2020; Monica dkk, 2020).

Sungai Wawesen mengalir melalui Kecamatan Belang di Kabupaten Minahasa Tenggara. Luapan dari Sungai Wawesen sering membanjiri lingkungan di sepanjang jalurnya. Luapan itu menyebabkan kerusakan pada permukiman warga di sekitar Sungai Wawesen. Hujan deras dan efek pasang surut menyebabkan air meluap ke Sungai Wawesen. Bencana banjir ini juga diakibatkan oleh kondisi penampang yang tidak merata, dimana pada beberapa titik sudah dibangunnya tanggul, namun ada pada titik yang lain belum adanya tanggul. Selain itu, tanggul yang dibangun masih belum bisa menampung debit banjir akibat pengaruh pasang tertinggi.

Berdasarkan latar belakang di atas maka perlu dilakukan analisis mengenai pengaruh besarnya debit banjir melalui perhitungan debit banjir rencana Sungai Wewesen serta analisis penambahan ketinggian muka air akibat pengaruh pasang surut di Sungai Wewesen. Melalui hasil dari penelitian ini diharapkan dapat berguna dalam mendesain profil penampang sungai seperti rekonstruksi bangunan tanggul yang sudah ada, serta pembangunan tanggul untuk bagian sungai yang belum ada tanggul. Dengan begitu, bencana banjir di daerah Muara Sungai Wawesen dapat diminimalisir.

## **2. METODE PENELITIAN**

Lokasi dari Sungai Wawesen di Desa Borgo Satu, Kecamatan Belang, Kabupaten Minahasa Tenggara, Sulawesi Utara.

### *2.1 Pengumpulan Data*

Data yang digunakan dibagi menjadi dua bagian, yaitu data primer dan data sekunder.

#### *2.1.1 Data Primer*

Untuk data primer yang dipakai yaitu, data penampang sungai, yang didapat dari pengukuran langsung dilapangan. Pengukuran penampang sungai dilakukan pada Bulan Maret 2023 di lokasi penelitian, yaitu di Sungai Wawesen. Gambar 1 terlihat Proses Pengambilan Data di Lokasi Penelitian.



**Gambar 1.** Pengukuran Penampang Sungai Wawes

### 2.1.2 Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan, yaitu peta DAS dibuat dengan menggunakan aplikasi Google earth pro. Data curah hujan harian maksimum dan data debit sungai diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I. Dan data pasang surut yang diperoleh dari TNI-AL LANTAMAL VIII Sulawesi Utara.

