

ANALISIS DEBIT BANJIR DAN TINGGI MUKA AIR SUNGAI DUWANGA KECAMATAN DUNGALIYO KABUPATEN GORONTALO

Dwi Iriansyah Ramadan*, Rawiyah Husnan, dan Barry Yusuf Labdul

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Negeri Gorontalo

*dwirmdhan78@gmail.com

Pemasukan: 22 Januari 2024 Perbaikan: 24 Mei 2024 Diterima: 24 Juni 2024

Intisari

Sungai Duwanga merupakan sungai yang berada di Kecamatan Dungaliyo, Kabupaten Gorontalo, Provinsi Gorontalo. Pada tahun 2020 Sungai Duwanga meluap dan menyebabkan banjir hingga tanggul Sungai Duwanga jebol yang mengakibatkan rumah-rumah terutama rumah yang berada disekitar Sungai Duwanga terendam dan mengalami kerusakan. Maka dari itu diperlukan analisis debit banjir dan tinggi muka air dari Sungai Duwanga. Titik tinjau untuk penelitian ini terletak di Jembatan Duwanga. Data yang diaplikasikan berupa data primer dan sekunder yaitu data penampang sungai sebagai data primer, kemudian data curah hujan harian maksimum, data debit tahunan, luas DAS, peta topografi, dan data penutup lahan untuk data sekunder. Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis hidrologi dengan menggunakan model HEC-HMS untuk mendapatkan besaran debit banjir rencana dan Model Hidrolika HEC-RAS untuk analisis tinggi muka air menggunakan program serta simulasi tinggi muka air banjir. Hasil analisis hidrologi yang didapat debit banjir yang dihitung dengan metode HSS SCS pada program HEC-HMS yaitu kala ulang 5 tahun sebesar 35,6 m³/detik, kala ulang 10 tahun sebesar 42,1 m³/detik, kala ulang 25 tahun sebesar 47,5 m³/detik, kala ulang 50 tahun sebesar 52,8 m³/detik, dan kala ulang 100 tahun sebesar 56,2 m³/detik. Hasil analisis hidrolika dengan memasukkan hasil data debit banjir dan data penampang sungai pada program HEC-RAS memperlihatkan pada sta 0+50 dan sta 0+100 kala ulang 5 tahun tidak terjadi luapan, sedangkan pada kala ulang 10 tahun luapan banjir terjadi hanya pada bantaran kanan sungai. Sungai Duwanga tidak mampu membendung debit banjir pada sta 0+150, sta 0+200, sta 0+250 untuk kala ulang 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun.

Kata Kunci: Debit Banjir, Tinggi Muka Air Banjir, HEC-HMS, HEC-RAS

Latar Belakang

Sungai didefinisikan sebagai aliran terbuka dengan ukuran geometri (tampak lintang, profil memanjang dan kemiringan lembah) berubah seiring waktu, tergantung pada debit, material dasar dan tebing, serta jumlah dan jenis sedimen yang terangkut oleh air (Putra dkk., 2014). Pada tahun 2020 permasalahan yang terjadi dari meluapnya air sungai akibat curah hujan yang tinggi di Sungai Duwanga

telah mengakibatkan rumah-rumah terutama rumah yang berada di sekitar Sungai Duwanga terendam dan mengalami kerusakan.

Curah hujan tahunan, curah hujan maksimum, debit banjir tahunan maksimum, dan parameter hidrologi lainnya sering dianggap sebagai besaran stokastik, dan fungsi kerapatan probabilitas seperti distribusi normal, distribusi log-normal, distribusi gumbel, dan distribusi log pearson III (Breda et al., 2023). Analisis frekuensi hujan dilakukan untuk menentukan besarnya hujan yang terjadi pada periode ulang tertentu sehingga analisa frekuensi memperkirakan apakah debit aliran sungai tersebut akan melampaui atau menyamai suatu harga tertentu, misalnya untuk 10 tahun, 20 tahun dan seterusnya yang akan datang, jadi bukan untuk menentukan besarnya debit aliran sungai pada suatu saat (Limantara, 2018). Uji *outlier* dilakukan untuk mengoreksi data sehingga baik untuk digunakan pada analisis selanjutnya agar menghindari data yang menyimpang terlalu tinggi ataupun terlalu rendah dari sekumpulan data (Talumepa dkk., 2017). Dalam analisis data hidrologi diperlukan ukuran-ukuran numerik yang menjadi ciri data tersebut. Parameter yang digunakan dalam analisis susunan data dari suatu variabel disebut dengan parameter statistik. Parameter statistik yang digunakan dalam analisis data hidrologi yaitu: rata-rata hitung (*mean*), simpangan baku (standar deviasi), koefisien variasi, kemencengan (*koefisien skewness*) dan *koefisien kurtosis* (Rapar dkk., 2014). Debit banjir rencana merupakan debit maksimum pada suatu sungai dengan periode ulang tertentu. Pada studi ini data yang dibutuhkan untuk menentukan debit banjir rencana antara lain data curah hujan, luas *catchment area* dan data penutup lahan (Makahinsade dkk., 2020). Dalam analisis hidrolika, dihitung profil muka air dengan menggunakan beberapa data dari analisis hidrologi untuk mendapatkan profil muka air. Di dalam analisis ini juga digunakan program/software HEC-RAS. Data-data yang harus dimasukkan kedalam program HEC-RAS berupa data penampang sungai, data debit rencana, dan koefisien angka *Manning*/Kekasaran (Sebayang dkk., 2018).

