

ANALISIS KAPASITAS TAMPANG SUNGAI JAMBO BALEE TERHADAP BANJIR PERIODE ULANG

Bayu Surahman PM¹, Ichsan Syahputra¹, Muhammad Zardi¹

¹) Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Abulyatama, Aceh Besar, 23372, Indonesia. prasetyomanik@gmail.com

Abstract: *Indra Makmur Sub-District floods frequently occur every year, the flood originates from the overflow of the Jambo Balee river in the area. The watershed (DAS) in the area flows through residential areas in Jambo Balee Village, Indra Makmur sub-district, East Aceh district. The research objective was to determine the flood discharge, flood water level, and capacity of the Jambo Balee River. So the research carried out was to analyze hydrology and hydraulics regarding the study of the planned flood discharge in the Jambo Balee watershed area. The analysis was carried out by looking for the design rainfall using the Pearson III Log distribution that meets the criteria in the calculation of statistical parameters. The rain data used comes from malikussaleh station. The rainfall data used is maximum daily rainfall data from 2012 to 2021. Flood discharge analysis uses the HSS Nakayasu and HSS Gama I methods. In the hydraulics analysis the method used is HSS Nakayasu. The HSS Nakayasu flood discharge data is used as input in the cross-sectional profile modeling in the HEC-RAS software. The results of the flood discharge analysis using the HSS Nakayasu method for return periods of 2, 5, 10, 25, 50, 100 years, respectively are 79,129 m³/s, 108,045 m³/s, 125,340 m³/s, 145,290 m³/s, 158,916 m³/s sec, and 171,567 m³/s. From the results of the hydraulic analysis, the simulation results show that with a return period of 10, 25, 50, and 100 years, the river surface overflows. At STA 0+250 HU it can be seen that the flood water level for the 10 year return period is at a height of 3 m and for the 25 year return period is at a height of 3.5 m. Therefore, the Jambo Balee River cannot accommodate the flood discharge that occurs.*

Keywords : *Flood Discharge plan, Log Pearson III, HSS Nakayasu, HSS Gama I, HEC-RAS*

Abstrak: Kecamatan Indra Makmur setiap tahunnya sering terjadi banjir, banjir bersumber dari meluapnya sungai Jambo Balee di daerah tersebut. Daerah Aliran Sungai (DAS) di daerah tersebut mengalir melewati kawasan pemukiman penduduk di Desa Jambo Balee, kecamatan Indra Makmur, kabupaten Aceh Timur. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui debit banjir, tinggi muka air banjir, dan kapasitas Sungai Jambo Balee. Maka penelitian yang dilakukan adalah dengan menganalisis hidrologi dan hidrolika tentang kajian debit banjir rencana di wilayah DAS Jambo Balee. Analisis dilakukan dengan mencari hujan rencana menggunakan distribusi Log Pearson III yang memenuhi kriteria dalam perhitungan parameter statistik. Adapun data hujan yang digunakan berasal dari stasiun malikussaleh. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum dari tahun 2012 s/d 2021. Analisis debit banjir menggunakan metode HSS Nakayasu dan HSS Gama I. Dalam analisis hidrolika metode yang digunakan adalah HSS Nakayasu. Data debit banjir HSS Nakayasu menjadi masukan dalam pemodelan profil penampang pada software HEC-RAS. Hasil analisis debit banjir metode HSS Nakayasu untuk kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100 tahun, berturut-turut adalah 79,129 m³/det, 108,045 m³/det, 125,340 m³/det, 145,290 m³/det, 158,916 m³/det, dan 171,567 m³/det. Dari hasil analisis hidrolika, hasil simulasi menunjukkan dengan kala ulang 10, 25, 50, dan 100 tahun terjadi peluapan permukaan air sungai. Pada STA 0+250

HU terlihat tinggi muka air banjir untuk kala ulang 10 tahun berada pada ketinggian 3 m dan kala ulang 25 tahun berada pada ketinggian 3,5 m. Maka dari itu, Sungai Jambo Balee tidak dapat menampung debit banjir yang terjadi.

Kata kunci: Debit Banjir Rencana, Log Pearson III, HSS Nakayasu, HSS Gama I, HEC-RAS

Banjir adalah situasi di mana air tidak dapat ditahan di saluran pembuangan atau aliran air di saluran pembuangan tersumbat. Banjir dapat disebabkan oleh berbagai faktor, yaitu kondisi DAS, durasi dan intensitas curah hujan, kondisi topografi dan kapasitas jaringan drainase. Masalah banjir adalah masalah tahunan. Sebagai tempat aliran menuju hilir, sungai perlu mendapatkan perhatian dan penanganan khusus saat musim penghujan tiba terutama bagi daerah yang rawan akan terjadinya banjir.