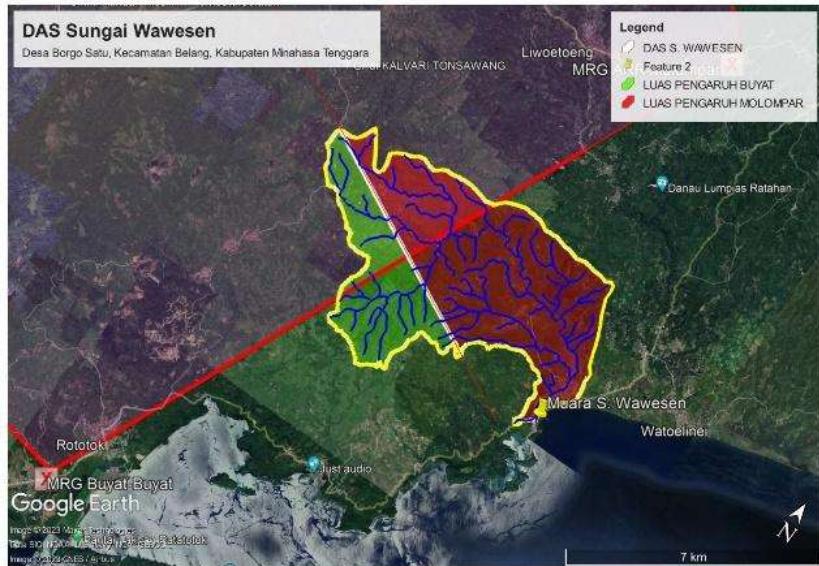
### 2.2 Prosedur Penelitian

Pertama dilakukan pengamatan keadaan lokasi penelitian dengan melakukan survei di sana. Serta menanyakan keadaan lokasi studi dengan berbicara dengan penduduk setempat. Kemudian dilakukan pengumpulan data primer dan sekunder untuk penelitian. Untuk proses menganalisis data yang dikumpulkan menggunakan prosedur yang ditetapkan yaitu, menghitung frekuensi debit banjir berulang dengan bantuan program komputer HEC-HMS (*HEC-HMS Technical Reference Manual. 2000*), menghitung ketinggian air di penampang sungai dianalisis dengan bantuan perangkat lunak komputer HEC-RAS (*HEC-RAS 5.0 Reference Manual. 2016*). Simulasi dijalankan di bawah dua skenario berbeda: dengan dan tanpa dampak pasang surut. Dan yang terakhir melakukan perbandingan antara metode tahapan langsung dan metode tahapan standar untuk menganalisis profil ketinggian air banjir dengan kondisi batas yang digunakan: pasang surut terendah dan debit terkecil, pasang surut terendah dan debit terbesar, pasang surut tertinggi dan debit terkecil, pasang surut tertinggi dan debit terbesar (Monica. 2020).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Daerah Aliran Sungai

Luas daerah aliran sungai (DAS) Sungai Wawes menggunakan data SIG yang diambil dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dan dihitung dengan menggunakan program *Google Earth Pro* seperti pada Gambar 2. Diperoleh luas sebesar 32.9 Km<sup>2</sup>.



**Gambar 2.** DAS Wawesen

### 3.2 Analisa Curah Hujan

Analisa curah hujan menggunakan data curah hujan harian maksimum periode tahun 2008 sampai tahun 2022 di Pos Hujan MRG Molompar (Data Hujan Harian Pos MRG ARR Molompar, Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1) dan MRG Buyat-Buyat (Data Hujan Harian Pos MRG Buyat-Buyat, Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1). Data curah hujan maksimum untuk tiap pos hujan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Data Curah Hujan Maksimum

No.	Tahun	MRG Molompar (mm)	MRG Buyat-Buyat (mm)
1	2008	188.20	61.3
2	2009	137.20	75.10
3	2010	102.30	68.80
4	2011	97.60	103.80
5	2012	95.80	93.60
6	2013	96.90	76.90
7	2014	71.90	110.20
8	2015	78.10	89.70
9	2016	83.00	111.90
10	2017	75.80	84.70
11	2018	121.20	86.00
12	2019	117.30	97.20
13	2020	76.50	67.20
14	2021	151.50	58.90
15	2022	68.10	91.10

### 3.3 Uji Data Outlier

- Pos Hujan Molompar

Nilai  $CS_{log}$  lebih besar dari 0.4 sehingga dilakukan uji *outlier* tinggi dahulu lalu uji *outlier* rendah.

$$Kn = (-3.62201) + (6.28446 \times 15^{1/4}) - (2.49835 \times 15^{1/2}) + (0.491436 \times 15^{3/4}) - (0.037911 \times 15) = 2.24673$$

- Uji *outlier* tinggi

$$\log \log x_h = \underline{\log \log x} - Kn \cdot S_{log} = 1.90 + 2.24673 \times 0.1448$$

$$\log \log x_h = 2.22303$$

$$X_h = 167.12 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan *outlier* tinggi = 167.12 mm lebih rendah dari nilai hujan tertinggi yaitu 188.20 mm maka dilakukan koreksi data dan dilanjutkan dengan uji *outlier* rendah.

- Uji *outlier* rendah

$$\log \log x_l = \underline{\log \log x} - Kn \cdot S_{log} = 1.89 - 2.24673 \times 0.1355$$

$$\log \log x_l = 1.58975$$

$$X_l = 38.88 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan *outlier* rendah = 38.88 mm masih lebih rendah dari nilai hujan terendah yaitu 43.20 mm.

