

ANALISIS DEBIT BANJIR DAN TINGGI MUKA AIR SUNGAI BONE TERHADAP ELEVASI DASAR JEMBATAN MOLINTOGUPO

Aan Nurhandiat Kaharu¹, Rawiyah Husnan^{2*}, and Barry Yusuf Labdul³

¹Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia ^{2,3} Gorontalo, Indonesia

*Corresponding Author, Diterima: 20 Maret. 2022, Revisi: 01 April 2022, Diterima: 14 Mei. 2022

INTISARI: Jembatan adalah struktur yang menghubungkan jalur lalu lintas yang terputus oleh sungai, danau, kanal, jalan, dan persimpangan lainnya. Dalam perencanaan jembatan faktor hidrolika harus diperhitungkan untuk menganalisis ruang bebas atau *clearance*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis debit banjir dan tinggi muka air Sungai Bone terhadap elevasi dasar Jembatan Molintogupo. Lokasi penelitian berada di Jembatan Molintogupo. Data sekunder yang digunakan berupa data curah hujan, luas DAS Bolango-Bone, potongan melintang sungai, dan profil memanjang jembatan berupa panjang jembatan, lebar jembatan dan elevasi dasar jembatan. Metode analisis data antara lain analisis hidrologi untuk memperoleh debit banjir rencana serta analisis hidrolika yang dibantu dengan menggunakan HEC-RAS 6.0 untuk memperoleh tinggi muka air banjir. Hasil analisis hidrologi diperoleh debit banjir rencana yang dihitung menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu untuk Q_{25} sebesar 2567,13 m³/detik, Q_{50} sebesar 2943,97 m³/detik, dan Q_{100} sebesar 3356,85 m³/detik yang masing-masing terjadi pada jam ke 8. Hasil analisis hidrolika pada HEC-RAS 6.0 diperoleh elevasi tinggi muka air banjir kala ulang 50 dan 100 tahun di ruas Jembatan Molintogupo berada pada 35,08 m dan 35,54 m sedangkan dasar Jembatan Molintogupo berada pada elevasi 38,72 m, maka ruang bebas (C) masing-masing sebesar 3,64 m dan 3,18 m, sehingga jembatan tersebut aman terhadap banjir rencana dengan kala ulang 50 dan 100 tahun.

Keywords: Debit Banjir, Tinggi Muka Air Banjir, Ruang Bebas, HEC-RAS

1. PENDAHULUAN

Jembatan adalah struktur yang menghubungkan jalur lalu lintas yang terputus oleh sungai, danau, kanal, jalan, dan persimpangan lainnya. Perencanaan jembatan di atas sungai tidak hanya membahas mengenai struktur dan daya dukung tanah saja, faktor hidrolika pada sungai yang mengalir di bawah jembatan harus diperhitungkan dalam perencanaan jembatan untuk menganalisis ruang bebas (*clearance*). Menurut Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat tahun 2017 nilai ruang bebas jembatan pada sungai alam yang membawa benda terapung pada saat banjir adalah 1,5 meter [1].

Sungai Bone merupakan salah satu sungai terbesar di Provinsi Gorontalo. Sungai Bone terbentang dari Kecamatan Pinogu Kabupaten Bone Bolango sampai ke muara Talumolo Kota Gorontalo. Salah satu daerah yang dilewati oleh sungai Bone adalah Desa Alale Kecamatan Suwawa Tengah dan Desa Molintogupo Kecamatan Suwawa Selatan. Kedua desa tersebut dihubungkan oleh Jembatan Molintogupo. Pada Juni 2020, di Sungai Bone terjadi banjir besar yang mengakibatkan Jembatan Molintogupo ambruk terseret arus luapan Sungai Bone. Sebelum Jembatan Molintogupo ambruk pemerintah sudah menganggarkan biaya perbaikan jembatan melalui dana APBD Provinsi Gorontalo Tahun Anggaran 2020. Jembatan Molintogupo yang sebelumnya terbuat dari kayu

diganti dengan jembatan rangka baja.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis debit banjir Sungai Bone di ruas Jembatan Molintogupo dan menganalisis tinggi muka air Sungai Bone di ruas Jembatan Molintogupo.

2. KAJIAN TEORITIS

2.1 Jembatan

Jembatan adalah struktur penghubung jalan yang terpisah oleh penghalang seperti parit, sungai, lembah, danau, saluran, dan sebagainya.