Kecamatan Indra Makmur setiap tahunnya sering terjadi banjir, banjir bersumber dari meluapnya sungai Jambo Balee di daerah tersebut. Daerah Aliran Sungai (DAS) di daerah tersebut mengalir melewati kawasan pemukiman penduduk di Desa Jambo Balee, kecamatan Indra Makmur, kabupaten Aceh Timur. Luas DAS keseluruhan Sungai Jambo Balee yang di peroleh dari data Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS) 2019 adalah 4,72 km², panjang Sungai utama Jambo Balee adalah 11 km, lebar rata-rata Sungai Jambo Balee adalah 6,5 m. Berdasarkan laporan warga jika terjadi banjir, tinggi luapan yang terjadi pada Sungai Jambo Balee setinggi 4 m dari permukaan air sungai.

Berdasarkan masalah di atas, maka penelitian yang dilakukan adalah menganalisis hidrologi tentang kajian terhadap debit banjir rencana di wilayah DAS Jambo Balee, penyebab banjir pada umumnya dikarenakan ketidakmampuan kapasitas penampang sungai menahan debit banjir yang terjadi. Oleh karena itu, perlu adanya analisis kapasitas penampang Sungai Jambo Balee terhadap berbagai profil muka air banjir di sungai, dengan berbagai periode ulang dari debit banjir rencana. Dengan diketahuinya hal tersebut dapat digunakan sebagai acuan perencanaan penanggulangan banjir di bantaran Sungai Jambo Balee.

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui debit banjir Sungai Jambo Balee Kabupaten Aceh Timur, Untuk mengetahui kapasitas tampang sungai Jambo Balee Kabupaten Aceh Timur, dan untuk mengetahui tinggi muka air banjir Sungai Jambo

Balee Kabupaten Aceh Timur.

KAJIAN PUSTAKA

Siklus Hidrologi

Daur Hidrologi adalah gerakan air laut ke udara, yang kemudian jatuh ke permukaan tanah lagi sebagai hujan atau bentuk presipitasi lain, dan akhirnya mengalir ke laut kembali. Siklus hidrologi merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali lagi ke bumi. Neraca air tahunan diberikan dalam nilai relatif terhadap hujan yang jatuh di daratan (100%). Air di permukaan tanah, sungai, danau dan laut menguap ke udara. Uap air tersebut bergerak dan naik ke atmosfer, yang kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang berbentuk awan. Selanjutnya titik-titik air tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan.

Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu daerah yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung/pegunungan dimana air yang jatuh akan mengalir ke sungai besar pada titik/stasiun yang ditinjau. Identifikasi daerah aliran sungai menggunakan peta topografi yang dilengkapi dengan garis kontur. Untuk tujuan ini, peta topografi skala 1:50.000 dapat digunakan, diperoleh dari Biro Geologi, Dinas Topografi Angkatan Darat, atau lembaga lainnya.

Distribusi Hujan

Distribusi probabilitas atau distribusi peluang adalah suatu distribusi yang menggambarkan peluang dari sekumpulan varian sebagai pengganti frekuensinya. Salah satu tujuan dalam analisis distribusi probabilitas adalah menentukan periode ulang (return period). Menurut Bambang Triatmodjo (2010), periode ulang didefinisikan sebagai waktu hipotetik dimana debit atau hujan dengan suatu besaran tertentu (x_T) akan disamai atau dilampaui satu kali dalam jangka waktu tertentu.

Jenis-jenis distribusi hujan antara lain sebagai berikut:

- a. Distribusi Normal

$$X = \bar{X} + K \cdot S \quad (1)$$

b. Distribusi Log Normal

$$\log X = \overline{\log X} + k \cdot S_{\log} \quad (2)$$

c. Distribusi Gumbel

$$X = \bar{X} + \frac{S}{S_n} (Y - Y_n) \quad (3)$$

d. Distribusi Log Pearson III

$$\log X = \overline{\log X} + K_{TR,CS} \cdot S_{\log X} \quad (4)$$

Debit Banjir

Hidrograf satuan sintesis Nakayasu

Persamaan untuk HSS Nakayasu:

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left(\frac{A Re}{0,3 T_p + T_{0,3}} \right) \quad (5)$$

$$T_p = t_g + 0,8 T_r \quad (6)$$

$$t_g = 0,4 + 0,058 L \quad \text{untuk } L > 15 \text{ km} \quad (7)$$

$$t_g = 0,21 L^{0,7} \quad \text{untuk } L < 15 \text{ km} \quad (8)$$

$$T_{0,3} = \alpha t_g \quad (9)$$

$$t_r = 0,5 t_g \quad (10)$$

dengan:

Q_p = Debit puncak banjir

A = luas DAS (km²)

Re = curah hujan efektif (1 mm)

T_p = waktu puncak hidrograf (jam)

$T_{0,3}$ = waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali Q_p banjir (jam)

t_g = waktu konsentasi (jam)