- Pos Hujan Buyat-Buyat

Nilai  $CS_{log}$  lebih besar dari -0.4 dan kurang dari 0.4 sehingga dapat dipilih dilakukan uji *outlier* tinggi atau uji *outlier* rendah terlebih dahulu. Sebelum dilakukan uji *outlier*, dihitung terlebih dahulu nilai Kn karena nilai  $CS_{log}$  lebih rendah dari 0.4

$$Kn = (-3.62201) + (6.28446 \times 15^{1/4}) - (2.49835 \times 15^{1/2}) + (0.491436 \times 15^{3/4}) - (0.037911 \times 15) = 2.24673$$

- Uji *outlier* tinggi

$$\log \log x_h = \underline{\log \log x} - Kn \cdot S_{log} = 1.92 + 2.24673 \times 0.088394$$

$$\log \log x_h = 2.12026$$

$$X_h = 131.90 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan *outlier* tinggi = 131.90 mm lebih rendah dari nilai hujan tertinggi yaitu 111.90 mm maka tidak dilakukan koreksi data dan dilanjutkan dengan uji *outlier* rendah.

- Uji *outlier* rendah

$$\log \log x_l = \underline{\log \log x} - Kn \cdot S_{log} = 1.92 - 2.24673 \times 0.088394$$

$$\log \log x_l = 1.72$$

$$X_l = 52.85 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan *outlier* rendah = 52.85 mm masih lebih rendah dari nilai hujan terendah yaitu 58.90 mm.

### 3.4 Analisis Curah Hujan Rerata

Analisis curah hujan rerata dilakukan untuk mendapatkan rata-rata dari hasil pengukuran hujan di dua pos hujan yang ada (Sumarauw, 2017). Dengan mengetahui luas pengaruh dari tiap pos hujan yang ada, maka curah hujan rerata dari setiap pos hujan dapat dihitung seperti pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Data Curah Hujan Rerata

Tahun	Curah Hujan Rerata				$R$ (mm)
	Molompar (mm)	Buyat-Buyat (mm)	Luas A1 (km <sup>2</sup> )	Luas A2 (km <sup>2</sup> )	
2008	167.12	61.30			136.89
2009	43.20	75.10			52.31
2010	59.90	68.80			62.44
2011	72.50	103.80			81.44
2012	94.40	93.60			94.17
2013	101.90	76.90			94.76
2014	84.90	110.20			92.13
2015	80.20	89.70	23.5	9.4	82.91
2016	82.80	111.90			91.11
2017	98.70	84.70			94.70
2018	75.40	86.00			78.43
2019	87.00	97.20			89.91
2020	66.20	67.20			66.49
2021	59.00	58.90			58.97
2022	60.30	91.10			69.10

### 3.5 Penentuan Tipe Distribusi Hujan

Pemilihan tipe distribusi didasarkan pada persyaratan parameter statistik (Chow, 1988) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Pemilihan Tipe Distribusi

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	$C_s = 0$	0.97	Tidak Memenuhi
	$C_k = 3$	5.73	Tidak Memenuhi
Log Normal	$C_s = Cv^3 + 3 \cdot Cv = 0.76$	0.97	Tidak Memenuhi
	$C_k = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3 = 4.04$	5.73	Tidak Memenuhi
Gumbel	$C_s = 1.14$	0.97	Tidak Memenuhi
	$C_k = 5.40$	5.73	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Bila tidak ada parameter statistic yang sesuai dengan ketentuan distribusi sebelumnya	-	Memenuhi

Analisis curah hujan rencana dengan tipe sebaran Log Pearson III. Parameter statistik untuk distribusi Log Pearson III ditunjukkan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Parameter Statistik Untuk Distribusi Log Pearson III

