



Analisis Debit Banjir Dan Luas Genangan Sungai Tikala Di Titik Jembatan Gantung Kelurahan Tikala Ares Kota Manado

Jovan M. Popal^{#a}, Jeffry S. F. Sumarauw^{#b}, Liany A. Hendratta^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

^ajovanpopal021@student.unsrat.ac.id, ^bjeffrysumarauw@unsrat.ac.id, ^clianyhendratta@unsrat.ac.id

Abstrak

Sungai Tikala merupakan salah satu sungai di Kota Manado yang berpotensi mengalami banjir akibat peningkatan debit aliran saat hujan berintensitas tinggi. Penelitian ini bertujuan menganalisis debit banjir rencana serta luas genangan banjir di sekitar Jembatan Gantung Kelurahan Tikala Ares. Analisis hidrologi menggunakan data curah hujan harian maksimum periode 2009-2023 pada DAS Tikala seluas 94,414 km². Curah hujan wilayah dihitung dengan metode *Polygon Thiessen*, sedangkan analisis frekuensi menggunakan distribusi *Log-Pearson Tipe III*. Pemodelan hujan-aliran dilakukan menggunakan HEC-HMS dengan metode Hidrograf Satuan Sintetis SCS, *SCS Curve Number* untuk kehilangan air, dan *recession* untuk aliran dasar. Debit banjir hasil simulasi kemudian dimodelkan menggunakan HEC-RAS untuk mengevaluasi kapasitas sungai dan memetakan genangan banjir. Hasil penelitian menunjukkan debit banjir rencana berkisar antara 196,3 hingga 417,9 m³/detik untuk kala ulang 5 - 100 tahun, dengan luas genangan meningkat dari 1,411 km² menjadi 1,914 km². Temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan debit banjir berbanding lurus dengan perluasan area terdampak, sehingga diperlukan upaya penanganan banjir untuk mengurangi risiko kerugian yang ditimbulkan.

Kata kunci: Sungai Tikala, debit banjir rencana, luas genangan banjir, HEC-HMS, HEC-RAS

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Banjir merupakan salah satu bencana yang sering terjadi di wilayah perkotaan, terutama di daerah dengan perkembangan tata guna lahan yang pesat. Kota Manado termasuk daerah yang kerap mengalami banjir akibat curah hujan tinggi serta keterbatasan kapasitas sungai dalam menampung aliran air. Salah satu sungai yang rawan terhadap permasalahan ini adalah Sungai Tikala, yang melintasi kawasan padat penduduk dan menjadi saluran utama drainase kota. Di titik Jembatan Gantung Kelurahan Tikala Ares, banjir dan genangan berulang kali terjadi saat musim hujan. Kondisi tersebut disebabkan oleh penyempitan alur sungai, sedimentasi, serta meningkatnya debit aliran yang tidak sebanding dengan kapasitas penampang sungai. Terakhir kali, Sungai Tikala mengalami luapan banjir pada bulan Maret tahun 2025.

Melihat permasalahan tersebut, diperlukan analisis mendalam untuk mengetahui potensi debit banjir dan luas genangan yang terjadi di kawasan ini. Hasil analisis diharapkan dapat memberikan gambaran kondisi hidrologi dan hidraulika Sungai Tikala sekaligus menjadi dasar dalam perencanaan strategi penanggulangan banjir yang lebih efektif dan berkelanjutan.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana menentukan besarnya debit banjir rencana pada Sungai Tikala di titik Jembatan Gantung Kelurahan Tikala Ares berdasarkan data hidrologi yang tersedia.

2. Bagaimana kondisi genangan yang terjadi di kawasan tersebut ditinjau dari luas dan sebarannya.

1.3 Batasan Penelitian

1. Titik tinjau terletak di Jembatan Gantung Kelurahan Tikala Ares, dengan panjang segmen sungai yang di analisis 200 meter ke arah hilir.
2. Data hujan yang digunakan adalah data hujan harian maksimum.
3. Analisis hidrologi dilakukan menggunakan perangkat lunak HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System) dan analisis hidraulika dilakukan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center - River Analysis System).
4. Periode Ulang rencana yang dianalisis terbatas pada periode ulang 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun.
5. Analisis sedimentasi pada pemodelan HEC-RAS tidak diperhitungkan. Oleh karena itu, perubahan dasar sungai akibat pengendapan atau penggerusan sedimen selama simulasi dianggap tidak terjadi.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan besarnya debit banjir rencana pada Sungai Tikala di titik Jembatabn Gantung Kelurahan Tikala Ares berdasarkan analisis hidrologi, serta menganalisis kondisi genangan yang terjadi di kawasan tersebut ditinjau dari luas dan sebarannya melalui simulasi hidraulika.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat berupa tambahan referensi ilmiah dalam bidang hidrologi dan hidraulika, menjadi bahan pertimbangan bagi pemerintah daerah dalam upaya pengendalian banjir di Sungai Tikala, serta memberi informasi bagi masyarakat mengenai potensi risiko genangan di sekitar Jembatan Gantung Kelurahan Tikala Ares.