T_r = satuan waktu dari curah hujan (jam)

α = koefisien karakteristik DAS biasanya diambil 2

L = panjang sungai utama (km)

Persamaan-persamaan yang digunakan dalam hidrograf Nakayasu adalah:

a. Pada kurva naik, $0 \leq t \leq T_p$,

maka:

$$Q = \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \times Q_p \quad (11)$$

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

maka:

$$Q = Q_p \times 0,3^{\left[\frac{t-T_p}{T_{0,3}}\right]}, \text{ untuk } (T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}). \quad (12)$$

$$Q = Q_p \times 0,3^{\left[\frac{t-T_p+0,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}}\right]}, \text{ dan untuk } t > (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}), \quad (13)$$

$$Q = Q_p \times 0,3^{\left[\frac{t-T_p}{T_{0,3}}\right]} \quad (14)$$

dengan:

Q = debit sebelum mencapai debit puncak (m^3/det)

T = waktu (jam)

Hidrograf satuan sintesis Gama I

$$Q_t = Q_p e^{-t/K} \quad (15)$$

dengan:

Qt = Debit pada jam ke t (m^3/d)

Qp = Debit Puncak (m^3/d)

t = waktu dari saat terjadinya debit puncak (jam)

K = Koefisien tampungan (jam)

Persamaan-persamaan yang digunakan dalam HSS Gama I adalah:

1. Menghitung waktu puncak (TR) HSS Gama I dengan persamaan berikut:

$$TR = 0,43 \left(\frac{L}{100 SF} \right)^3 + 1,0665 SIM + 1,2775 \quad (16)$$

dengan:

TR = Waktu puncak (jam)

L = Panjang sungai utama (km)

SF = Faktor sumber

SIM = Faktor simetri

2. Menghitung debit puncak banjir (Q_p) HSS Gama I dengan persamaan berikut:

$$Q_p = 0,1836 A^{0,5886} TR^{-0,4008} + JN^{0,2381}$$

(17)

dengan:

 Q_p = debit puncak (m^3/det) JN = jumlah pertemuan sungai3. Menghitung waktu dasar (T_B) HSS Gama I dengan persamaan berikut:

$$TB = 27,4132 TR^{0,1457} S^{-0,0986} SN^{0,2381} RUA^{0,2574}$$

(18)

dengan:

 S = kemiringan dasar sungai SN = frekuensi sumber RUA = luas DAS sebelah hulu (km^2)4. Menghitung koefisien resesi (K) HSS Gama I dengan persamaan berikut:

$$K = 0,5671 A^{0,1798} S^{-0,1446} SF^{-1,0897} D^{0,0452}$$

(19)

dengan:

 K = koefisien resesi (jam) A = luas DAS (km^2) S = kemiringan dasar sungai SF = faktor sumber D = kerapatan jaringan kuras

5. Menghitung aliran dasar sungai dengan persamaan berikut:

$$Q_B = 0,4751 A^{0,6444} D^{0,9430} \quad (20)$$

dengan:

 Q_B = aliran dasar (m^3/det) A = luas DAS (km^2) D = kerapatan jaringan kuras

Hydrologic Engineering Center- River Analysis System (HEC-RAS)

Pada penelitian ini, analisis tinggi muka air banjir pada sungai Jambo Balee menggunakan *software* yang bernama *Hydrologic Engineering Center- River Analysis System* (HEC-RAS). *Software* tersebut dikeluarkan oleh US Army Corps of Engineers, digunakan untuk melakukan analisa terhadap data data hidrolika pada sebuah sungai. *Software* ini dapat melakukan penanganan terhadap jaringan saluran air secara menyeluruh untuk perhitungan aliran tunak (*steady flow*).

METODE PENELITIAN

Metode penelitian akan menjelaskan secara rinci berbagai tahapan analisis penyelesaian tugas akhir, mulai dari studi literatur, perhitungan curah hujan, penggunaan *software* HEC-RAS untuk memodelkan profil muka air. Penelitian ini dilakukan dengan metode analisis data kuantitatif, dimana data berupa angka.

Tahapan pelaksanaan tugas akhir diantaranya:

1. Pengumpulan data penelitian

Pengumpulan data meliputi curah hujan maksimum harian, data topografi, peta DAS, data *cross section*, *long section*, dan peta lokasi penelitian.

2. Analisis hidrologi

- a. Pemilihan jenis distribusi
- b. Perhitungan debit banjir

3. Analisis hidrolika

Pemodelan dilakukan dengan HEC-RAS dengan cara sebagai berikut:

- a. Input geometri data, membuat alur sungai, memasukkan data *cross section*, memasukkan data debit banjir (*steady flow data*)
- b. Running (eksekusi data)
- c. *Output* data, berupa profil penampang melintang, tabel *cross section output* data, dan profil muka air dengan debit rencana periode ulang tertentu.