Ruas Sungai Duwanga yang terletak di tepi jalan utama antara Kecamatan Batudaa dan Kecamatan Bongomeme sering menyebabkan gangguan lalu lintas saat meluap. Selain itu, meluapnya air di Sungai Duwanga mengakibatkan rusaknya areal pertanian dan perkebunan sehingga masyarakat sekitar mengalami gagal panen. Padahal telah kita ketahui bersama bahwa pertanian dan juga perkebunan merupakan urat nadi perekonomian masyarakat Desa Duwanga. Berdasarkan latar belakang, penelitian ini bertujuan untuk menghitung besaran debit banjir dan tinggi muka air dari Sungai Duwanga jika terjadi hujan dengan periode ulang tertentu dan dampaknya terhadap perubahan muka air sungai. Pada tahun 2015 penelitian ini juga pernah dilakukan oleh Tia Anandhita dkk di Sungai Rangkui yang menghasilkan analisis banjir rencana Sungai Rangkui periode 2 tahun sebesar 46,08 m³/detik, periode 5 tahun sebesar 57,68 m³/detik, periode 10 tahun sebesar 64,88 m³/detik, dan periode 25 tahun sebesar 72,79 m³/detik. Kemudian tinggi muka air berkisar 0,15 - 1,4 m untuk kondisi tanpa pasang surut dan 0,6 – 1,9 m untuk kondisi pengaruh pasang surut sehingga kedua kondisi tersebut dapat menyebabkan luapan banjir pada sungai Rangkui (Anandhita dkk., 2015)

Metodologi Studi

Sungai Duwanga terletak di Kecamatan Dungaliyo, Kabupaten Gorontalo, Provinsi Gorontalo. Titik tinjau yang diambil untuk penelitian ini terletak di Jembatan Duwanga. Lokasi penelitian berada di $0^{\circ}36'10''\text{N}$ $122^{\circ}53'37''\text{E}$. Survei lokasi dilakukan untuk mengetahui kondisi umum Sungai Duwanga. Survei ini bertujuan untuk mendapatkan data sekunder yang diperlukan sebagai data pendukung yaitu berupa data curah hujan, data debit tahunan, data penutup lahan, peta topografi, dan luas DAS. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi: pengumpulan data curah hujan maksimum dan data debit tahunan dari instansi terkait, pengambilan data penampang sungai dilapangan, dan penentuan nilai koefisien *Manning* saluran berdasarkan pengamatan langsung dilapangan. Analisis pada penelitian ini terdiri dari analisis hidrologi dan analisis hidraulika. Analisis hidrologi dilakukan untuk mendapatkan debit rencana dengan menggunakan aplikasi *software* HEC-HMS. Dengan data hujan harian dan luas DAS sebagai input data dan data debit sebagai output data. Lalu dilanjutkan dengan Analisis terhadap elevasi tinggi muka air sungai menggunakan aplikasi *software* HEC-RAS. Dengan data debit, data penampang sungai, dan koefisien angka *Manning* sebagai input data dan profil penampang dan tinggi muka air sebagai output data.

Hasil Studi dan Pembahasan

Analisis Daerah Aliran Sungai

Analisis daerah aliran sungai (DAS) dilakukan untuk mengetahui luas Sub DAS Pilolalenga. dengan menggunakan data yang bersumber dari Balai Pemantapan Kawan Hutan Wilayah XV. Diperoleh luas Sub DAS Pilolalenga dari titik tinjau sebesar $33,2 \text{ Km}^2$.