1.6 Lokasi Penelitian

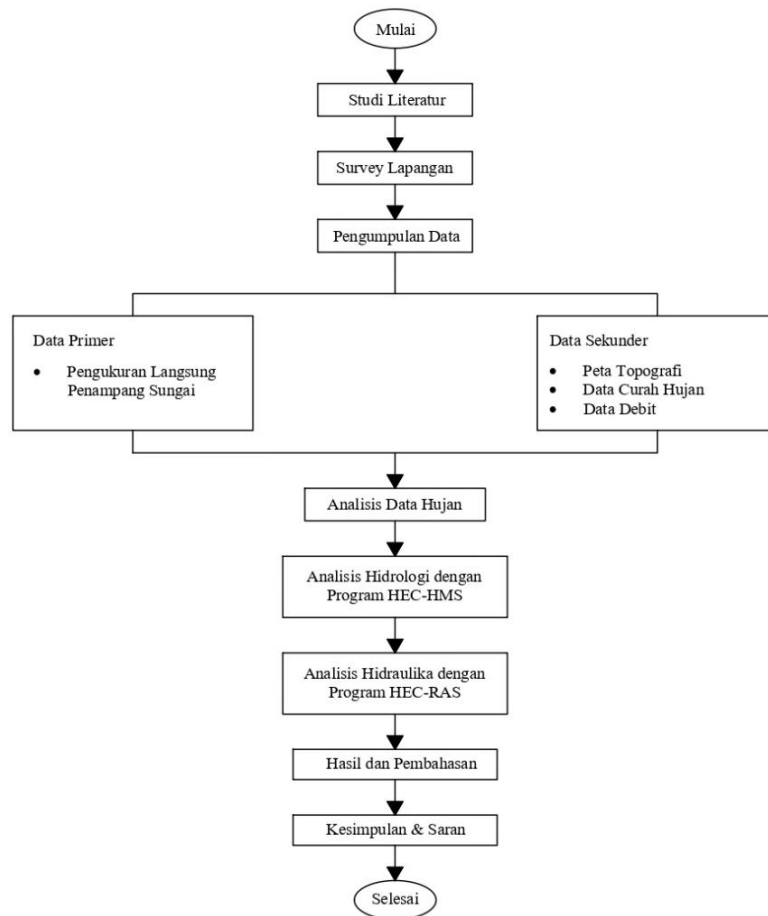
Penelitian dilakukan di Sungai Tikala terletak di Kecamatan Tikala. Kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara. Titik kontrol yang di ambil untuk penelitian ini berada di Jembatan Gantung. Secara geografis terletak pada 1°28'54.19" Lintang Utara dan 124°51'5.59" Bujur Timur.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (*Google Earth Pro*)

2. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian digambarkan dalam alur yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3. Kajian Literatur

3.1. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah proses peredaran air dari permukaan bumi ke atmosfer dan kembali lagi ke bumi melalui tahapan evaporasi, kondensasi, presipitasi, infiltrasi, dan limpasan permukaan (Soemarto, 1999).

3.2. Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu wilayah daratan yang dibatasi oleh punggung bukit atau pegunungan, di mana seluruh air hujan yang jatuh pada wilayah tersebut akan mengalir menuju sungai utama dan keluar melalui satu titik pengaliran tertentu.

3.3. Analisis Curah Hujan

Secara hidrologi, jenis curah hujan yang diperlukan untuk perencanaan pemanfaatan sumberdaya air dan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata wilayah yang dinyatakan dalam mm. Karena distribusi hujan yang terjadi umumnya tidak merata, besarnya curah hujan wilayah ini harus diperkirakan berdasarkan tinggi hujan pada beberapa stasiun pengamatan hujan (J. S. F. Sumarauw, 2023b).

3.4. Analisis Outlier

Analisis data *outlier* merupakan proses identifikasi terhadap data yang memiliki nilai menyimpang secara signifikan dibandingkan dengan kumpulan data lainnya. Data *outlier* dapat berupa nilai yang terlalu tinggi maupun terlalu rendah, sehingga berbeda jauh dari pola umum data yang tersedia.

Uji data *outlier* mempunyai 3 syarat, yaitu:

1. Jika $CS_{\log} \geq 0,4$ maka: uji *outlier* tinggi, koreksi data, uji *outlier* rendah, koreksi data.
2. Jika $CS_{\log} \leq -0,4$ maka: uji *outlier* rendah, koreksi data, uji *outlier* tinggi, koreksi data.
3. Jika $-0,4 < CS_{\log} < 0,4$ maka : uji *outlier* tinggi dan rendah, koreksi data. Rumus yang digunakan:

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{n} \quad (1)$$

$$S_{\log} = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \overline{\log x})^2}{n-1}} \quad (2)$$

$$CS_{\log} = \frac{n \cdot \sum (\log x - \overline{\log x})^3}{(n-1)(n-2)(S_{\log})^3} \quad (3)$$

$$\bullet \quad \text{Outlier tinggi: } \log X_h = \overline{\log x} + Kn \cdot S_{\log} \quad (4)$$

$$\bullet \quad \text{Outlier rendah : } \log X_l = \overline{\log x} - Kn \cdot S_{\log} \quad (5)$$

Dengan :

$CS_{\log}$	=	Koefisien kemencengan dalam log
$S_{\log}$	=	Simpangan baku.
$\overline{\log x}$	=	Nilai rata – rata.
Kn	=	Nilai K (diambil dari <i>outlier test K value</i>) tergantung dari jumlah data yang dianalisis.
$\log X_h$	=	<i>Outlier</i> tinggi.
$\log X_l$	=	<i>Outlier</i> rendah.
n	=	Jumlah data.