4. Analisis kapasitas sungai

Pemodelan HEC-RAS mengeluarkan *output* dan dapat dilihat bagaimana kondisi *existing* sungai dan apakah sungai mampu menampung debit

banjir periode ulang. Pada kondisi ini akan dilihat pada periode ulang tahun berapa sungai akan meluap, dimana akan ada peningkatan jumlah debit air disepanjang sungai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Curah Hujan

Analisis curah hujan di DAS Jambo Balee dilakukan dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum yang bersumber dari Stasiun Meteorologi Malikussaleh, dengan periode pencatatan tahun 2012 sampai dengan tahun 2021. Berikut merupakan data hujan harian maksimum dari tahun 2012 sampai 2021.

Tabel 1. Contoh Tabel

TAHUN	RR (mm)
2012	84,0
2013	63,0
2014	113,0
2015	181,7
2016	112,6
2017	124,2
2018	96,0
2019	46,8
2020	93,3
2021	165,2

Sumber: BMKG

Curah Hujan Rencana

1. Penentuan tipe distribusi hujan

Tabel 2. Perhitungan Parameter Penentuan Jenis Distribusi

No	(X_i)	($X_i - \bar{X}$)	($X_i - \bar{X}$) ²	($X_i - \bar{X}$) ³	($X_i - \bar{X}$) ⁴
1	84,0	-23.980	575.040	-13789.469	330671.462
2	63,0	-44.980	2023.200	-91003.554	4093339.859
3	113,0	5.020	25.200	126.506	635.060
4	181,7	73.720	5434.638	400641.543	29535294.539
5	112,6	4.620	21.344	98.611	455.583
6	124,2	16.220	263.088	4267.294	69215.506
7	96,0	-11.980	143.520	-1719.374	20598.105
8	46,8	-61.180	3742.992	-228996.275	14009992.106
9	93,3	-14.680	215.502	-3163.575	46441.284
10	165,2	57.220	3274.128	187345.627	10719916.780
Σ	1079,8	0.000	15718.656	253807.333	58826560.284

Rata-rata hitung:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \frac{1}{10} \times 1079,8 = 107,98 \text{ mm}$$

Simpangan baku:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{15718,67}{10-1}} = 41,79$$

Koefisien *skewness* (kemencengan):

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

$$= \frac{10}{(10-1)(10-2) \cdot 41,79^3} \times 253807,33 = 0,48$$

Koefisien variasi:

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{41,79}{107,98} = 0,387$$

Koefisien Kurtosis:

$$CV = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3) \cdot S^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4$$

$$= \frac{10^2}{(10-1)(10-2)(10-3) \cdot 41,79^4} \times 58826560,284 = 3,8$$

Penentuan tipe distribusi adalah dengan melihat kecocokan nilai dari parameter statistic Cs, Cv, dan Ck dengan syarat untuk tiap tipe distribusi. Penentuan jenis sebaran disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 3. Penentuan Jenis Distribusi Data

Distribusi	Syarat Parameter Statistik	Hasil Perhitungan	Keterangan
Normal	Cs = 0	0,48	Tidak Memenuhi
	Ck = 3	3,8	
Log Normal	Cs = Cv ³ + 3. Cv = 1,219	0,48	Tidak Memenuhi

	$C_k =$ $Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 +$ $16Cv^2 + 3 = 5,754$	3,8	
Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,40$	0,48 3,8	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Jika tidak ada nilai yang sesuai di 3 distribusi	-	Memenuhi

2. Analisis curah hujan rencana

Tabel 4. Perhitungan Parameter Statistik Untuk Distribusi Log Pearson III

NO	(X _i)	Log X _i	(Log X _i -Log \bar{X})	(Log X _i -Log \bar{X}) ²	(Log X _i -Log \bar{X}) ³
1	84,0	1.92	-0.078	0.006	0.000
2	63,0	1.80	-0.203	0.041	-0.008
3	113,0	2.05	0.051	0.003	0.000
4	181,7	2.26	0.257	0.066	0.017
5	112,6	2.05	0.049	0.002	0.000
6	124,2	2.09	0.092	0.008	0.001
7	96,0	1.98	-0.020	0.000	0.000
8	46,8	1.67	-0.332	0.110	-0.037
9	93,3	1.97	-0.032	0.001	0.000
10	165,2	2.22	0.216	0.047	0.0100
Σ	1079,8	20,0	0	0.285	-0.017

Rata-rata hitung:

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i = \frac{1}{10} \times 20,0 = 2$$

Simpangan baku :

$$S_{\log X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0.285}{10-1}} = 0,18$$

Koefisien *skewness* (kemencengan) :

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

$$= \frac{10}{(10-1)(10-2) \cdot 0.18^3} \times -0.017 = -0,43$$

Faktor frekuensi K untuk tiap kala ulang terdapat pada tabel nilai K, yang ditentukan dengan menggunakan nilai $C_{S_{logx}}$ dan kala ulang dalam tahun. Dengan nilai $C_{S_{logx}}$ sebesar -0,43, maka dilakukan interpolasi berdasarkan nilai pada tabel.