Analisis Curah Hujan Rencana

Analisis curah hujan di Sub DAS Pilolalenga dilakukan dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum. Data yang digunakan bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi II dengan periode pencatatan tahun 2011 sampai dengan tahun 2020. Pos hujan yang digunakan sebanyak 2 pos hujan, yaitu pos hujan MRG (Manual Rain Gauge) DAS Limboto Pilolenga dan pos hujan MRG (Manual Rain Gauge) DAS Limboto Tabongo Timur. Analisis curah hujan rerata dilakukan untuk mendapat rata-rata dari hasil pengukuran hujan di dua pos 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 berdasarkan persamaan 2.1. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 1.

Analisis Data *Outlier*

Analisis data *outlier* dilakukan untuk menentukan berapa banyak data yang menyimpang terlalu tinggi dan terlalu rendah. Hasil analisis *outlier* memperoleh bahwa data-data curah hujan dari kedua pos hujan tidak ada yang menyimpang.

Tabel 1. Data Curah Hujan Harian Maksimum

No	Tahun	Tanggal	MRG Limboto Pilolalenga	MRG Limboto Tabongo Timur	Rata-rata Poligon Thiessen	Hujan Maks
			0,7913	0,2089		
1	2011	09-Feb	101,9	11	82,936	82,936
		13-Jun	32,5	78	42,012	
2	2012	03-Nov	100,3	50	89,816	89,816
		14-Des	3,5	76	18,646	
3	2013	05-Des	77,6	11	63,706	63,706
		14-Jul	25,5	55	31,668	
4	2014	29-Des	95,3	0	75,415	75,415
		24-Apr	0	54	11,280	
5	2015	05-Mei	53,4	0	42,258	42,258
		12-Jun	0	63	13,160	
6	2016	25-Okt	73,5	0	58,164	58,164
		26-Okt	0	95	19,845	
7	2017	21-Jun	46,3	3,5	37,370	37,370
		04-Nov	0	56	11,698	
8	2018	21-Feb	75	0	59,351	59,351
		31-Mar	0	55,5	11,594	
9	2019	29-Apr	64,7	53	62,271	62,271
		29-Apr	64,7	53	62,271	
10	2020	15-Okt	69	8	56,274	56,274
		07-Sep	18,4	90,8	33,528	

Penentuan 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).

Tabel 2. Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	Cs = 0	0,1455	Memenuhi
	Ck = 3	3,34	Memenuhi
	Cs = Cv ³ + 3 . Cv = 0.75541	0,1455	Tidak Memenuhi
Log Normal	Ck = Cv ⁸ + 6Cv ⁶ + 15Cv ⁴ + 16Cv ² + 3 = 4.03524	3,34	Tidak Memenuhi
	Cs = 1,14	0,1455	Memenuhi
Gumbel	Ck = 5,40	3,34	Tidak Memenuhi
	Bila tidak ada parameter statistik yang sesuai dengan ketentuan distribusi sebelumnya	-	Memenuhi
Log Pearson III			

Analisis Curah Hujan Rencana

Analisis curah hujan rencana dengan tipe sebaran Log Pearson tipe III. Perhitungan dilakukan dengan menghitung parameter statistik terlebih dahulu.

Rata-rata hitung:

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i = \frac{1}{10} \times 18,59698 = 1,85969$$

Simpangan Baku:

$$S_{\log X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,0861}{10-1}} = 0,09781$$

Koefisien *Skewness* (Kemencengan):

$$C_{S_{\log X}} = \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot (S_{\log X})^3} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3$$

$$= \frac{10}{(10-1)(10-2) \cdot 0,09781^3} \times -0,00302$$

$$= -0,44825 \text{ (Kemencengan Negatif)}$$

Tabel 3. Curah Hujan Rencana

Kala Ulang (TR)	Log X _{TR}	X _{TR}
5 tahun	1,89	76,86
10 tahun	1,90	83,74
25 tahun	1,96	90,52
50 tahun	1,98	94,56
100 tahun	1,99	97,94

Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman

Dalam penelitian ini digunakan pola hujan daerah terdekat yaitu pola hujan daerah Bolaang Mongondow dikarenakan untuk daerah Gorontalo belum tersedia pola hujan jam – jaman.