No.	R = x	Log X (Y)	(Y - $\bar{Y}$ )	(Y - $\bar{Y}$ ) <sup>2</sup>	(Y - $\bar{Y}$ ) <sup>3</sup>	(Y - $\bar{Y}$ ) <sup>4</sup>
1	136.886353	2.136360	0.228896	0.052393	0.011993	0.002745
2	94.757143	1.976612	0.069148	0.004781	0.000331	0.000023
3	94.700000	1.976350	0.068886	0.004745	0.000327	0.000023
4	94.171429	1.973919	0.066455	0.004416	0.000293	0.000020
5	92.128571	1.964394	0.056930	0.003241	0.000185	0.000011
6	91.114286	1.959586	0.052123	0.002717	0.000142	0.000007
7	89.914286	1.953829	0.046365	0.002150	0.000100	0.000005
8	82.914286	1.918629	0.011165	0.000125	0.000001	0.000000
9	81.442857	1.910853	0.003389	0.000011	0.000000	0.000000
10	78.428571	1.894474	-0.012990	0.000169	-0.000002	0.000000
11	69.100000	1.839478	-0.067986	0.004622	-0.000314	0.000021
12	66.485714	1.822728	-0.084736	0.007180	-0.000608	0.000052
13	62.442857	1.795483	-0.111981	0.012540	-0.001404	0.000157
14	58.971429	1.770642	-0.136822	0.018720	-0.002561	0.000350
15	52.314286	1.718620	-0.188844	0.035662	-0.006735	0.001272
$\Sigma$		28.611959		0.153473	0.001746	0.004685

Rata – rata hitung:

$$\underline{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log \log X_i = \frac{1}{15} \times 28.611959 = 1.90746$$

Simpangan Baku:

$$S_{\log \log X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log \log X_i - \underline{\log \log X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,153473}{15-1}} = 0.10470$$

Koefisien Skewness (Kemencengan):

$$C_{S_{\log \log X}} = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \cdot \left( S_{\log \log X} \right)^3 \left( \log \log X_i - \underline{\log \log X} \right)^3 = \\ \frac{15}{(15-1)(15-2)} \cdot \frac{0.10470^3}{0.12537} \times (0.001746) = 0.12537$$

Nilai K untuk tiap kala ulang adalah sebagai berikut:

5 Tahun : 0.684

10 Tahun : 1.340

25 Tahun : 2.036

50 Tahun : 2.531

100 Tahun : 3.005

Table 5 berikut menunjukkan data curah hujan rencana yang digunakan untuk tiap kala ulang.

**Tabel 5.** Curah Hujan Rencana

Kala Ulang	Log X <sub>TR</sub>	X <sub>TR</sub>
5	1.98	95.29
10	2.05	111.62
25	2.12	132.03
50	2.17	148.74
100	2.22	166.76

### 3.6 Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman

Distribusi hujan jam-jaman menggunakan pola hujan daerah Minahasa Tenggara dan sekitarnya (Sumarauw, 2016) diperlihatkan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman

Kala Ulang	(tahun)	5	10	25	50	100
P Jam Ke-	1	60.04	70.32	83.18	93.70	105.06
	2	7.62	8.93	10.56	11.90	13.34
	3	18.11	21.21	25.09	28.26	31.69
	4	6.67	7.81	9.24	10.41	11.67
	5	1.91	2.23	2.64	2.97	3.34
	6	0.95	1.12	1.32	1.49	1.67
	7	0.95	1.12	1.32	1.49	1.67
	8	0.95	1.12	1.32	1.49	1.67

### 3.7 Perhitungan Nilai SCS Curve Number

Nilai *CN* adalah *Curve Number* yang dapat memperhitungkan total hujan berbagai karakteristik DAS dengan tipe tanah dan tata guna lahan yang berbeda (Supit, 2013). Perhitungan nilai *CN* rata-rata DAS Wawesen ditunjukkan pada Tabel 7 didapat dari perhitungan dengan Nilai *CN* untuk beberapa tata guna lahan (Triatmodjo, 2008), sehingga didapatkan nilai *CN* rata-rata sebesar 74.077.