Dalam merancang jembatan, diperlukan parameter yang dapat menentukan jenis bangunan atas, pondasi, posisi jembatan, dan material. Beberapa parameter itu diantaranya ada umur rencana jembatan dan ruang bebas (*clearance*). Umur jembatan standar adalah 50 tahun, dan jembatan khusus adalah 100 tahun. Jembatan permanen memiliki umur minimal 50 tahun. Ruang bebas adalah tinggi jagaan yang diperlukan untuk menghindari kerusakan struktur jembatan akibat benturan dengan benda terapung yang lewat di bawah jembatan [1].

2.2 Karakteristik Sungai

2.2.1 Tingkatan Sungai

Sungai tingkat pertama adalah anak sungai paling ujung. Ketika dua alur dengan tingkat yang sama terhubung, tingkat alur di bawah cabang

meningkat satu tingkat [2].

2.2.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) yaitu suatu daerah yang dikelilingi punggung bukit maupun pegunungan, dimana air hujan pada daerah tersebut mengalir ke sungai utama sampai pada titik kontrol. Limpasan dimulai pada titik tertinggi dan bergerak tegak lurus terhadap kontur ke titik yang lebih rendah [2]. Ada berbagai macam bentuk dan karakteristik DAS yaitu Bulu Burung, Radial, Paralel, dan Kompleks.

2.3 Hidrologi

2.3.1 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah proses yang terus-menerus dimana air dari bumi naik ke atmosfer dan kembali ke bumi.

2.3.2 Distribusi Curah Hujan

Metode-metode perhitungan curah hujan adalah sebagai berikut:

1. Rerata Aljabar

$$d = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n} \quad (1)$$

2. Polygon Thiessen

$$d = \frac{A_1 \cdot d_1 + A_2 \cdot d_2 + \dots + A_n \cdot d_n}{A} \quad (2)$$

3. Isohyet

$$d = \frac{\frac{d_0 + d_1}{2} A_1 + \dots + \frac{d_{n-1} + d_n}{2} A_n}{A_1 + \dots + A_n} \quad (3)$$

dengan:

d : tinggi curah hujan rata-rata (mm),

A₁, A₂, A_n : luas areal 1, 2, n (km²),

d₀, d₁, d_n : curah hujan pada Isohyet 0, 1, n (mm).

2.3.3 Parameter Statistik

Analisis parameter statistik diperlukan untuk menentukan metode yang akan digunakan pada analisis distribusi frekuensi. Parameter statistik yang perlu diperhitungkan adalah sebagai berikut:

1. Standar Deviasi (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (4)$$

2. Koefisien Skewness (Cs)

$$Cs = \frac{n \sum_i^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3} \quad (5)$$

3. Koefisien Kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{n^2 \sum_i^n (x_i - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4} \quad (6)$$

4. Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{x}} \quad (7)$$

2.3.4 Analisis Distribusi Frekuensi

Analisis distribusi frekuensi terhadap data hujan dapat menggunakan beberapa metode sebagai berikut:

1. Distribusi Normal

$$XT = \bar{X} + KT \cdot Sd \quad (8)$$

2. Distribusi Log Normal

$$\text{Log } XT = \text{Log } \bar{X} + KT \cdot Sd \text{ Log } \bar{X} \quad (9)$$

3. Distribusi Log Person Tipe III

$$\text{Log } XT = \text{Log } \bar{X} + KT \cdot Sd \text{ Log } \bar{X} \quad (10)$$

4. Distribusi Gumbel

$$XT = \bar{X} + KT \cdot Sd \quad (11)$$

dengan:

XT : perkiraan nilai yang diharapkan dengan periode ulang T (mm),

$\bar{X}$: harga rata-rata data curah hujan (mm),

Sd : standar deviasi,

KT : nilai faktor frekuensi.

2.3.5 Uji Distribusi Frekuensi Curah Hujan

Uji distribusi frekuensi curah hujan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu uji Chi-Kuadrat dan uji Smirnov Kolmogorov [2].

1. Uji Chi-Kuadrat

$$X^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(Of - Ef)^2}{Ef} \quad (12)$$

dengan,

X² : nilai Chi-Kuadrat,

N : jumlah sub kelompok,

Of : frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama,

Ef : frekuensi yang diharapkan.

2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji Smirnov Kolmogorov disebut juga uji kecocokkan nonparametrik karena dilakukan dengan cara memperhatikan kurva pada kertas probabilitas. Gambar tersebut menunjukkan jarak penyimpangan pada kurva. Syarat Uji Smirnov-Kolmogorov apabila $\Delta_{maks} < \Delta_{kritis}$. [2].