Tabel 4. Pola Distribusi Hujan Bolaang Mongondow

Jam ke -	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
% Distribusi Hujan	21	28	16	13	8	7	2	2	2	1

Sumber: “Kairupan Reynaldo C, 2017”

Perhitungan Nilai SCS Curve Number

Tabel 5. Perhitungan Nilai CN Rata – Rata Sub DAS Pilolalenga

Penutupan Lahan	Luas (Km ²)	Persentase (%)	CN Tutup Lahan	CN
Hutan Lahan Kering Sekunder	0,87	2,61	66	1,72485
Pemukiman	0,77	2,33	68	1,58417
Pertanian Lahan Kering	28,24	85,07	81	68,9055
Pertanian Lahan Kering Campur Semak	3,32	9,99	81	8,09061
Total	33,20	100,00		80,30513

Analisis Debit Banjir Rencana

Simulasi hujan aliran pada program komputer HEC-HMS akan menggunakan metode HSS *Soil Conservation Services*, dan untuk kehilangan air dengan SCS *Curve Number (CN)*. Untuk *baseflo*) menggunakan metode recession.

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. Dikarenakan Sungai Duwanga tidak memiliki data debit terukur, maka perlu dilakukan perhitungan dengan metode analisis regional sehingga data debit Sungai Duwanga dapat diketahui.

Data 2 pos curah hujan dan data debit yang digunakan diinput ke komponen *Time Series Data*. Data curah hujan yang dipakai data tahun 2011 dan data debit Sungai Alopohu Limehu tahun 2014.

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	0.9	0.9	0.6
02Jan2014	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.9	0.9	0.6
03Jan2014	00:00	1.25	1.25	0.00	0.0	0.9	0.9	1.2
04Jan2014	00:00	1.04	1.04	0.00	0.0	0.9	0.9	1.4
05Jan2014	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.9	0.9	2.0
06Jan2014	00:00	0.84	0.84	0.00	0.0	0.9	0.9	1.6
07Jan2014	00:00	15.92	15.92	0.00	0.0	0.9	0.9	1.9
08Jan2014	00:00	3.24	3.24	0.00	0.0	0.9	0.9	3.3
09Jan2014	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.9	0.9	1.2
10Jan2014	00:00	17.80	17.80	0.00	0.0	0.9	0.9	2.0
11Jan2014	00:00	0.63	0.63	0.00	0.0	0.9	0.9	2.8
12Jan2014	00:00	7.22	7.22	0.00	0.0	0.9	0.9	2.2
13Jan2014	00:00	2.92	2.92	0.00	0.0	0.9	0.9	0.5
14Jan2014	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.9	0.9	0.4
15Jan2014	00:00	10.44	10.44	0.00	0.0	0.9	0.9	0.5
16Jan2014	00:00	3.97	3.97	0.00	0.0	0.9	0.9	0.6
17Jan2014	00:00	6.65	6.65	0.00	0.0	0.9	0.9	0.4
18Jan2014	00:00	6.17	6.17	0.00	0.0	0.9	0.9	1.2
19Jan2014	00:00	3.34	3.34	0.00	0.0	0.9	0.9	0.5
20Jan2014	00:00	0.63	0.63	0.00	0.0	0.9	0.9	0.3
21Jan2014	00:00	13.07	13.05	0.02	0.0	0.9	0.9	1.0
22Jan2014	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.9	0.9	0.5
23Jan2014	00:00	6.17	6.01	0.16	0.0	0.9	1.0	0.6
24Jan2014	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.9	0.9	0.4

Gambar 1. Hasil Debit Sungai Duwanga

Debit debit terukur Sungai Duwanga dan debit hasil perhitungan akan diuji koefisien determinasi (r^2) untuk menilai tingkat kemiripan model hidrologi antara hasil debit hitungan dan debit terukur. Uji koefisien determinasi (r^2) dilakukan dengan membandingkan debit terukur Sungai Duwanga dan debit hasil hitungan yang diperoleh dari parameter yang sudah terkalibrasi.