**Tabel 7.** Perhitungan Nilai *CN* Rata-Rata DAS Wawesen

Jenis Tutup Lahan	Luas (km <sup>2</sup> )	Presentase (%)	CN Tiap Lahan	CN
Hutan (Penutupan Baik)	20.5600	62.49	70	43.745
Ladang/Kebun	5.2600	15.99	78	12.471
Pemukiman	7.0800	21.52	83	17.861
Total	32.9000	100	-	74.077

### 3.8 Analisis Pasang Surut

Hasil analisis pasang surut akan didapatkan data elevasi muka air laut ditunjukkan pada Tabel 8 dibawah.

**Tabel 8.** Elevasi Muka Air Laut

Elevasi Muka Air	Satuan	Data	Satuan	Data
HHWL	cm	210	m	2.1
MSL	cm	120	m	1.2
LLWL	cm	50	m	0.5

*Sumber : Data Pasang Surut Bulan April, TNI-AL LANTAMAL VIII Sulawesi Utara*

Dimana :

- *Higher high water level (HHWL)* : Muka air tertinggi
- *Lowest low water level (LLWL)* : Muka air terendah
- *Mean sea level (MSL)* : Muka air rata-rata

### 3.9 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)* serta perhitungan *baseflow* menggunakan metode *recession* (Sumarauw, 2017).

Hitung asumsi *lag time* awal dari DAS Wawesen.

$$A = 32.9 \text{ km}^2$$

$$L = 14.1 \text{ km.}$$

$$s = 0.047 \text{ m/m.}$$

$$N = 0.8 \text{ (koefisien kekasaran lahan)}$$

$$T_c = \frac{0.606(L.n)^{0.467}}{s^{0.234}} = \frac{0.606(14.1 \cdot 0.8)^{0.467}}{0.047^{0.234}} = 3.83549 \text{ jam}$$

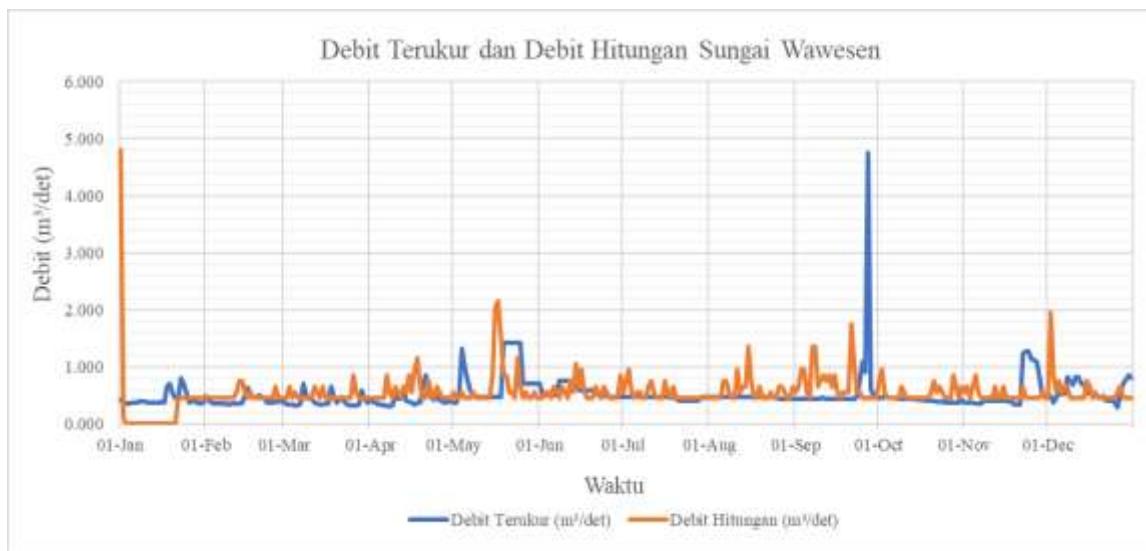
$$T_l = 0.6 \cdot T_c = 0.6 \cdot 3.83549 = 2.30129 \text{ Jam} \approx 138.078 \text{ Menit}$$