2.3.6 Analisis Debit Banjir Rencana

1. Pola Distribusi Hujan

Penentuan intensitas curah hujan dari data hujan harian maksimum menggunakan Persamaan 13.

$$R_T = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{T}\right)^{2/3} \quad (13)$$

Untuk memperoleh hidrograf banjir menggunakan cara hidrograf satuan sintetik, maka curah hujan yang terjadi harus dibagi selang waktu. Selang waktu yang diperlukan antara 5 sampai 7 jam [4]. Pembagian curah hujan dapat dihitung menggunakan Persamaan 14.

$$R_t = \frac{R_{24}}{6} \times \left(\frac{6}{T}\right)^{2/3} \quad (14)$$

dengan:

R_t : rata-rata hujan sampai jam ke T (mm/jam),

R₂₄ : curah hujan maksimum terjadi 24 jam (mm),

T : lama curah hujan (jam).

Pola sebaran curah hujan ditentukan berdasarkan model sebaran hipotetik yaitu dengan cara ABM (*Alternating Block Method*), karena tidak

ada data pencatatan curah hujan otomatis [5]. Pola distribusi hujan selanjutnya dapat dihitung menggunakan Persamaan 15.

$$R_T = T \cdot R_t - (T - 1) \times R_{(T-1)} \quad (15)$$

dengan:

- R_T : intensitas curah hujan untuk lama hujan T (mm/jam),
 R_t : rerata hujan dari awal sampai jam ke T (mm/jam),
 T : lamanya curah hujan (jam).
 $R_{(T-1)}$: rerata hujan awal sampai jam ke $T - 1$.

2. Curah Hujan Efektif

Analisis curah hujan efektif dapat dihitung menggunakan Persamaan 16.

$$R_n = C \times R \quad (16)$$

dengan:

- R_n : curah hujan efektif (mm/jam),
 C : koefisien pengaliran,
 R : curah hujan rencana (mm/jam).

3. Analisis Debit Banjir Rencana Metode HSS Nakayasu

Bentuk Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu menggunakan Persamaan 17.

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \cdot \frac{A R_e}{0,3 T_p + T_{0,3}} \quad (17)$$

dengan:

$$T_p = t_g + 0,8 T_r \quad (18)$$

$$t_g = 0,4 + 0,058 L \quad (L > 15 \text{ km}) \quad (19)$$

$$t_g = 0,21 L^{0,7} \quad (L < 15 \text{ km}) \quad (20)$$

$$T_{0,3} = \alpha t_g \quad (21)$$

$$T_r = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g \quad (22)$$

Q_p : debit puncak banjir (m^3/detik),

A : luas DAS (km^2),

R_e : curah hujan efektif (1 mm),

T_p : waktu permulaan banjir sampai puncak hidrograf (jam),

$T_{0,3}$: waktu konsentrasi (jam),

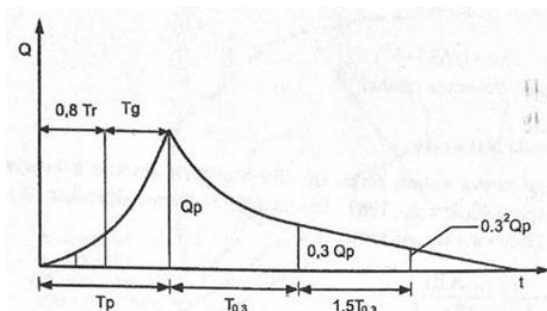
t_g : waktu konsentrasi (jam),

T_r : satuan waktu dari curah hujan (jam),

α : koefisien karakteristik DAS diambil 2,

L : panjang sungai utama (km).

Kurva hidrograf satuan sintesis Nakayasu ditunjukkan pada Gambar 1 dengan berdasarkan pada persamaan sebagai berikut:



Gambar 1 Kurva HSS Nakayasu [2]

a. Pada kurva naik ($0 < t < T_p$)

$$Q_t = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \quad (23)$$

b. Pada kurva turun ($T_p < t < T_p + T_{0,3}$)

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{(t-T_p)/T_{0,3}} \quad (24)$$

c. Pada kurva turun ($T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$)

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{[(t-T_p)+(0,5T_{0,3})]/(1,5T_{0,3})} \quad (24)$$

d. Pada kurva turun ($t > T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$)

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{[(t-T_p)+(1,5T_{0,3})]/(2T_{0,3})} \quad (25)$$

2.4 Program HEC-RAS

HEC-RAS adalah singkatan dari *Hydraulic Engineering Center-River Analysis System*. HEC-RAS diciptakan oleh *Hydrologic Engineering Center* (HEC) sebuah divisi dari *Institute for Water Resources* (IWR) yang merupakan sebuah cabang kerja dari *US Army Corps of Engineers* (USACE) [6].