Tabel 6. Parameter hasil kalibrasi

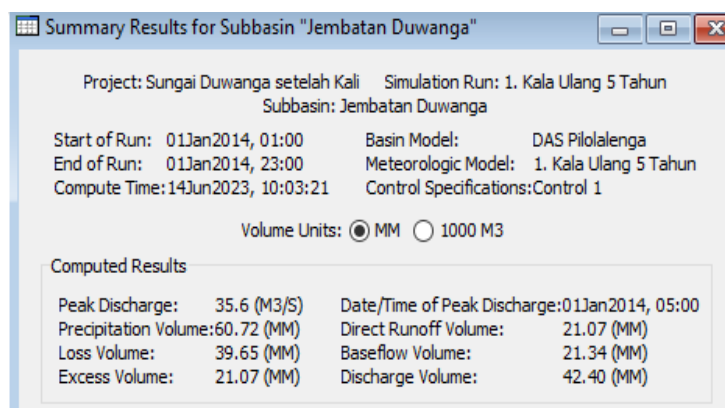
Initial Discharge	0,9 m3/detik
Ratio to Peak	0,44
Recession Constant	1
CN	80,3051
Lag time	90 menit



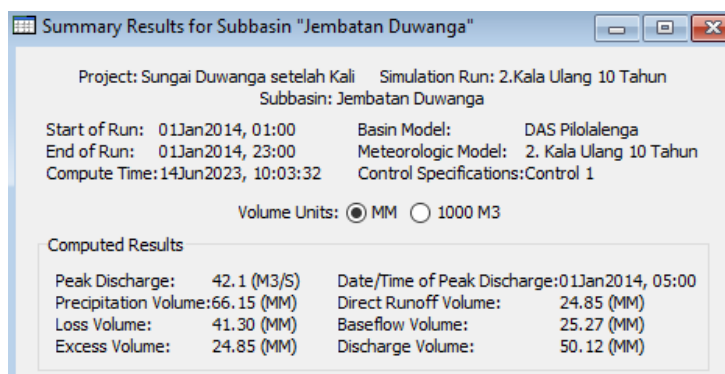
Gambar 2. Grafik Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur

Simulasi Debit Banjir dengan Program Komputer HEC-HMS

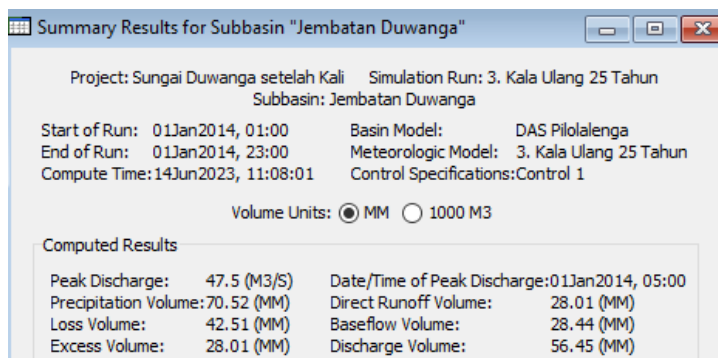
Setelah kalibrasi, semua parameter terkalibrasi dan data hujan jam-jaman yang sudah dihitung digunakan sebagai parameter pada komponen sub-DAS untuk perhitungan debit banjir.



Gambar 3. Summary Result Kala Ulang 5 Tahun



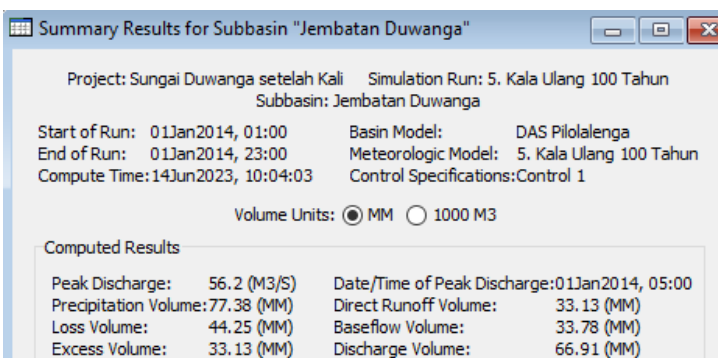
Gambar 4. Summary Result Kala Ulang 10 Tahun



Gambar 5. Summary Result Kala Ulang 25 Tahun



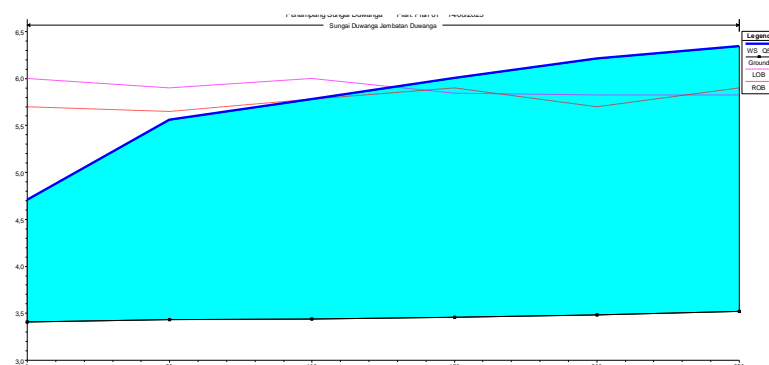
Gambar 6. Summary Result Kala Ulang 50 Tahun