Nilai K untuk tiap kala ulang adalah sebagai berikut:

2 Tahun	: 0,071
5 Tahun	: 0,855
10 Tahun	: 1,227
25 Tahun	: 1,595
50 Tahun	: 1,818
100 Tahun	: 2,008

Tabel 5. Curah Hujan Rencana Berbagai Kala Ulang

Periode Ulang	LOG rata-rata	KT	SD	Log RT	RT (mm)
2		0,071		2,015	103,468
5		0,855		2,154	142,698
10	2,00	1,227	0,18	2,221	166,164
25		1,595		2,286	193,231
50		1,818		2,326	211,717
100		2,008		2,360	228,882

Debit Banjir

1. Hujan jam-jaman

Perhitungan Hujan Jam-jaman

$$Rt = \frac{Rn}{6} \times \left(\frac{6}{t}\right)^{2/3}$$

Contoh perhitungan untuk jam ke-1

$$Rt = \frac{Rn}{6} \times \left(\frac{6}{1}\right)^{2/3}$$

$$Rt = Rn \cdot 0,550$$

Tabel 6. Hasil Perhitungan Hujan Jam-Jaman

Kala Ulang (Tr)	(tahun)	2	5	10	25	50	100
R _{rancangan}	(mm)	103,47	142,70	166,16	193,23	211,72	228,88
Koef. Pengaliran (C)		0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
R _n	(mm)	72,427	99,889	116,315	135,262	148,202	160,218
Jam Ke-		Nisbah (%)					
1	0,550	39,858	54,971	64,010	74,437	81,559	88,171
2	0,347	25,109	34,630	40,324	46,893	51,379	55,544
3	0,265	19,162	26,427	30,773	35,786	39,209	42,388
4	0,218	15,818	21,815	25,403	29,541	32,367	34,991
5	0,188	13,631	18,800	21,891	25,457	27,893	30,154
6	0,167	12,071	16,648	19,386	22,544	24,700	26,703

2. Analisis HSS Nakayasu

Diketahui :

$$\text{Luas DAS (A)} = 4,72 \text{ km}^2$$

$$\text{Panjang Sungai Utama (L)} = 11 \text{ km}$$

$$\alpha = 1,5$$

$$R_0 = 1 \text{ mm (hujan satuan)}$$

$$D = (11/4,72) = 2,331$$

Untuk $L < 15 \text{ Km}$

a. Nilai tg

$$tg = 0,21 \times (L)^{0,7}$$

$$tg = 0,21 \times (11)^{0,7}$$

$$tg = 1,125$$

b. Nilai tr

$$tr = 0,5 \times tg$$

$$tr = 0,5 \times 1,125$$

$$tr = 0,563$$

c. Nilai Tp (Waktu Puncak)

$$T_p = t_g + 0,8 \times t_r$$

$$T_p = 1,125 + (0,8 \times 0,563)$$

$$T_p = 1,575$$

d. Nilai $T_{0,3}$

$$T_{0,3} = \alpha \times t_g \qquad T_p + T_{0,3} = 1,575 + 2,546 = 3,263$$

$$T_{0,3} = 1,5 \times 1,125 \qquad T_p + 2,5 \times T_{0,3} = 1,575 + (2,5 \times 2,546) = 5,794$$

$$T_{0,3} = 2,546$$

e. Nilai Q_p (Debit Puncak)

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \times A \times \frac{1}{0,3 T_p + T_{0,3}}$$

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \times 4,72 \times \frac{1}{(0,3 \times 1,575) + 2,546}$$

$$Q_p = 0,607 \text{ m}^3/\text{det}$$

f. Perhitungan Baseflow (Aliran Dasar)

$$Q_b = 0,4715 \times A^{0,6444} \times D^{0,9430}$$

$$Q_b = 0,4715 \times 4,72^{0,6444} \times 2,331^{0,9430}$$

$$Q_b = 2,868$$

Persamaan hidrograf satuan untuk kurva naik

Dengan $(0 < t < T_p) = (0 < t < 1,575)$

Contoh perhitungan :

$$Q = \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,4} \times Q_p$$

$$Q = \left(\frac{1}{1,575}\right)^{2,4} \times 0,607$$

$$Q = \left(\frac{1}{1,575}\right)^{2,4} \times 0,607$$

$$Q = 0,204 \text{ m}^3/\text{det}$$

Persamaan hidrograf satuan untuk kurva turun

Dengan $(T_p < t < (T_p + T_{0,3})) = (1,575 < t < 3,263)$

Contoh Perhitungan :

$$Q = Q_p \times 0,3^{\left[\frac{t-T_p}{T_{0,3}}\right]}$$

$$Q = 0,607 \times 0,3^{\left[\frac{2-1,575}{2,546}\right]}$$

$$Q = 0,448 \text{ m}^3/\text{det}$$

Persamaan hidrograf satuan untuk kurva turun

Dengan $(T_p+T_{0,3}) < t < (T_p+2,5T_{0,3}) = (3,263 < t < 5,794)$

Contoh Perhitungan :