Nilai Kn dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Kn = (-3,62201) + (6,28446 \times n^{\frac{1}{4}}) - (2,49835 \times n^{\frac{1}{2}}) + (0,491436 \times n^{\frac{3}{4}}) - (0,037911 \times n) \quad (6)$$

3.5. 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. (Hendratta et al., 2023).

a) Rata – rata Hitung (*Mean*)

Rata – rata hitung merupakan nilai rata – rata dari sekumpulan data :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (7)$$

Dengan :

$\bar{X}$ = Nilai rata – rata

n = Jumlah data

X_i = Nilai varian

b) Simpangan Baku (Standar Deviasi)

Jika penyebaran data sangat besar dibandingkan dengan nilai rata-rata, maka nilai S akan menjadi besar. Sebaliknya, jika penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata-rata, maka nilai S akan menjadi kecil.

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum (x - \bar{x})^2} \quad (8)$$

Dengan :

S = Standar deviasi

$\bar{X}$ = Nilai rata – rata

n = Jumlah data

X_i = Nilai varian

c) Koefisien *Skewness* (Kemencengan).

Kemencengan (*Skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan (*asymmetry*) dari suatu bentuk distribusi. Pengukuran kemencengan adalah mengukur seberapa besar suatu kurva frekuensi dari suatu distribusi tidak simetris atau menceng.

$$C_s = \frac{n \cdot \sum (x - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \quad (9)$$

Dengan :

C_s = Koefisien Kemencengan

S = Standar deviasi

$\bar{X}$ = Nilai rata – rata

n = Jumlah data

X_i = Nilai varian

d) Koefisien Variasi

Koefisien variasi (*Coefficient Of Variation*) adalah nilai perbandingan antara standar deviasi dengan nilai rata – rata hitung dari suatu distribusi. Semakin besar nilai variasi berarti datanya kurang merata (heterogen). Semakin kecil nilai variasi berarti data pengamatan semakin merata (homogen).

$$Cv = \frac{S}{\bar{x}} \quad (10)$$

Dengan :

Cv = Koefisien variasi.

S = Standar deviasi.

$\bar{X}$ = Nilai rata – rata.

n = Jumlah data.

X_i = Nilai varian.

e) Koefisien Kurtosis

Pengukuran kurtosis dimaksudkan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal. Koefisien kurtosis digunakan untuk menentukan keruncingan kurva distribusi.

$$C_k = \frac{n^2 \cdot \sum (x - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3) \cdot s^4} \quad (11)$$

Dengan:

C_k = Koefisien Kurtosis

S = Standar Deviasi

$\bar{X}$ = Nilai Rata-rata

n = Jumlah Data

X_i = Nilai Varian

3.6. Distribusi Probabilitas

Distribusi probabilitas atau distribusi peluang adalah suatu distribusi yang menggambarkan peluang dari sekumpulan varian sebagai pengganti frekuensinya. Peluang kumulatif dari sebuah varian adalah peluang dari suatu variabel acak yang mempunyai nilai sama atau kurang dari suatu nilai tertentu. Salah satu tujuan dalam analisis distribusi peluang adalah menentukan periode ulang (*return period*). 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 (Triatmodjo, 2008). Parameter – parameter yang digunakan sebagai langkah awal penentuan tipe distribusi adalah C_s , C_v , C_k . Tipe distribusi peluang yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Tipe distribusi Normal

$$C_s \approx 0 ; C_k \approx 3$$

2. Tipe distribusi Log Normal

$$Cs \approx Cv^3 + 3.Cv$$

$$Ck \approx Cv^8 + Cv^6 + 25Cv^4 + 16Cv^2 + 3$$

3. Tipe distribusi Gumbel

$$Cs \approx 1,139; Ck \approx 5,4$$

4. Tipe distribusi Log Pearson III

Bila kriteria ketiga sebaran di atas tidak memenuhi, kemungkinan tipe sebaran yang cocok adalah tipe distribusi Log Pearson III

Persamaan distribusi log Pearson III:

$$\text{Log } X = \overline{\log X} + K_{TR,Cs} \cdot S_{\log x} \quad (12)$$

Dengan :

$\log X$ = Nilai varian X yang diharapkan terjadi pada peluang atau periode ulang tertentu

$\overline{\log X}$ = Rata – rata nilai X hasil pengamatan

$K_{TR,Cs}$ = Karakteristik dari distribusi Log Pearson Tipe III

$S_{\log x}$ = Standar deviasi logaritmik nilai X hasil pengamatan

3.7. Pola Distribusi Jam-jaman

Distribusi hujan jam-jaman merupakan pembagian intensitas hujan berdasarkan pola hujan suatu daerah. Dalam penelitian ini digunakan pola hujan Kota Manado, Minahasa dan sekitarnya yang terjadi dalam waktu 8-10 jam (Sumarauw,2017).