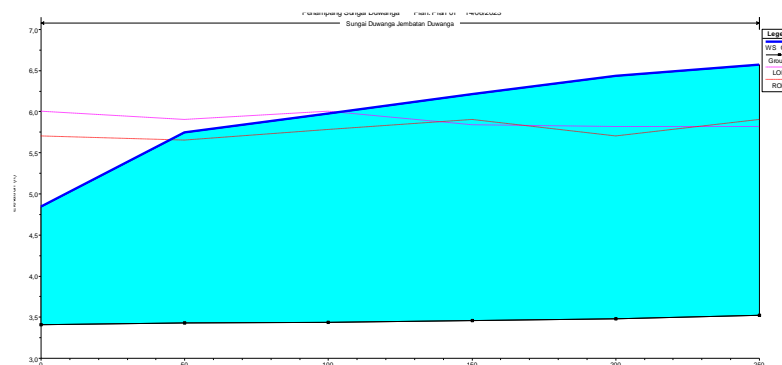
Gambar 7. Summary Result Kala Ulang 100 Tahun

Analisis Tinggi Muka Air

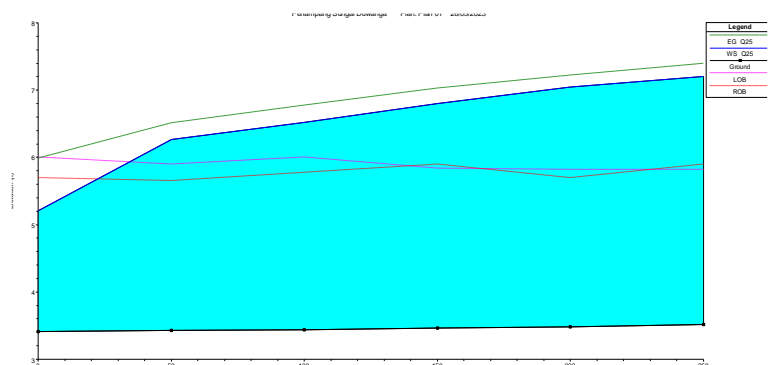
Analisis tinggi muka air menggunakan program komputer HEC-RAS 6.0 membutuhkan data masukan yaitu penampang saluran, karakteristik saluran untuk nilai koefisien *n Manning*, dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng (*Steady Flow*).



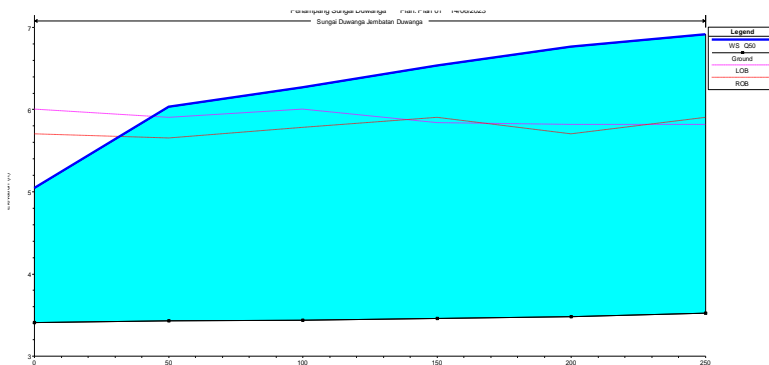
Gambar 8. Potongan Memanjang Tinggi Muka Air Kala Ulang 5 Tahun



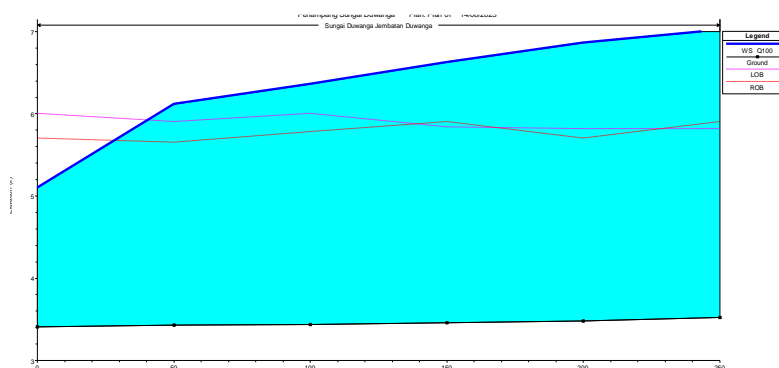
Gambar 9. Potongan Memanjang Tinggi Muka Air Kala Ulang 10 Tahun