HEC-RAS merupakan program aplikasi untuk pemodelan aliran sungai, model satu dimensi aliran permanen dan tak permanen [7]. Versi terbaru HEC-RAS yang beredar saat ini adalah versi 6.0 yang mencakup empat model komponen *1D* yaitu sebagai berikut:

1. Hitungan TMA aliran permanen.
2. Simulasi aliran tak permanen.
3. Hitungan transpor sedimen.
4. Hitungan kualitas dan temperatur air.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di Jembatan Molintogupo yang menghubungkan Desa Alale Kecamatan Suwawa Tengah dan Desa Molintogupo Kecamatan Suwawa Selatan, dengan posisi geografis koordinat $00^\circ 31' 50,8''$ Lintang Utara dan $123^\circ 10' 16,8''$ Bujur Timur. Lokasi Jembatan Molintogupo ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Lokasi Jembatan Molintogupo

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan sebagai berikut:

1. Alat tulis menulis
2. *Smart phone* untuk mengambil gambar di lokasi penelitian
3. Laptop untuk menjalankan *software* yang diperlukan

3.3 Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini menggunakan data sekunder. Data sekunder yang diperlukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data curah hujan.
2. Luas DAS Bolango-Bone.
3. Potongan melintang sungai.
4. Potongan memanjang jembatan berupa panjang jembatan, lebar jembatan dan elevasi dasar jembatan.

3.4 Metode Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis hidrologi dan analisis hidrolika.

3.4.1 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi bertujuan untuk mendapatkan debit banjir rencana.

3.4.2 Analisis Hidrolika

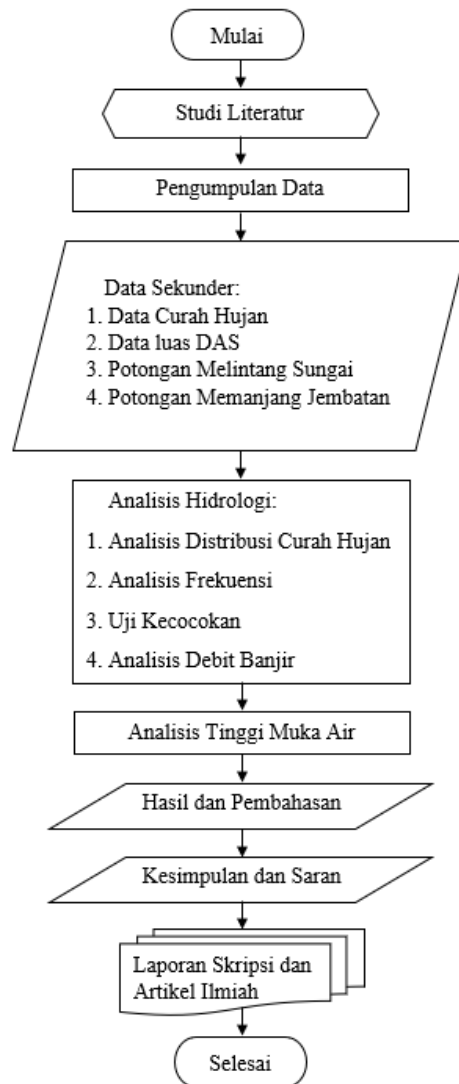
Pada penelitian ini Analisis hidrolika bertujuan untuk mendapatkan tinggi muka air pada saat debit banjir rencana. Analisis hidrolika pada penelitian ini dibantu dengan menggunakan program HEC-RAS. Data-data yang diperlukan pada program HEC-RAS adalah profil melintang sungai berupa lebar dan kedalaman sungai dan debit banjir yang merupakan hasil dari analisis hidrologi.

3.5 Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tahap persiapan, yaitu membaca referensi yang berhubungan dengan penelitian.
2. Tahap pengumpulan data, ada dua data yang diperlukan yaitu data sekunder berupa curah hujan dan luas DAS.
3. Tahap analisis data, menggunakan analisis hidrologi dan analisis hidrolika menggunakan rumus-rumus yang sudah ada.
4. Tahap akhir, yaitu menyusun hasil dan pembahasan penelitian dalam bentuk laporan skripsi dan artikel ilmiah.

Tahapan penelitian disajikan dalam bentuk bagan alir yang dapat dilihat pada Gambar 3.