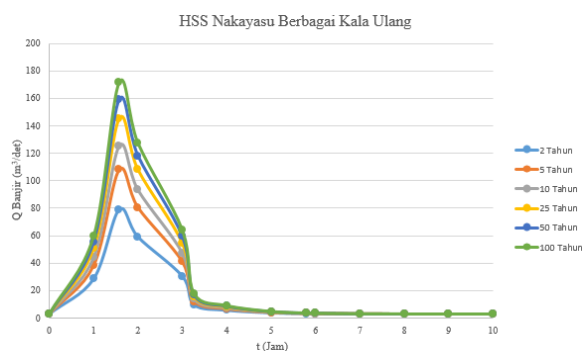
$$Q = Q_p \times 0,3^{\left[\frac{t-T_p+0,5 T_{0,3}}{1,5 T_p}\right]}$$

$$Q = 0,607 \times 0,3^{\left[\frac{4-1,575+0,5 \cdot 2,546}{1,5 \times 1,575}\right]}$$

$$Q = 0,0219 \text{ m}^3/\text{det}$$

Tabel 7. Ordinat Hidrograf Satuan Nakayasu

t (jam)	ordinat	Keterangan
0,000	0,000	
1,000	0,204	$0 < t < T_p$
1,575	0,607	Waktu Puncak
2,000	0,448	
3,000	0,220	$(T_p < t < (T_p + T_{0,3}))$
3,263	0,0533	
4,000	0,0219	
5,000	0,0066	$(T_p + T_{0,3}) < t < (T_p + 2,5 T_{0,3})$
5,794	0,0025	
6,000	0,0020	
7,000	0,0006	
8,000	0,0002	$t > (T_p + 2,5 T_{0,3})$
9,000	0,0001	
10,000	0,0000	



Gambar 1. Grafik Perhitungan Debit Banjir HSS Nakayasu

Pada hasil perhitungan pada tabel dan grafik maka didapatkan hasil debit banjir berbagai kala ulang berikut :

Tabel 8. Hasil Perhitungan Debit Banjir HSS Nakayasu

Kala Ulang (tahun)	Q_{banjir} (m^3/det)
2	79,129
5	108,045
10	125,340
25	145,290
50	158,916
100	171,567

3. Analisis HSS Gama I

Diketahui :

$$\text{Luas DAS (A)} = 4,72 \text{ km}^2$$

$$\text{Panjang Sungai Utama (L)} = 11 \text{ km}$$

$$\text{Kemiringan sungai (S)} = 0,005$$

$$\text{Kerapatan jaringan kuras (D)} = 2,331 \text{ km/km}^2$$

$$\text{Luas relatif DAS bagian hulu (RUA)} = 0,57$$

$$\text{Faktor lebar (WF)} = 1,2$$

$$\text{Faktor simetri (SIM)} = 0,68$$

$$\text{Faktor sumber (SF)} = 0,14$$

$$\text{Frekuensi sumber (SN)} = 0,31$$

$$\text{Jumlah pertemuan sungai (JN)} = 6$$

1. Menghitung waktu puncak (TR)

$$TR = 0,43 \left(\frac{L}{100 SF} \right)^3 + 1,0665 SIM + 1,2775$$

$$TR = 0,43 \left(\frac{11}{100 \cdot 0,14} \right)^3 + 1,0665 \cdot 0,68 + 1,2775$$

$$TR = 2,009 \text{ jam}$$

2. Menghitung debit puncak (Qp)

$$Qp = 0,1836 A^{0,5886} TR^{-0,4008} + JN^{0,2381}$$

$$Qp = 0,1836 \times 4,72^{0,5886} \times 2,009^{-0,4008} + 6^{0,2381}$$

$$Qp = 0,530 \text{ m}^3/\text{det}$$

3. Menghitung waktu dasar (TB)

$$TB = 27,4132 TR^{0,1457} S^{-0,0986} SN^{0,2381} + RUA^{0,2574}$$

$$TB = 27,4132 \times 2,009^{0,1457} \times 0,005^{-0,0986} \times 0,31^{0,2381} + 0,57^{0,2574}$$

$$TB = 18,733 \text{ jam}$$

4. Menghitung koefisien resesi (K)

$$K = 0,5671 A^{0,1798} S^{-1446} SF^{-1,0897} + D^{0,0452}$$

$$K = 0,5671 \times 4,72^{0,1798} \times 0,005^{-1446} \times 0,14^{-1,0897} + 2,331^{0,0452}$$

$$K = 14,692$$

5. Menghitung aliran dasar (Q_B)

$$Q_B = 0,4751 A^{0,6444} D^{0,9430}$$

$$Q_B = 0,4751 \times 4,72^{0,6444} \times 2,331^{0,9430}$$

$$Q_B = 2,868 \text{ m}^3/\text{det}$$

Persamaan hidrograf satuan untuk kurva naik

Dengan ($0 < t < TR$)

Contoh perhitungan :

$$Q = \left(\frac{t}{TR} \right) \times Q_p$$

$$Q = \left(\frac{1}{2,009} \right) \times 0,530$$

$$Q = 0,264 \text{ m}^3/\text{det}$$

Persamaan hidrograf satuan untuk kurva turun

Dengan ($t > TR$)

Contoh Perhitungan :

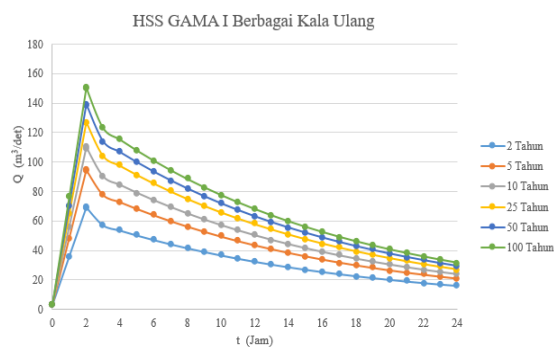
$$Q = Q_p e^{-t/K}$$

$$Q = 0,530 \times 2,71828^{-3/14,692}$$

$$Q = 0,432 \text{ m}^3/\text{det}$$

Tabel 9. Ordinat Hidrograf Satuan HSS Gama I

t	Q_t
(Jam)	(m^3/det)
0,000	0,000
1,000	0,264
2,000	0,528
2,009	0,530
3,000	0,432
4,000	0,404
5,000	0,377
6,000	0,352
7,000	0,329
8,000	0,308
9,000	0,287
10,000	0,268
11,000	0,251
12,000	0,234
13,000	0,219
14,000	0,204
15,000	0,191
16,000	0,178
17,000	0,167
18,000	0,156
19,000	0,145
20,000	0,136
21,000	0,127
22,000	0,119
23,000	0,111
24,000	0,104

**Gambar 2. Grafik Perhitungan Debit Banjir HSS Gama I**

Pada hasil perhitungan pada tabel dan grafik maka didapatkan hasil debit banjir berbagai kala ulang berikut :

Tabel 10. Hasil Perhitungan Debit Banjir HSS Gama I

Kala Ulang (tahun)	Q_{banjir} (m^3/det)
2	69,483
5	94,741
10	109,848
25	127,275
50	139,177
100	150,228

4. Penentuan jenis hidrograf satuan sintesis

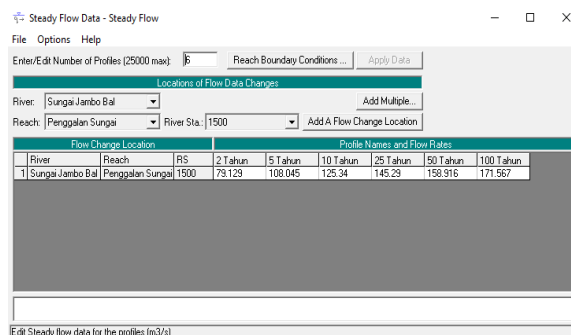
Berdasarkan hasil yang didapat pada perhitungan kedua HSS, yaitu HSS Nakayasu dan HSS Gama I. Maka, Debit banjir yang diperoleh pada perhitungan HSS Nakayasu mendapatkan nilai terbesar, sehingga metode yang digunakan untuk perhitungan kapasitas tampang sungai adalah HSS Nakayasu. Hasil perbandingan HSS Nakayasu dan HSS Gama I dapat dilihat pada tabel berikut:

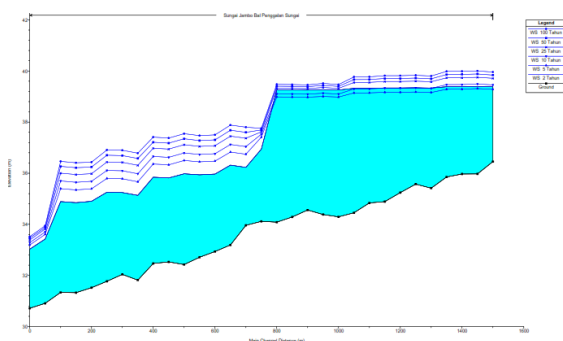
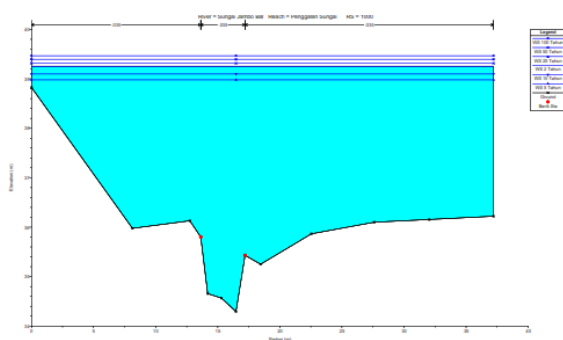
Tabel 11. Perbandingan Hasil Debit Banjir HSS Nakayasu dan HSS Gama I