#### Kalibrasi Parameter HSS SCS

Melakukan proses kalibrasi dengan menjalankan perhitungan kalibrasi yang sudah dibuat (Sumarauw, 2018), hasil nilai parameter terkalibrasi pada Tabel 9 dan grafik yang menampilkan debit hasil hitungan dan debit terukur akan didapatkan pada Gambar 3, dimana nilai debit puncak hasil hitungan dan debit puncak terukur adalah sama yaitu  $4.9 \text{ m}^3/\text{detik}$ .

**Tabel 9.** Parameter-Parameter Hasil Kalibrasi

<i>Initial Discharge</i>	$1.25 \text{ m}^3/\text{detik}$
<i>Ratio to Peak</i>	0.3
<i>Recession Constant</i>	0.1
<i>CN</i>	68.5
<i>Lag Time</i>	110.25 menit



**Gambar 3.** Grafik Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur

#### *Hasil Simulasi Debit Banjir Dengan Program HEC-HMS*

Parameter hasil kalibrasi akan digunakan untuk menghitung debit banjir dengan menggunakan data hujan rencana jam-jaman (Sumarauw, 2013). Dari hasil analisis didapatkan debit puncak untuk kala ulang seperti pada Gambar 4, dimana untuk tiap kala ulang debit puncak meningkat dari  $52.8 \text{ m}^3/\text{det}$ ,  $72.1 \text{ m}^3/\text{det}$ ,  $97.9 \text{ m}^3/\text{det}$ ,  $120.2 \text{ m}^3/\text{det}$ ,  $145.2 \text{ m}^3/\text{det}$ .



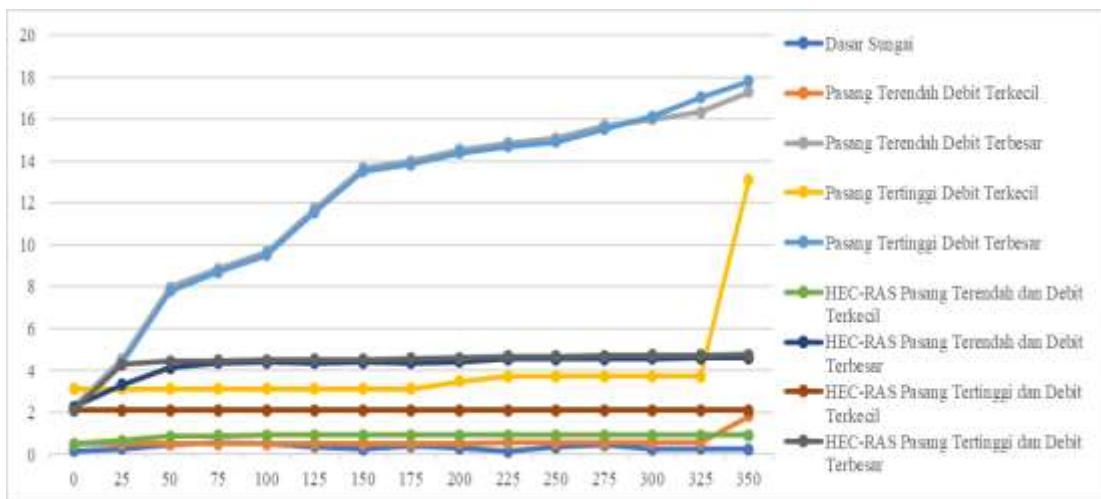
**Gambar 4.** Grafik Hasil Analisis Debit Puncak Untuk Tiap Kala Ulang

#### *3.10 Simulasi Tinggi Muka Air Dengan Program Komputer HEC-RAS*

Analisis dari program HEC-RAS sungai meluap ke bantaran kanan saat terjadi banjir. Penampang melintang sungai tidak dapat lagi menangani debit banjir dari titik 25 meter ke hulu dari titik 0 untuk debit banjir kala ulang 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun pada kondisi surut terendah dan kondisi pasang tertinggi. Sedangkan pada debit baseflow ( $Q_{baseflow}$ ), dengan adanya pasang surut maupun tanpa adanya pasang surut, penampang sungai masih dapat menampung debit yang dialirkan oleh sungai.