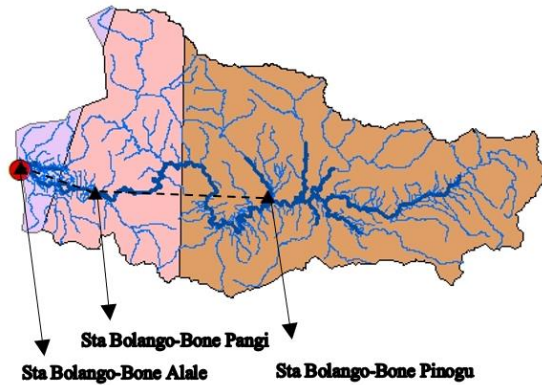


Gambar 3 Bagan Alir

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Kabupaten Bone Bolango memiliki dua DAS besar yaitu DAS Bone dan DAS Bolango. Salah satu sungai yang mengalir di DAS Bolango-Bone adalah Sungai Bone. Sungai Bone memiliki panjang 124,25 km dengan lebar melintang sungai yang bervariasi antara 38,5 m sampai 101,25 m serta kedalaman maksimum 3,27 m [8]. Luas daerah tangkapan air (*catchment area*) pada penelitian ini berdasarkan hasil analisis ArcMap 10.8 sebesar 1.195,29 km² dan panjang sungai utama 78,03 km dengan titik kontrol yang berada pada Jembatan Molintogupo. Penampang sungai yang ditinjau sepanjang 200 meter dari ruas Jembatan Molintogupo ke hulu Sungai Bone dan 150 meter ke hilir Sungai Bone. Peta daerah tangkapan air ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Peta Daerah Tangkapan Air

4.2 Analisis Hidrologi

4.2.1 Analisis Distribusi Curah Hujan

Pada penelitian ini menggunakan Metode Poligon Thiessen. Syarat untuk metode Poligon Thiessen luas DAS harus lebih dari 500 km² dan kurang dari 5000 km². Adapun Analisis distribusi curah hujan menggunakan Persamaan 2 ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Distribusi Curah Hujan Poligon Thiessen

No	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum
1	2011	99,5
2	2012	54,6
3	2013	68,0
4	2014	64,7
5	2015	61,0
6	2016	67,2
7	2017	54,6
8	2018	74,6
9	2019	94,4
10	2020	129,4

4.2.2 Parameter Statistik

Analisis Parameter Statistik menggunakan Persamaan 4 sampai Persamaan 7 ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Analisis Parameter Statistik

No	Distribusi	Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Normal	$C_s \approx 0$	$C_s = 1,36$	Tidak
		$C_k \approx 3$	$C_k = 5,22$	Memenuhi
2	Log Normal	$C_s = 0,96$	$C_s = 1,36$	Tidak
		$C_k = 4,70$	$C_k = 5,22$	Memenuhi
3	Gumbel	$C_s = 1,14$	$C_s = 1,36$	Tidak
		$C_k = 5,4$	$C_k = 5,22$	Memenuhi
4	Log Pearson Tipe III	Selain dari nilai di atas	$C_s = 1,36$	Memenuhi
			$C_k = 5,22$	

Berdasarkan Tabel 2 maka metode yang dapat digunakan adalah metode Log Pearson Tipe III.

4.2.3 Analisis Distribusi Frekuensi

Hasil analisis distribusi frekuensi menggunakan Metode Log Pearson Tipe III ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Analisis Distribusi Frekuensi

No	Kala Ulang	KT	Log Xt	Xt
1	5 Tahun	0,766	1,9792	95,3341
2	10 Tahun	1,339	2,0495	112,0762
3	25 Tahun	2,026	2,1336	136,0103
4	50 Tahun	2,511	2,1931	155,9758
5	100 Tahun	2,976	2,2501	177,8508

4.3.3 Uji Distribusi Frekuensi

Uji distribus frekuensi dilakukan untuk memastikan apakah metode Log Person III pada analisis frekuensi dapat digunakan atau tidak.

1. Uji Chi-Kuadrat

Hasil Uji Chi-Kuadrat menggunakan Persamaan 12 ditunjukkan pada Tabel 4.