3.8. Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana merupakan debit maksimum pada suatu sungai yang terjadi dalam periode ulang tertentu. Beberapa data yang diperlukan untuk menghitung debit banjir rencana antara lain data curah hujan, luas wilayah tangkapan air, dan informasi tentang tutupan lahan.

3.9. Hidrograf Satuan Sintesis

Untuk menghitung hidrograf satuan, dibutuhkan data debit yang terukur dan data hujan yang cukup guna memodelkan hidrograf satuan dari suatu DAS. Namun, dalam praktiknya, penerapan hidrograf satuan masih terbatas pada DAS yang relatif kecil dan kurang efektif untuk daerah yang memiliki data hujan dan debit yang tidak lengkap.

3.10. Kalibrasi Model

Kalibrasi adalah suatu proses dimana nilai dari hasil perhitungan dibandingkan dengan nilai hasil observasi lapangan. Kalibrasi parameter HSS-SCS perlu dilakukan untuk mendapatkan nilai parameter HSS-SCS teroptimasi dengan membandingkan hasil simulasi HEC-HMS dengan debit terukur.

3.11. Simulasi Banjir dengan Program Komputer HEC-HMS

Simulasi debit banjir dengan menggunakan program komputer HEC-HMS akan menggunakan metode HSS *Soil Conservation Services*, dan untuk kehilangan air dengan SCS *Curve Number (CN)*, untuk aliran dasar (*baseflow*) akan menggunakan metode *recession*.

3.12. Analisis Tinggi Muka Air

Analisis tinggi muka air akan menggunakan program komputer HEC-RAS, pada program komputer ini data yang akan digunakan yaitu penampang saluran, karakteristik saluran untuk nilai koefisien *n manning*, dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng (*steady flow*).

3.13 Genangan Banjir

Menurut Direktorat Jenderal Cipta Karya (2012), daerah genangan merupakan kawasan yang tergenang air akibat tidak berfungsinya sistem drainase sehingga dapat mengganggu atau merugikan aktivitas masyarakat. Genangan banjir dapat terjadi apabila kapasitas saluran tidak mampu menampung debit aliran yang masuk, baik akibat curah hujan yang tinggi, penyempitan saluran, pendangkalan, maupun hambatan aliran pada sistem drainase.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Analisis Daerah Aliran Sungai (DAS)

Luas Daerah Aliran Sungai (DAS) Tikala dihitung menggunakan software ArcMap berdasarkan data DEMNAS yang bersumber dari Indonesia Geospasial Portal. Hasil analisis menunjukkan luas DAS Tikala titik kontrol Jembatan Gantung Tikala Ares sebesar 94,414 km².



Gambar 3. DAS Tikala

4.2 Data Curah Hujan

Analisis curah hujan DAS Tikala menggunakan data curah hujan harian maksimum periode 2009–2023 dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I. Berdasarkan metode Poligon Thiessen, terdapat tiga pos hujan yang memengaruhi DAS Tikala, yaitu Pos Hujan Tikala-Sawangan, Tikala-Kaleosan, dan Tikala-Rumengkor. Khusus tahun 2015, analisis hanya menggunakan dua pos hujan, yaitu Tikala-Sawangan dan Tikala-Kaleosan.

Tabel 1. Data Curah Hujan Harian Maksimum

No	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)		
		Stasiun Tikala - Sawangan	Stasiun Tikala - Kaleosan	Stasiun Tikala - Rumengkor
1	2009	100,3	50,3	118,4
2	2010	123	175,5	104,5
3	2011	120,3	57	87,8
4	2012	110	90,2	111,5
5	2013	180,4	80,6	146,6
6	2014	170,7	177	183
7	2015	90	105	0
8	2016	90,7	478	76,2
9	2017	180	149	96
10	2018	76	103,5	78
11	2019	130	128,4	34
12	2020	121	143	72
13	2021	175	149,5	113,5
14	2022	165	87,3	76
15	2023	150	85	73

(Sumber Balai Wilayah Sungai Sulawesi I)

Tabel 2. Data Curah Hujan Rerata

No	Tahun	Hujan Rerata DAS (mm)
1	2009	98,78
2	2010	124,81
3	2011	94,59
4	2012	106,97
5	2013	147,35
6	2014	177,15
7	2015	98,68
8	2016	156,43
9	2017	138,18
10	2018	81,97
11	2019	88,50
12	2020	104,05
13	2021	143,86
14	2022	112,36
15	2023	104,87

4.3 Analisis Data Outlier

Berdasarkan hasil perhitungan, di dapat nilai batas tertinggi 192,91 mm dan batas terendah 69,37 mm. Maka, tidak ada data yang terkoreksi outlier tinggi dan outlier rendah.