### 3.11 Metode Tahapan Langsung

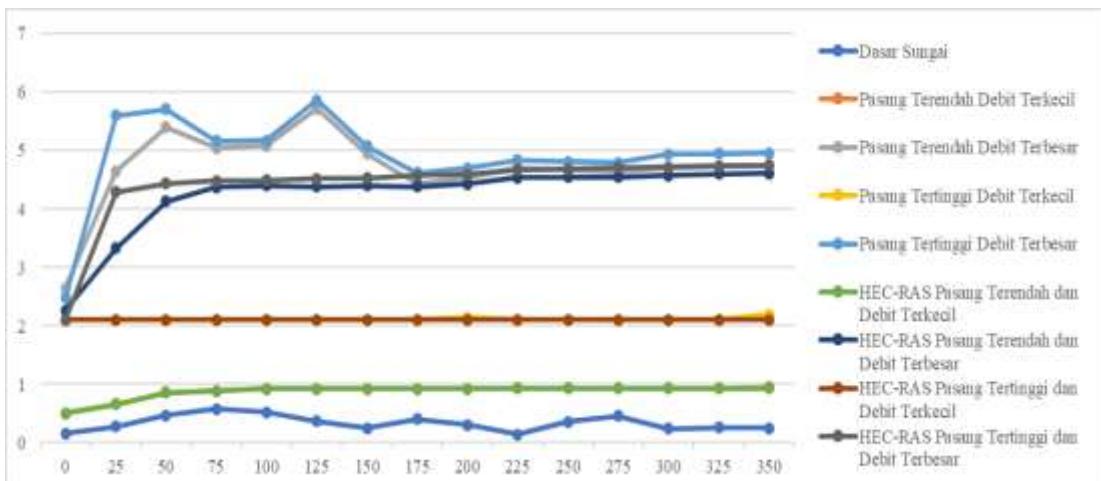
Analisis tinggi muka air dengan metode tahapan langsung menghasilkan profil seperti pada Gambar 5. Dari grafik berikut dapat dilihat profil muka air dengan menggunakan analisis HEC-RAS dan Metode Tahapan Langsung dengan beberapa kondisi, yang dapat disimpulkan hasilnya tidak begitu mirip namun terlihat mendekati, sehingga metode ini masih kurang disarankan untuk digunakan sebagai alternatif dalam menganalisis profil muka air.



**Gambar 5.** Perbandingan Profil Muka Air Banjir dengan Metode Tahapan Langsung dan Hasil Program HEC-RAS

### 3.12 Metode Tahapan Standar

Analisis tinggi muka air dengan metode tahapan standar menghasilkan profil seperti pada Gambar 6. Dari grafik berikut dapat dilihat profil muka air dengan menggunakan analisis HEC-RAS dan Metode Tahapan Standar dengan beberapa kondisi, yang dapat disimpulkan hasilnya terlihat sangat mirip, sehingga metode ini disarankan untuk digunakan sebagai alternatif dalam menganalisis profil muka air.