Gambar 10. Potongan Memanjang Tinggi Muka Air Kala Ulang 25 Tahun



Gambar 11. Potongan Memanjang Tinggi Muka Air Kala Ulang 50 Tahun



Gambar 12. Potongan Memanjang Tinggi Muka Air Kala Ulang 100 Tahun

Pembahasan

Perhitungan curah hujan rencana dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum menghasilkan hujan rata – rata yang mengikuti sebaran Log Pearson III.

Tabel 7. Rangkuman Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana

Kala Ulang	Curah Hujan (mm)
5 Tahun	76,86
10 Tahun	83,74
25 Tahun	90,52
50 Tahun	94,56
100 Tahun	97,94

Dengan menggunakan data hujan hasil analisis frekuensi, dihitung hidrograf debit banjir dalam menggunakan program komputer HEC-HMS. Metode perhitungan yang digunakan adalah Hidrograf Satuan Sintetis *Soil Conservation Services* yang memperhitungkan parameter DAS seperti luas DAS dan kelambatan waktu (*lag time*). Kehilangan air hujan dalam program dihitung dengan menggunakan nilai *SCS Curve Number* yang didasari pada jenis penutup lahan dalam DAS Pilolenga. Sementara untuk aliran dasar atau *Baseflow* menggunakan metode *recession*.

Dilakukan kalibrasi parameter HSS SCS sebelum melakukan simulasi debit banjir dengan melakukan uji koefisien determinasi (r^2). Dalam kalibrasi ini, parameter yang dikalibrasi adalah *lag time*, *curve number*, *recession constant*, dan *ratio to peak*. Untuk batasan setiap parameter disesuaikan dengan nilai standar pada program komputer HEC-HMS. Hasil uji korelasi menunjukkan nilai r^2 yang memenuhi yaitu 1. Kemudian dilakukan analisis debit banjir dengan parameter terkalibrasi menggunakan program komputer HEC-HMS.

Tabel 8. Rangkuman Hasil Debit Banjir

Kala Ulang	Debit (m ³ /det)
5 Tahun	35,6
10 Tahun	42,1
25 Tahun	47,5
50 Tahun	52,8
100 Tahun	56,2

Analisis Hidraulik menggunakan program komputer HEC-RAS dilakukan dengan data masukan yaitu data debit puncak dari perhitungan HSS SCS yang diolah

menggunakan program computer HEC-HMS, dan data penampang sungai serta koefisien kekasaran saluran (nilai *n Manning*).

Tabel 9. Rangkuman Hasil Tinggi Muka Air Tiap Kala Ulang

No	No STA	Elevasi Bantaran Sungai		Elevasi Muka Air					Keterangan
		Kiri (m)	Kanan	5 tahun	10 tahun	25 tahun	50 tahun	100 tahun	
1	0+50 (Hilir)	5,9	5,65	5,56	5,75	5,89	6,03	6,12	Tidak mebab pada kala ulang 5 tahun bantaran kiri tidak meluap kala ulang 10 tahun dan 25 tahun
2	0+100	6	5,78	5,78	5,98	6,13	6,27	6,36	Tidak mebab pada kala ulang 5 tahun bantaran kiri kala ulang 10 tahun
3	0+150	5,84	5,9	6	6,21	6,38	6,53	6,63	Meluap pada bantaran kiri dan kanan
4	0+200	5,82	5,7	6,21	6,43	6,6	6,76	6,87	Meluap pada bantaran kiri dan kanan
5	0+250 (Hulu)	5,82	5,9	6,34	6,57	6,75	6,92	7,02	Meluap pada bantaran kiri dan kanan

Hasil analisis memperlihatkan bahwa pada sta 0+50 dan sta 0+100 kala ulang 5 tahun tidak terjadi luapan, sedangkan pada kala ulang 10 tahun luapan banjir terjadi hanya pada bantaran kanan sungai. Sungai Duwanga tidak mampu membendung debit banjir pada sta 0+150, sta 0+200, sta 0+250 untuk kala ulang 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun.