Kala Ulang (tahun)	Q_{banjir} Nakayasu (m^3/det)	Q_{banjir} Gama I (m^3/det)
2	79,129	69,483
5	108,045	94,741
10	125,340	109,848
25	145,290	127,275
50	158,916	139,177
100	171,567	150,228

Analisis Tinggi Muka Air (Simulasi HEC-RAS)

Untuk memodelkan penampang *existing* terhadap debit banjir rencana, diperlukan besaran debit banjir berbagai kala ulang. Debit Banjir berbagai kala ulang didapat dari perhitungan metode HSS Nakayasu.



Gambar 3. Memasukkan Data Debit Banjir HSS Nakayasu**Gambar 4. Profil Plot HSS Nakayasu Berbagai Kala Ulang****Gambar 5. Hasil Simulasi HEC-RAS STA 0+250 HU Berbagai Kala Ulang**

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan curah hujan rencana, debit banjir, dan pemodelan HEC-RAS, maka dapat disimpulkan:

1. Rentang pengumpulan curah hujan adalah 10 tahun, yaitu dari 2012 sampai dengan 2021. Curah hujan maksimum yang terjadi adalah 182 mm.
2. Dalam penentuan pola distribusi yang digunakan, tidak ada nilai parameter yang sesuai dengan syarat parameter dari distribusi Normal, Log Normal, dan Gumbel. Sehingga dalam perhitungan curah hujan rencana digunakan distribusi Log Pearson III.
3. Curah hujan rencana diperoleh dari perhitungan distribusi Log Pearson III dengan kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100 tahun berturut-turut adalah 103,468 m³/det,

142,698 m³/det, 166,164 m³/det, 193,231 m³/det, 211,717 m³/det, dan 228,882 m³/det.

4. Metode Hidrograf Satuan Sintesis yang digunakan pada penelitian ini adalah Metode HSS Nakayasu dan HSS Gama I. Dalam analisis hidrolika dengan HEC-RAS digunakan nilai terbesar, yaitu HSS Nakayasu.
5. Hasil analisis debit banjir dengan metode HSS Nakayasu untuk kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100 tahun, berturut-turut adalah 79,129 m³/det, 108,045 m³/det, 125,340 m³/det, 145,290 m³/det, 158,916 m³/det, dan 171,567 m³/det.
6. Hasil simulasi tinggi muka air dengan menggunakan HEC-RAS untuk mendapatkan kapasitas sungai Jambo Balee ternyata pada STA 0+450 HU, STA 0+250 HU, STA 0+100 HI, dan STA 0+650 HI terlihat sungai tidak dapat menampung debit banjir dengan kala ulang 10, 25, 50, dan 100 tahun. Pada STA 0+250 HU tinggi muka air banjir untuk Q₁₀ berada pada ketinggian 3 m dan Q₂₅ berada pada ketinggian 3,5 m.

Saran

Berikut saran untuk penelitian selanjutnya berdasarkan penelitian yang telah dilakukan :

1. Stasiun pengukuran hujan lebih baik dekat dengan lokasi penelitian, sehingga didapatkan hasil yang lebih akurat.
2. Upaya penanggulangan banjir dapat dilakukan dengan struktural berupa pembuatan tanggul, maupun non struktural seperti pengaturan tata guna lahan di bantaran sungai, serta penyuluhan kepada masyarakat akan bahaya banjir (peringatan dini).
3. Memperluas kapasitas sungai dengan normalisasi seperti perluasan dan perdalam sungai.
4. Pemulihan konservasi lahan dibagian hulu sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- Makal, A. P., Mananoma, T., & Sumarauw, J. S. F. (2020). *Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Kabupaten Minahasa Utara*. 8(3).
- Sondak, S. W., Tangkudung, H., & Hendratta, L. A. (2019). *Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Girian Kota Bitung*. *Jurnal Sipil Statik*, 7(12), 1681–1688.
- Triatmodjo, Bambang. (2010). *Hidrologi Terapan*. Betta Offset, Yogyakarta.
- Welliang, A. H., Sumarauw, J. S. F., & Mananoma, T. (2019). *Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Lombagin Kabupaten Bolaang Mongondow*. 17(71), 1–8.