4.4 Penentuan Tipe Distribusi Hujan

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

Tabel 3. Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik		Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	$Cs \approx 0$		0,717	Tidak Memenuhi
	$Ck \approx 3$		3,112	Memenuhi
Log Normal	$Cs \approx Cv^3 + 3Cv$	0,717	0,720	Memenuhi
	$Ck \approx Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$	3,112	3,936	Tidak Memenuhi
Gumbel	$Cs \approx 1,14$		0,717	Tidak Memenuhi
	$Ck \approx 5,40$		3,112	
Log-Pearson III	Bila tiga tipe sebaran diatas tidak memenuhi maka digunakan tipe sebaran Log-Pearson III		-	Memenuhi

Hasil penentuan tipe sebaran menunjukkan tidak ada parameter statistik dari data pengamatan yang memenuhi syarat untuk Tipe Distribusi Normal, Distribusi Log-Normal dan Distribusi *Gumbel* maka akan digunakan Tipe Distribusi *Log-Pearson III*.

4.5 Curah Hujan Rencana

Perhitungan curah hujan rencana menggunakan distribusi Log Pearson Tipe III didasarkan pada beberapa parameter, yaitu $\overline{\text{Log}X}$, $S_{\log}$, $K_{TR,CS}$, koefisien kemencengan ($Cs_{\log}$), faktor frekuensi (K), dan curah hujan rencana (X_{TR}). Tahap awal perhitungan dilakukan dengan menentukan parameter statistik, yang menghasilkan nilai $Cs_{\log}$ sebesar 0,3961 sehingga menunjukkan kemencengan positif. Selanjutnya, nilai faktor frekuensi (K) untuk setiap kala ulang diperoleh melalui interpolasi pada tabel faktor frekuensi Log Pearson Tipe III berdasarkan nilai $Cs_{\log}$ yang telah dihitung.

Tabel 4. Interpolasi Nilai $K_{TR,CS}$ setiap Kala Ulang

Cs_{log}	Kala Ulang (Tahun)				
	5	10	25	50	100
	Peluang				
	0,20	0,10	0,04	0,02	0,01
0,400	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,396	0,816	1,317	1,879	2,259	2,612
0,300	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544

Berikut perhitungan hujan rencana untuk kala ulang 5 Tahun:

$$\log X_T = \log \bar{X} + K_{TR,CS} \cdot S_{log} = 2,063 + 0,0988 \times 0,816 = 2,144$$

$$X_5 = 139,295 \text{ mm}$$

Tabel 5. Curah Hujan Rencana berbagai Kala Ulang

Kala Ulang (Tahun)	Hujan Rencana (Log)	Hujan Rencana (mm)
5	2,144	139,295
10	2,193	156,097
25	2,249	177,400
50	2,287	193,436
100	2,321	209,627

4.6 Pola Distribusi Hujan Jam-jaman

Tabel 6. Pola Distribusi Hujan Kota Manado, Minahasa Utara dan Minahasa
(Sumarauw Jeffry, 2017)

Jam Ke-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
% Distribusi Hujan	50,83%	25,17%	8,64%	4,93%	2,93%	1,35%	2,43%	1,24%	1,24%	1,24%
% Distribusi Hujan Kumulatif	50,83%	76,00%	84,64%	89,57%	92,50%	93,85%	96,28%	97,52%	98,76%	100%

Perhitungan dilakukan dengan mengalikan besar hujan tiap kala ulang dari tabel 5 ke tiap persentasi hujan. Hasil perhitungan untuk tiap kala ulang adalah sebagai berikut.

Tabel 7. Distribusi Hujan Rencana Tiap Kala Ulang

Jam Ke-	Hujan	Hujan Rencana Jam-jaman (mm)				
		Kala Ulang 5 Tahun	Kala Ulang 10 Tahun	Kala Ulang 25 Tahun	Kala Ulang 50 Tahun	Kala Ulang 100 Tahun
1	50,83%	70,804	79,344	90,172	98,324	106,553
2	25,17%	35,061	39,290	44,652	48,688	52,763
3	8,64%	12,035	13,487	15,327	16,713	18,112
4	4,93%	6,867	7,696	8,746	9,536	10,335
5	2,93%	4,081	4,574	5,198	5,668	6,142
6	1,35%	1,880	2,107	2,395	2,611	2,830
7	2,43%	3,385	3,793	4,311	4,701	5,094
8	1,24%	1,727	1,936	2,200	2,399	2,599
9	1,24%	1,727	1,936	2,200	2,399	2,599
10	1,24%	1,727	1,936	2,200	2,399	2,599
Jumlah		139,295	156,097	177,400	193,436	209,627

4.7 Perhitungan Nilai SCS Curve Number

Nilai CN rata-rata untuk DAS Tikala didapat dengan menjumlahkan hasil kali antara nilai CN tiap tutup lahan dengan persentase luas lahan terhadap luas total.

Tabel 8. Perhitungan Nilai *CN* Rata-rata DAS Roong

Jenis Tutupan Lahan	Luas (Km ²)	Persentase	CN Tiap Lahan	CN
Belukar	6,68	7,08%	78	5,522
Hutan lahan Kering Sekunder	1,76	1,87%	71	1,327
Pemukiman	8,16	8,64%	91	7,863
Pertanian Lahan Kering	8,76	9,27%	84	7,790
Pertanian Lahan Kering Campur	68,72	72,79%	82	59,687
Tanah Terbuka	0,33	0,35%	91	0,317
Total	94,41	100%	-	82,5

Nilai *CN* rata-rata untuk DAS Bailang adalah 82,5.

4.8 Analisis Debit Banjir

Pemodelan hujan aliran pada program komputer *HEC-HMS* akan menggunakan metode *HSS Soil Conservation Services*, dan untuk kehilangan air dengan *SCS Curve Number*. Untuk aliran dasar (*baseflow*) akan menggunakan metode *recession*. Perhitungan asumsi *lag time* (T_l) awal dari DAS Bailang dengan data parameter DAS sebagai berikut:

L (Panjang sungai terpanjang) = 21,68 km

S (Kemiringan rata-rata sungai) = 0,051

CN (*Curve Number*) = 82,5

T_c (*Time of Concentration*) = 4,604 Jam

Perhitungan dilakukan sebagai berikut:

$T_l = 0,6 \times T_c = 0,6 \times 4,604 = 2,762$ Jam

$T_l = 2,762$ Jam = 165,73 Menit

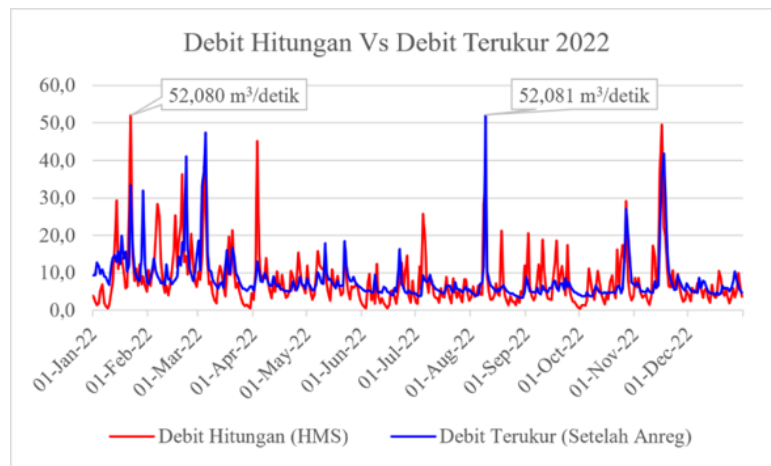
Perhitungan debit Sungai Tikala dilakukan menggunakan metode analisis regional. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh debit rata-rata Sungai Tikala pada tahun 2022 sebesar 8,27 m³/det, yang kemudian digunakan sebagai nilai *initial discharge* dalam pemodelan menggunakan *HEC-HMS*.

4.9 Parameter Hasil Kalibrasi

Pada kondisi awal, debit puncak hasil simulasi sebesar 73,100 m³/s, sedangkan debit terukur sebesar 52,081 m³/s. Kalibrasi dilakukan dengan metode *trial and error* hingga diperoleh debit puncak simulasi sebesar 52,080 m³/s yang mendekati debit terukur. Selisih yang sangat kecil menunjukkan bahwa parameter kalibrasi dianggap telah memenuhi ketentuan, sehingga parameter tersebut digunakan dalam simulasi debit banjir rencana menggunakan *HEC-HMS*.

Tabel 9. Parameter-parameter Hasil Kalibrasi

Parameter-Parameter Kalibrasi	
CN (<i>Curve Number</i>)	63
<i>Recession Constant</i>	0,6
<i>Ratio to Peak</i>	0,2
<i>Initial Discharge</i>	8,277
<i>Lag Time</i>	166 menit



Gambar 4. Grafik Debit Hitungan dan Debit Terukur

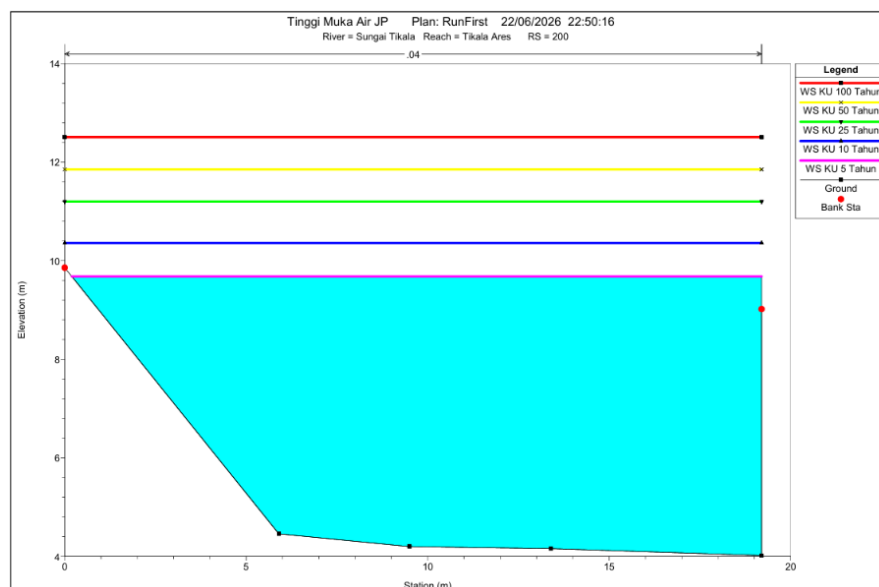
Setelah kalibrasi, semua parameter hasil kalibrasi akan digunakan sebagai parameter untuk perhitungan debit puncak banjir. Hasil perhitungan debit puncak banjir menggunakan program komputer *HEC-HMS* adalah sebagai berikut:

Tabel 10. Debit Banjir untuk Setiap Kala Ulang

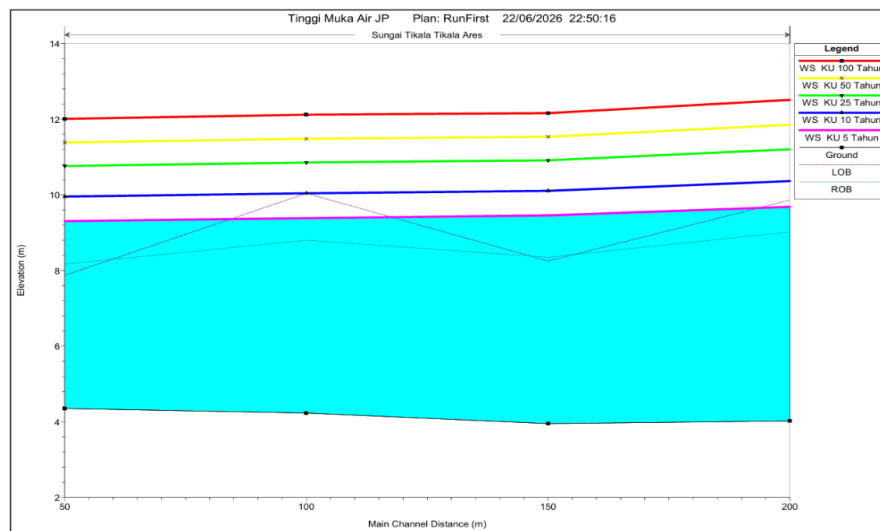
Debit Puncak setiap Kala Ulang	
Kala Ulang (Tahun)	Debit (m ³ /detik)
5	196,3
10	244,3
25	308,7
50	361,7
100	417,9

4.10 Hasil Simulasi Tinggi Muka Air dengan Program Komputer HEC-RAS

Analisis hidraulika menggunakan program komputer HEC-RAS dilakukan dengan memanfaatkan data debit puncak hasil pemodelan HEC-HMS, data penampang sungai, serta nilai koefisien Manning sebagai parameter kekasaran aliran. Berdasarkan hasil simulasi, debit banjir pada setiap kala ulang. Menyebabkan terjadinya luapan aliran pada seluruh penampang pengamatan, yaitu mulai STA 0+050 hingga STA 0+200.



Gambar 5. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Melintang STA 0+50 m



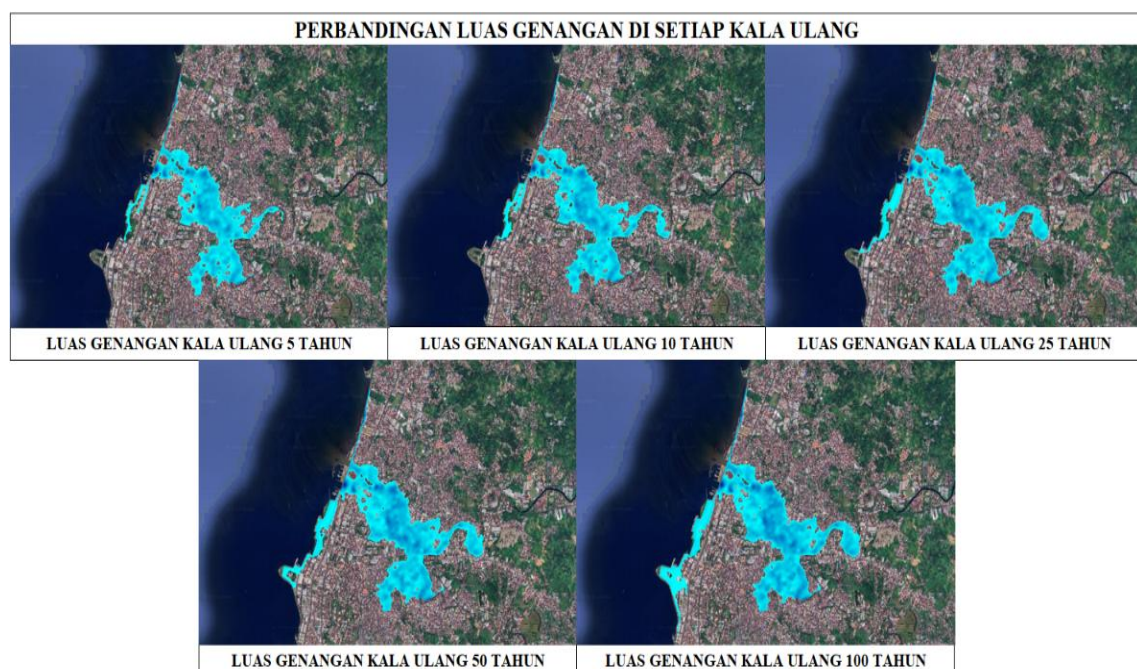
Gambar 6. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Tikala

4.11 Analisis Luas Genangan

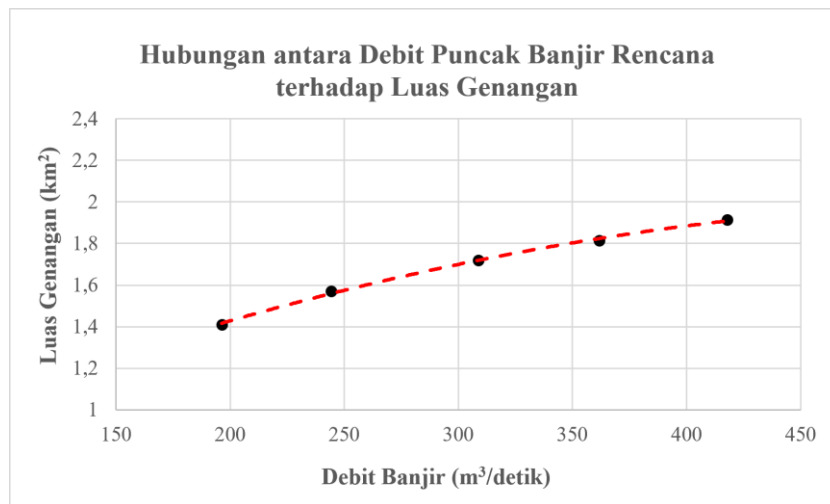
Berdasarkan hasil simulasi menggunakan model HEC-RAS, diperoleh luas genangan banjir untuk beberapa periode kala ulang. Perhitungan dilakukan untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun guna mengetahui luas genangan yang terjadi akibat peningkatan debit banjir. Luas genangan yang dihasilkan dari pemodelan tersebut disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Parameter-parameter Hasil Kalibrasi

Luas Area Genangan	
Kala Ulang	Luas (Km ²)
5 Tahun	1,411
10 Tahun	1,571
25 Tahun	1,719
50 Tahun	1,815
100 Tahun	1,914



Gambar 7. Perbandingan Luas Genangan Pada Setiap Kala Ulang



Gambar 8. Grafik Hubungan antara Debit Banjir dan Luas Genangan

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Pemodelan HEC-HMS menghasilkan debit banjir rencana sebesar 196,3 m^3/det pada kala ulang 5 tahun dan 417,9 m^3/det pada kala ulang 100 tahun. Selanjutnya, pemodelan genangan dua dimensi (2D) menunjukkan luas genangan sebesar 1,411 km^2 pada kala ulang 5 tahun dan meningkat menjadi 1,914 km^2 pada kala ulang 100 tahun. Grafik hubungan debit puncak banjir rencana dan luas genangan menunjukkan bahwa luas genangan meningkat seiring bertambahnya debit puncak pada setiap kala ulang. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan debit banjir menyebabkan semakin luas area yang terdampak genangan di sekitar lokasi penelitian.

5.2 Saran

Penanganan banjir di Sungai Tikala perlu difokuskan pada normalisasi sungai melalui pengerukan sedimen untuk meningkatkan kapasitas penampang aliran, mengingat keterbatasan ruang akibat permukiman di bantaran sungai. Selain itu, pembersihan sampah dan vegetasi liar pada bantaran sungai perlu dilakukan secara berkala untuk menjaga kelancaran aliran dan mengurangi potensi luapan banjir.

Referensi

- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*. New York: McGraw-Hill.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya. (2012). *Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan*. Kementerian Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman.
- Djuwansah, M. R., & Narulita, I. (2011). Aplikasi sistem informasi geografi untuk menduga kuantitas komponen sumberdaya air bulanan secara spasial dengan metoda CN-NRCS, tegangan airtanah dan konduktivitas hidraulik di Hulu DAS Citarum. *Riset Geologi dan Pertambangan*, 21(2), 89–103.
- Hendratta, L. A., Monica, L., & Mangangka, I. R. (2023). Non-Metalic Material Sand, Gravel and Stone on Ongkag River: Method of Mining. *SSRG International Journal of Civil Engineering*, 10(5), 7–20.
- Palit, I. E. G., Sumarauw, J. S. F., dan Tangkudung, H. 2022. Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Tikala di Titik Jembatan Gantung Kelurahan Tikala Ares Kecamatan Tikala. *TEKNO*, Vol. 20, No. 82, hal. 775-785.
- Soemarto, C. D. (1999). *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Sumarauw, J. S. F. (2017). Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman Daerah Manado, Minahasa Utara dan Minahasa. *Jurnal Sipil Statik*, 5(10), 669–678.
- Sumarauw, J. S. F. (2023a). *Analisis Frekwensi Hujan*. Bahan Ajar Mahasiswa. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Sumarauw, J. S. F. (2023b). *HUJAN*. Bahan Ajar Mahasiswa. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Sumarauw, J. S. F. (2023c). *PENGUJIAN DATA HIDROLOGI*. Bahan Ajar Mahasiswa. Universitas Sam Ratulangi. Manado.

- Sumarauw, J. S. F., & Ohgushi, K. (2012). Analysis on curve number, land use and land cover changes and the impact to the peak flow in the Jobaru River Basin, Japan. *International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS*, 12(2), 17–23.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.