Kesimpulan

1. Debit banjir yang di peroleh dari hasil simulasi untuk masing-masing kala ulang adalah sebagai berikut :
 - a. Kala ulang 5 tahun adalah 35,6 m³/det.
 - b. Kala ulang 10 tahun adalah 42,1 m³/det.
 - c. Kala ulang 25 tahun adalah 47,5 m³/det.
 - d. Kala ulang 50 tahun adalah 52,8 m³/det.
 - e. Kala ulang 100 tahun adalah 56,2 m³/det.
2. Berdasarkan hasil analisis memperlihatkan bahwa pada sta 0+50 dan sta 0+100 kala ulang 5 tahun tidak terjadi luapan, sedangkan pada kala ulang 10 tahun luapan banjir terjadi hanya pada bantaran kanan sungai. Sungai Duwanga tidak mampu membendung debit banjir pada sta 0+150, sta 0+200, sta 0+250 untuk kala ulang 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun.

Saran

Penanggulangan luapan banjir pada semua daerah penampang sungai yang ditinjau dilakukan dengan cara yaitu pembangunan tanggul yang mampu menahan debit banjir akibat curah hujan yang tinggi agar tidak terjadi luapan dari sungai tersebut serta adanya kesadaran masyarakat setempat terhadap kebersihan sungai dari sampah.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada dosen pembimbing 1 dan pembimbing 2, teman-teman teknik sipil yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan studi ini. Penulis juga berterima kasih kepada Balai Wilayah Sungai Sulawesi II dan Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Hutan Lindung Bone Bolango atas penyediaan data yang diberikan.

Daftar Referensi

- Anandhita, T., dan Hambali, R. 2015. Analisis Pengaruh Back Water (Air Balik) Terhadap Banjir Sungai Rangkui Kota Pangkal Pinang. *Jurnal Fropil*. Vol.3 No.2 Desember 2015, Universitas Bangka Belitung, Pangkal Pinang.
- Balai Pemantapan Kawasan Hutan Wilayah XV. *Data Penutupan Lahan Sub DAS Pilolalenga*. Gorontalo.
- Balai Wilayah Sungai Sulawesi II. *Data Curah Hujan Pos Hujan MRG DAS Limboto Pilolalenga*. Gorontalo.
- Balai Wilayah Sungai Sulawesi II. *Data Curah Hujan Pos Hujan DAS Limboto Tabongo Timur*. Gorontalo.
- Balai Wilayah Sungai Sulawesi II. *Data Debit Harian Sungai Alopohu Limehu*. Gorontalo.
- Chow, V.T., Maidment, D.R. Mays, L.W., 1988. *Applied Hydrology*. Singapore: McGraw-Hill.
- Breda, L.F. dan Paulo, J. 2023. Assessing Climate Change Impact on Flood Discharge in South America and The Influence of Its Main Drivers. *Jurnal of Hidrology*. Vol.619 April 2023. Universitas Federal Rio Grande do Sul, Brazil. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129284>
- Kaharu, A.N., Rawiyah Husnan, R., dan Labdul, B.Y. 2022. Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Bone Terhadap Elevasi Dasar Jembatan Molintogupo. *Composite Journal*. Vol.2 Juli 2022 ISSN: 2807-5919, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo.
- Limantara, L. M. 2018. *Rekayasa Hidrologi*. Andi. Yogyakarta.
- Makahinsade, I., Mananoma, T. dan Sumarauw, J.S.F. 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.
- Rapar, S.M.E., Mananoma, T., Wuisan, E. M., dan Binilang, A. 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.
- Sebayang, I.S.D. 2018. Analisis Banjir dan Tinggi Muka Air Pada Ruas Ciliwung. *Jurnal Forum Mekanika* Vol.7 No.1 Mei 2018 ISSN: 2356-1491, Universitas Mercu Buana, Yogyakarta.
- Sosrodarsono, S., dan Takeda, K. 2003. *Hidrologi Untuk Pengairan* (Cetakan Kesembilan). Pradnya Paramita, Jakarta.
- Talumepa, M. Y., Tanudjaja, L., dan Sumarauw, J.S.F. 2017. 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.
- Triatmodjo, B.. 2008. *Hidrologi Terapan*. Betta Offset, Yogyakarta.
- U.S Army Corps of Engineers. 2000. *HEC-HMS Technical Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.