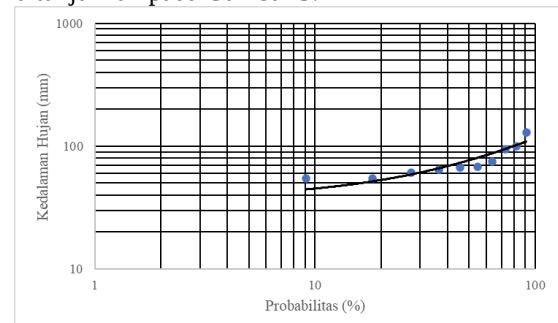
Tabel 4 Analisis Uji Chi-Kuadrat

Probabilitas	Ef	Of	Ef - Of	(Ef-Of) ² /Ef
0,00<P<0,25	2,5	2	0,5	0,100
0,25<P<0,50	2,5	3	-0,5	0,100
0,50<P<0,75	2,5	3	-0,5	0,100
0,75<P<1,00	2,5	2	0,5	0,100
	10	10	χ^2	0,400
α	2			
DK	1			
χ^2_{cr}	3,841			
$\chi^2 < \chi^2_{cr}$	OK			

Berdasarkan Tabel 4 metode Log Person Tipe III pada analisis frekuensi bisa digunakan karena memenuhi syarat untuk uji Chi-Kuadrat yaitu $\chi^2 < \chi^2_{cr}$ ($0,400 < 3,841$).

2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Cara Uji Smirnov-Kolmogorov dianalisis menggunakan cara grafis untuk mencari nilai Δ_{maks} dengan cara melakukan penggambaran pada kertas probabilitas. Hasil penggambaran pada kertas probabilitas Log Pearson Tipe III ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Penggambaran Kertas Probabilitas

Berdasarkan Gambar 5 diperoleh $\Delta_{maks} = 0,11$ sehingga Metode Log Person III memenuhi syarat untuk Uji Smirnov-Kolmogorov metode grafis yaitu $\Delta_{maks} < \Delta_{kritis}$ ($0,11 < 0,41$).

4.2.5 Analisis Debit Banjir Rencana

1. Curah Hujan Jam-Jaman

Pada penelitian ini tidak memiliki data pencatatan curah hujan jam-jaman, sehingga rumus Mononobe pada Persamaan 14 digunakan untuk menghitung pola sebaran curah hujan dan penentuan sebaran curah hujan dihitung dengan menggunakan pola hujan jam-jaman untuk durasi 6 jam. Pola distribusi hujan dihitung menggunakan Persamaan 15 yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Intensitas Hujan dan Pola Distribusi

T (jam)	R _T (mm/jam)	Distribusi (%)
1	0,55	R ₂₄ 55,03
2	0,35	R ₂₄ 14,30
3	0,26	R ₂₄ 10,03
4	0,22	R ₂₄ 7,99
5	0,19	R ₂₄ 6,75
6	0,17	R ₂₄ 5,90

2. Analisis Curah Hujan Efektif

Analisis distribusi curah hujan yang diperoleh kemudian dianalisis lagi untuk mendapatkan curah hujan efektif. Analisis curah hujan efektif menggunakan Persamaan 16 ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6 Curah Hujan Efektif

Kala Ulang	Hujan Harian Maksimum (mm)	Koefisien Pengaliran (C)	Hujan Efektif (mm)
5 Tahun	95,33	0,85	81,03
10 Tahun	112,08	0,85	95,26
25 Tahun	136,01	0,85	115,61
50 Tahun	155,98	0,85	132,58
100 Tahun	177,85	0,85	151,17

Hasil analisis curah hujan efektif kemudian dikalikan dengan pola distribusi hujan jam-jaman sehingga diperoleh distribusi curah hujan efektif jam-jaman. Hasil analisis distribusi curah hujan efektif jam-jaman ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6 Curah Hujan Efektif Jam-jaman

T (jam)	Distribusi (%)	Hujan Efektif (mm)		
		25 Tahun	50 Tahun	100 Tahun
1	55,03	63,62	72,96	83,19
2	14,30	16,54	18,96	21,62
3	10,03	11,60	13,30	15,17
4	7,99	9,23	10,59	12,08
5	6,75	7,80	8,94	10,20
6	5,90	6,82	7,82	8,91

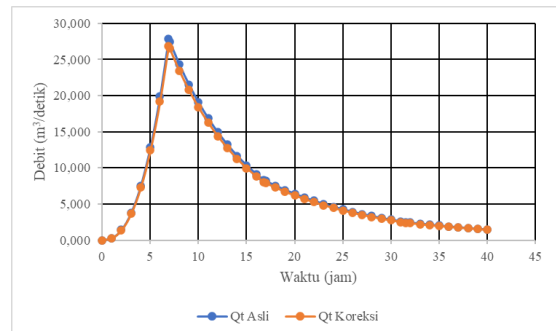
3. Analisis Debit Banjir Metode HSS Nakayasu

Parameter-parameter yang dibutuhkan untuk metode HSS Nakayasu menggunakan Persamaan 17 sampai Persamaan 22 ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7 Parameter HSS Nakayasu

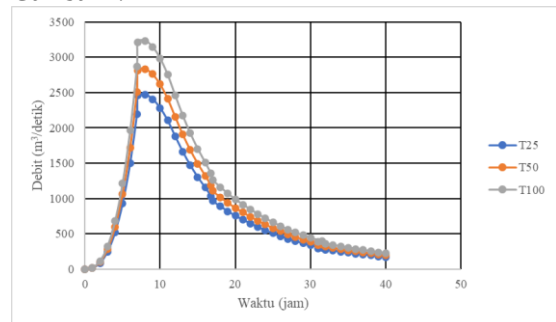
No	Keterangan	Besaran	Satuan
1	Luas DAS (A)	1195,29	Km ²
2	Panjang Sungai (L)	78,03	Km
3	Waktu Konsentrasi, T _g (L > 15 Km)	4,93	Jam
4	Waktu Konsentrasi 0,3; T _{0,3}	9,85	Jam
5	Waktu Lama Hujan, t _r	2,46	Jam
6	Waktu Puncak, T _p	6,90	Jam
7	0,3T _p	2,07	Jam
8	Debit Puncak Banjir, Q _p	27,85	m ³ /detik

Selanjutnya ordinat metode HSS Nakayasu menggunakan Persamaan 23 sampai Persamaan 25 ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Ordinat HSS Nakayasu

Analisis debit banjir rencana metode HSS Nakayasu dengan Kala Ulang 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun masing-masing ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Debit Banjir HSS Nakayasu

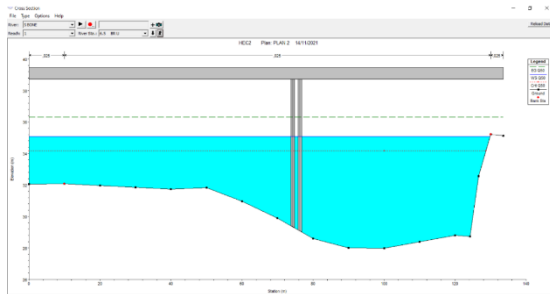
Berdasarkan Gambar 7 diperoleh debit banjir rencana metode HSS Nakayasu untuk Q₂₅ sebesar 2.567,13 m³/detik, Q₅₀ sebesar 2.943,97 m³/detik, dan Q₁₀₀ sebesar 3.356,85 m³/detik masing-masing terjadi pada jam ke 8.

4.3 Analisis Tinggi Muka Air

Analisis tinggi muka air pada penelitian ini dibantu program HEC-RAS versi 6.0. Data-data yang diperlukan adalah data topografi sungai, dan debit banjir sesuai dengan kala ulang yang digunakan.

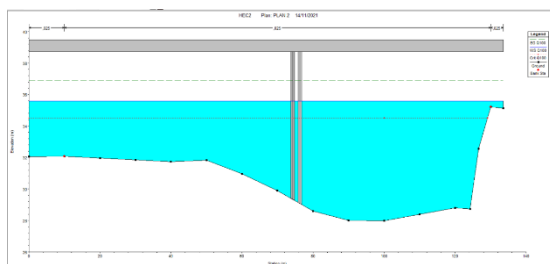
Data topografi sungai yang dimasukkan pada program HEC-RAS adalah sepanjang 350 meter, yaitu 200 meter dari ruas Jembatan Molintogupo ke arah hulu Sungai Bone dan 150 meter dari ruas Jembatan Molintogupo ke arah hilir Sungai Bone.

Elevasi dasar Jembatan Molintogupo berada pada 38,72 meter dan panjang Jembatan 120 meter. Data debit banjir metode HSS Nakayasu dengan kala ulang sesuai umur rencana jembatan standar. Hasil analisis tinggi MAB menggunakan HEC-RAS ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Tinggi Muka Air Banjir 50 Tahun

Berdasarkan Gambar 4.6 diperoleh bahwa tinggi muka air banjir dengan kala ulang 50 tahun berada pada elevasi 35,08 m dasar dasar Jembatan Molintogupo berada pada elevasi 38,72 m, sehingga ruang bebas (C) antara tinggi muka air banjir dengan dasar jembatan sebesar 3,64 m, sehingga jembatan tersebut aman terhadap debit banjir kala ulang 50 tahun. Pada elevasi MAB kala ulang 100 tahun tetap dilakukan analisis tinggi muka air yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Tinggi Muka Air Banjir 100 Tahun

Pada kala ulang 100 tahun elevasi muka air banjir berada pada 35,54 m sehingga ruang bebas (C) sebesar 3,18 m. Maka keberadaan jembatan tersebut masih tetap aman meskipun untuk kala ulang 100 tahun. Namun, pada elevasi muka air banjir kala ulang 50 tahun terjadi luapan air banjir pada tebing kanan sungai, sedangkan untuk kala ulang 100 tahun terjadi luapan air banjir pada tebing kiri dan kanan sungai. Adapun rekapitulasi hasil analisis muka air banjir menggunakan HEC-RAS ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8 Rekapitulasi Muka Air Banjir

No	No Sta	Elevasi Tebing		Elevasi MAB		Keterangan
		Kanan	Kiri	T50	T100	
1	0+000	31,91	32,37	30,29	30,34	Tidak Meluap
2	0+025	32,32	32,84	30,36	30,42	Tidak Meluap
3	0+050	32,37	32,89	35,54	35,97	Meluap pada tebing kiri dan kanan
4	0+075	32,54	32,38	35,48	35,96	Meluap pada tebing kiri dan kanan
5	0+100	32,37	32,77	35,53	35,98	Meluap pada tebing kiri dan kanan
6	0+125	32,32	33,54	35,67	36,16	Meluap pada tebing kiri dan kanan
7	0+150	32,23	33,74	35,45	35,93	Meluap pada tebing kiri dan kanan
8	0+175	32,12	35,02	35,38	35,87	Meluap pada tebing kiri dan kanan
9	0+200	32,08	35,23	35,25	35,74	Meluap pada tebing kiri dan kanan
10	0+225	31,99	32,36	33,50	33,89	Meluap pada tebing kiri dan kanan
11	0+250	32,21	32,04	32,99	33,24	Meluap pada tebing kiri dan kanan
12	0+275	31,91	31,88	32,60	32,83	Meluap pada tebing kiri dan kanan
13	0+300	31,91	31,77	32,27	32,46	Meluap pada tebing kiri dan kanan
14	0+325	31,63	31,98	32,20	32,40	Meluap pada tebing kiri dan kanan
15	0+350	31,47	31,53	31,61	31,79	Meluap pada tebing kiri dan kanan

Berdasarkan Tabel 4.19 diperoleh pada sta 0+050 sampai sta 0+350 terjadi luapan air banjir pada tebing kiri dan kanan sungai, sehingga diperlukan penanganan khusus seperti membuat bangunan pengendali banjir pada ruas sungai yang mengalami luapan air banjir.

5. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Hasil analisis debit banjir rencana metode HSS Nakayasu untuk Q_{25} sebesar 2567,13 m³/detik, Q_{50} sebesar 2943,97 m³/detik, dan Q_{100} sebesar 3356,85 m³/detik masing-masing terjadi pada jam ke 8.
- Berdasarkan hasil pemodelan HEC-RAS, elevasi tinggi muka air banjir dengan kala ulang 50 dan 100 tahun pada ruas Jembatan Molintogupo berada pada 35,08 m dan 35,54 m sedangkan dasar Jembatan Molintogupo berada pada elevasi 38,72 m, maka ruang bebas (C) masing-masing sebesar 3,64 m dan 3,18 m, sehingga jembatan tersebut aman terhadap banjir rencana dengan kala ulang 50 dan 100 tahun.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017. Kriteria Perencanaan Jembatan dan Pembebanan Jembatan. Jakarta Selatan: Kementerian PUPR.
- Triatmodjo, B., 2014. Hidrologi Terapan. Yogyakarta: Gajah Mada Press.
- Sosrodarsono, S. dan Takeda, K., 2006. Hidrologi untuk Pengairan. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Sudarmin, M. A., 2017. Analisis Debit Banjir Rancangan dan Kapasitas Pelimpah Bendungan Way Yori. Tugas Akhir. Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Chow, V., 1997. Hidrolika Saluran Terbuka. Jakarta: Erlangga.
- Mehta, D. J., Ramani, M. dan Joshi, M., 2014. Application of 1-D HEC-RAS Model in Design of Channels. International Journal of Innovative

- Research in Advanced Engineering. Volume 1 No 7, Hal 103-107.
- [7] Omran, Z. A., Othman, N. Y., dan Saleh, Z. A., 2018. Steady Flow Analysis for Shatt Al-Hilla using HEC-RAS Program. International Journal of Civil Engineering and Technology. Volume 9 No 6, Hal 524-533.
- [8] Pantolay, A., 2013. Analisis Profil Fisik Sungai

Bone Kabupaten Bone Bolango. Skripsi. Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan IPA, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo.

Copyright © Composite Journal. All rights reserved, including the making of copies unless permission is obtained from the copyright proprietors.