**Gambar 6.** Perbandingan Profil Muka Air Banjir dengan Metode Tahapan Standart dan Hasil Program HEC-RAS

#### **4. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa : Untuk banjir dengan kala ulang 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun, Sungai Waweser mengalirkan debit 52.8 m<sup>3</sup>/s, 72.1 m<sup>3</sup>/s, 97.9 m<sup>3</sup>/s, 120.2 m<sup>3</sup>/s, dan 145.2 m<sup>3</sup>/s. Dan berdasarkan hasil model HEC-RAS, sungai meluap ke bantaran kanan saat terjadi banjir. Penampang melintang sungai tidak dapat lagi menangani debit banjir dari titik 25 meter ke hulu dari titik 0 untuk debit banjir kala ulang 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun. Namun, pada debit baseflow ( $Q_{baseflow}$ ), dengan adanya pasang surut maupun tanpa adanya pasang surut, penampang sungai masih dapat menampung debit yang dialirkan oleh sungai. Untuk pengaruh backwater pada ketinggian muka air dengan kondisi pasang terendah dan tertinggi dengan selisih 0 m sampai 0.85 m untuk debit terkecil dan selisih 0 m sampai 6.07 m pada debit terbesar, sebagaimana ditentukan oleh analisis menggunakan metode tahapan langsung di semua titik tinjauan. dari STA 0+0 hingga STA 0+350. Analisis yang sama dilakukan dengan menggunakan metode tahapan standar, menghasilkan selisih kisaran untuk perbedaan ketinggian air banjir antara 0 m sampai 0.23 m untuk debit terkecil dan selisih sekitar 0.16 m hingga 2.95 m pada debit terbesar. Jika dibandingkan dengan HEC-RAS, metode tahapan standar untuk menganalisis profil permukaan air hanya menunjukkan sedikit perbedaan hasil, menjadikannya alternatif yang layak. Sehubungan dengan kapasitas Sungai Waweser sudah tidak mampu lagi menampung debit banjir yang terjadi terutama di bantaran sebelah kanan sungai, sehingga disarankan untuk dibangun tanggul banjir pada bagian yang belum dipasang tanggul, dan dilakukan rekonstruksi pada tanggul yang sudah tidak bisa menampung banjir. Serta disarankan untuk penelitian selanjutnya untuk memperhitungkan parameter sedimentasi yang terjadi di muara sungai, agar hasil yang didapat akan lebih akurat.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- .2000. *HEC-HMS Technical Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- .2016. *HEC-RAS 5.0 Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- .Data Debit Harian Sungai Molompar. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- .Data Hujan Harian Pos MRG ARR Molompar. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- .Data Hujan Harian Pos MRG Buyat-Buyat.. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- .Data Pasang Surut Bulan April 2022. TNI-AL LANTAMAL VIII Sulawesi Utara.
- Chow, VT., Maidment, D.R, Mays, (1988). *Applied Hydrology*. Singapore: McGraw-Hill.
- Jansen, Tommy. (2016). Sedimentasi, Salinitas Dan Intrusi Air Laut Pada Profil Muara Sungai Chikugo, Japan. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, Vol.6, No.2, Mei 2016 (485-489) ISSN: 2087-9334.
- Kopalit, Theo N., Cindy J. Supit, Aristides K.T. Dundu. (2020). Prediksi Banjir Di Sungai Ranomea Kabupaten Minahasa Selatan. *Jurnal Sipil Statik*, Vol.8 No.3 Mei 2020 (423-430) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Monica, La'la, Liany Hendratta, Cindy Supit. (2020). Analisis Pengaruh Backwater di Muara Sungai Talawaan-Baju Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, Vol. 10, No. 2, September 2020 (125-134) ISSN: 2087-9334, Universitas Sam Ratulangi, Manado

- Seyhan, Ersin. (1990)., *Dasar-dasar Hidrologi*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sumarauw, Jeffry. (2013). *Hujan*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sumarauw, Jeffry. (2016). Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman Daerah Minahasa Selatan dan Tenggara. *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 4 No. 11 November 2016 (675-686) ISSN: 2337-6732, Manado.
- Sumarauw, Jeffry. (2017). *Analisis Frekuensi Hujan*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sumarauw, Jeffry. (2017). *Hidrograf Satuan Sintetis*. 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.
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta.