Available online https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/tekno

T E K N O

Volume 24, No. 96, Tahun 2026 p-ISSN: 0215-9617

Analisis Debit Banjir Dan Luas Genangan Sungai Tingkulu Di Sekitar Gereja GKI Ekklesia Kelurahan Paal IV Kota Manado

Zheeva Tulandi[#a], Jeffry S. F. Sumarauw[#b], Liany A. Hendratta[#c]

[#]*Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia*
[a]zheevatulandi021@student.unsrat.ac.id, [b]jeffrysumarauw@unsrat.ac.id, [c]lianyhendratta@unsrat.ac.id

Abstrak

Sungai Tingkulu merupakan salah satu sungai yang berada di kelurahan Paal IV kota Manado, tepatnya berada dekat dengan gereja Gkii Ekklesia Manado dengan jarak ke arah titik kontrol 82,5 m. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis besaran debit rencana dan memodelkan pola genangan air pada berbagai periode kala ulang. Metode yang digunakan bersifat deskriptif kuantitatif dengan pemodelan (*HEC-HMS,* metode *SCS Curve Number*) dan hidraulika (*HEC-RAS*). Data primer didapatkan dari pengukuran penampang sungai; data sekunder curah hujan harian maksimum dari Balau Wilayah Sungai Sulawesi I. Hasil analisis frekuensi dengan distribusi *Loge-Pearson Tipe III* menghasilkan hujan rencanan 136,351 – 201,294 mm. Debit puncak berkisar 277,8-483,8 m^3/s; tinggi muka air dan luas genangan meningkatkan seiring kala ulang dari 0,730 km^2 (5 tahun) menjadi 0,957 km^2(100 tahun). Pada temuan ini menunjukan bahwa pada hubungan positif antara peningkatan debit dan luas genangan yang sering mengancam infrakstruktur dan masyarakat sekitar. Direkomendasikan perencanaan mitigasi struktural berbasis data untuk mengurangi dampak sosial-ekonomi.

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

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Sungai merupakan sumber daya air yang berperan penting dalam memenuhi kebutuhan masyarakat serta menjaga keseimbangan ekosistem. Namun, perubahan tata guna lahan dan aktivitas manusia di sekitar sungai dapat menurunkan kapasitas aliran sehingga meningkatkan potensi terjadinya banjir, yaitu kondisi ketika debit aliran melebihi kapasitas sungai dan meluap ke wilayah sekitarnya.

Sungai Tingkulu memiliki peran penting sebagai saluran drainase tangkapan air pada bagian hulu sungai. Namun, seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk dan pembangunan infrakstruktur di sekitar daerah aliran sungai (DAS), kapasitas sungai dalam menampung debit air semakin berkurang. Banjir terjadi saat debit air melebihi kapasitas sungai, sehingga air meluap keluar.

1.2. Rumusan Masalah

Tingginnya intesitas curah hujan menyebabkan melupnya air dan mengenangi permukiman warga yang berada di sekitaran lokasi yang ditinjau. Oleh karena itu diperlukan peninjauan dalam berbagai kala ulang terhadap debit banjir dan pola genangan di Sungai Tikala

1.3 Batasan Penelitian

1. Titik mulai peninjauan berada pada jembatan yang berjarak 82,5 m dari gereja GKI Eklesia

Manado, dengan jarak tinjauan 200 meter ke arah hilir
2. Analisis hidrologi menggunakan data curah hujan harian maksimum.
3. Analisis menggunakan program komputer HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System) untuk analisis hidrologi, dan HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System) untuk analisis hidrolika.
4. Kala ulang rencana dibatasi pada 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menjadi sumbet informasi dan bahan pertimbangan bagi instansi terkait dalam upaya penanggulangan banjir di Sungai Tingkulu. Melalui penyediaan data dan analisis mengenai debit banjir serta luas genangan. Sehingga dapat mendukung perencanaan pengendalian banjir dan pengurangan resiko dampak banjir di kawasan pemukiman sekitar sungai.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi serta tinjauan bagi instansi yang berwenang dalam upaya penanggulangan banjir di Sungai Tingkulu kelurahan Paal IV Kota Manado.

1.6 Lokasi Penelitian

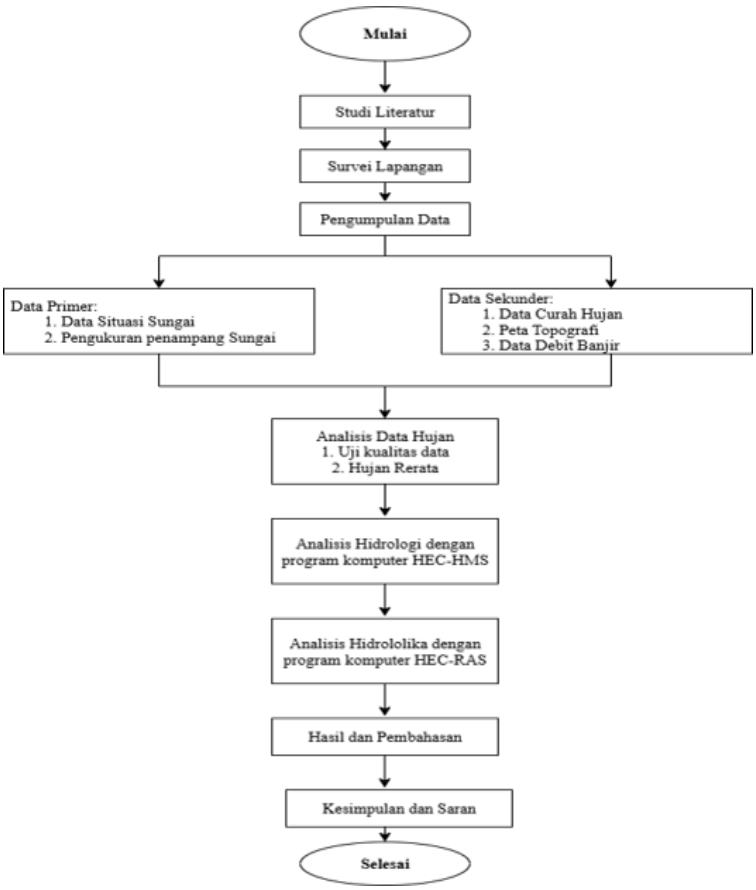
Lokasi penelitian terletak pada Kelurahan Paal IV kecamatan Tikala kota Manado. Titik kontrol berada 82,5 mr dari gereja GKI Ekklesia Manado.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (*Google Earth*)

2. Tahap Penelitian

Tahap 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 perputaran air yang berlangsung secara terus-menerus dari laut menuju atmosfer, kemudian jatuh ke permukaan bumi, dan akhirnya kembali mengalir ke laut (Triatmodjo, 2008).

3.2. Daerah Aliran Sungai

DAS adalah suatu wilayah daratan yang satu kesatuan dengan sungai dan anak sungainya, yang berfungsi menampung,menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke dan atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

3.3. Analisis Curah Hujan Rencana

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

3.4. Analisis Outlier

Data *outlier* adalah data yang secara statistik menyimpang jauh dari kumpulan datanya (Sumarauw, 2023). Ada kemungkinan kesalahan yang di kandung dari data hidrologi yang didapatkan dari stasiun pengamat sehingga dapat berpengaruh dalam analisis hidrologi. Uji *outlier* dilakukan untuk mengoreksi data sehingga baik untuk digunakan pada analisis

selanjutnya.
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:

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

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

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

- *Outlier* tinggi: $\text{Log } X_h = \overline{\log x} + Kn\,.\,S_{log}$ (4)
- *Outlier* rendah : $\text{Log } X_l = \overline{\log x} - Kn\,.\,S_{log}$ (5)

Dengan :
Cslog = Koefisien kemencengan dalam log
S_{log} = Simpangan baku.
$\overline{\log x}$ = Nilai rata – rata.
Kn = Nilai K (diambil dari *outlier test K value*) tergantung dari jumlah data yang dianalisis.
$\text{Log } X_h$ = *Outlier* tinggi.
$\text{Log } X_l$ = *Outlier* rendah.
n = Jumlah data.
Nilai Kn dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar Nilai Kn

n	K_n	n	K_n	n	K_n	n	K_n	N	K_n
10	2,036	21	2,408	32	2,591	43	2,710	70	2,893
11	2,088	22	2,429	33	2,604	44	2,719	75	2,917
12	2,134	23	2,448	34	2,616	45	2,727	80	2,940
13	2,175	24	2,467	35	2,628	46	2,736	85	2,961
14	2,213	25	2,486	36	2,639	47	2,744	90	2,981
15	2,247	26	2,502	37	2,650	48	2,753	95	3,000
16	2,279	27	2,519	38	2,661	49	2,760	100	3,017
17	2,309	28	2,534	39	2,671	50	2,768	110	3,049
18	2,335	29	2,549	40	2,682	55	2,804	120	3,078
19	2,361	30	2,563	41	2,692	60	2,837	130	3,104
20	2,385	31	2,577	42	2,700	65	2,866	140	3,129

3.5. Paramter 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 sekempulan data :

$$\bar{X} = \frac{1}{n}\Sigma_{i=1}^{n} x_i \quad (6)$$

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.

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \Sigma(x - \bar{x})^2} \quad (7)$$

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.

$$c_s = \frac{n \cdot \sum(x-\bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \quad (8)$$

Dengan :
Cs = Koefisien Kemencengan.
S = Standar deviasi.
$\bar{X}$ = Nilai rata – rata
n = Jumlah data.
X_i = Nilai varian.

d) Kofisien 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).

$$Cv = \frac{S}{\bar{x}} \quad (9)$$

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.

$$c_k = \frac{n^2 \cdot \sum(x-\bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3).s^4} \quad (10)$$

Dengan:
Ck = 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 (XT) akan disamai atau dilampaui satu kali dalam jangka waktu tertentu (Triatmodjo, 2008). Parameter – parameter yang digunakan sebagai langkah awal

penentuan tipe distribusi adalah Cs, Cv, Ck. Tipe distribusi peluang yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Tipe distribusi Normal
   Cs ≈ 0 ; Ck ≈ 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 ≈ 1,139; Ck ≈ 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*:

$$Log\ X = \overline{log\ X} + K_{TR,Cs} . S_{logx} \quad (11)$$

Dengan:
$\log X$ = Nilai varian X yang diharapkan terjadi pada peluang atau periode ulang tertentu
$\overline{log\ X}$ = Rata – rata nilai X hasil pengamatan.
$K_{TR,Cs}$ = Karaktersitik dari distribusi *Log Pearson* Tipe III
S_{logx} = 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 simulai 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 digunakkan yaitu penampang saluran, karakteristik saluran untuk

nilai koefisien *n manning*, dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng (*steady flow*).

3.13 Genangan Banjir

Banjir berasal dari aliran limpasan yang mengalir melalui sungai atau menjadi genangan. Sedangkan limpasan adalah aliran air mengalir pada permukaan tanah yang ditimbulkan oleh curah hujan setelah air mengalami infiltrasi dan evaporasi, selanjutnya mengalir menuju ke sungai (Hadisusanto, 2010).

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Analisis Daerah Aliran Sungai (DAS)

Untuk mengetahui luas DAS Bailang dilakukan analisis daerah aliran sungai. Perhitungan luas Das dilakukan dengan bantuan *Software* Arcmap 10.8 dan menggunakan data DEM dari *website https://tanahair,indonesia,go,id/portal-web*/, sehingga diperoleh luas DAS Sungai Tikala sebesar 89.22 km^2.

4.2 Data Curah Hujan

Analisis curah hujan di DAS Tikala dilakukan dengan menggunakan data curah hujan maksimum yang didapat dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1 dengan periode pencacatan tahun 2008 sampai dengan tahun 2024. Analisis pos hujan yang berpengaruh di DAS dilakukan dengan menggunakan Poligon *Thiessen*. Hasil analisis Poligon *Thiessen* didapatkan bahwa pos hujan yang berpengaruh di DAS Tikala sebanyak 3 pos hujan yaitu Pos Hujan Tikala-Rumengkor, Pos Hujan Tikala-Koloesan, dan Pos Hujan Tikala-Sawangan.

4.3 Analisis Data Outlier

Analisis data *outlier* menunjukkan bahwa pada Pos Hujan Tikala-Rumengkor diperoleh batas *outlier* tertinggi sebesar 196 mm dan batas *outlier* terendah sebesar 44,6 mm, pada Pos Hujan Tikala-Kaleosan diperoleh batas *outlier* tertinggi sebesar 417,2 mm dan batas *outlier* terendah sebesar 33,6 mm, pada Pos Hujan Tikala-Sawangan diperoleh batas *outlier* tertinggi sebesar 234 mm dan batas *outlier* terendah sebesar 69 mm. Ada beberapa data yang melebihi batas *outlier* tinggi dan renda telah dikoreksi sehingga data memenuhi kriteria untuk analisis selanjutnya.

Tabel 2. Data Curah Hujan Harian Maksimum
(Sumber Balai Wilayah Sungai Sulawesi I)

No	Tahun	Pos Hujan Tikala-Rumengkor	Pos Hujan Tikala-Koloesan	Pos hujan tikala - sawangan
1	2008	82.1	70	130.8
2	2009	118.4	50.3	100.3
3	2010	104.5	175.5	123
4	2011	87.8	57	120.3
5	2012	111.5	90.2	110
6	2013	146.6	80.6	180.4
7	2014	183	177	170.7
8	2015	108.5	105	90
9	2016	76.2	417.26	90.7
10	2017	96	149	180
11	2018	78	103.5	76
12	2019	44.6	96	130
13	2020	72	143	121
14	2021	113.5	149.5	175
15	2022	76	87.3	165
16	2023	73	85	150
17	2024	98	235	120

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 3.

Tabel 3. Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	Cs ≈ 0 Ck ≈ 3	0,754 3,405	Tidak Memenuhi
Log Normal	Cs ≈ $Cv^3 + 3.Cv = 0,6892$ Ck ≈ $Cv^8 + Cv^6 + 25Cv^4 + 16Cv^2 + 3 = 3,856$	0,754 3,405	Tidak Memenuhi
Gumbell	Cs ≈ 1,14 Ck ≈ 5,40	0,754 3,405	Tidak Memenuhi
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 distribusi normal, log normal, dan distribusi *Gumbel* maka akan digunakan distribusi *Log Pearson III*.

4.5 Curah Hujan Rencana

Parameter yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana dengan tipe sebaran *Log Pearson III* ialah S_{logx}, $K_{TR,CS}$, dan $\overline{log\ X}$. Nilai Cs_{log} juga diperlukan untuk mencari nilai K. Perhitungan dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung parameter statistik yang kemudian didapat untuk nilai Cs_{log} : 0,384 (kemencengan positif). Nilai K untuk tiap kala ulang diperoleh dengan interpolasi pada tabel K_T untuk koefisien kemencengan negatif yang ditentukan dengan nilai Cs_{log}.

Tabel 4. Nilai Cs_{log} terhadap Kala Ulang

Return Period In Years / Kala Ulang (Tahun)					
Cslog	Periode Ulang Dalam Tahun				
	5	10	25	50	100
0.4	0.816	1.317	1.88	2.261	2.615
0.384	0.8173	1.3157	1.8751	2.2531	2.6038
0.3	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544

Berikut perhitungan hujan kala ulang 5 Tahun:

$$\log X_{TR} = \bar{Y} + K.S_{log_X} = 2.05 + (0,095 \times 0,817)$$

$$= 2,13$$

$$X_{TR} = 10^{2,12} = 136,35$$

Hasil perhitungan untuk kala ulang lainnya terdapat pada Tabel 4.

Tabel 5. Nilai Curah Hujan Rencana

Kala Ulang	Curah Hujan (mm)
5 Tahun	136.35
10 Tahun	152.01
25 Tahun	171.72
50 Tahun	186.48
100 Tahun	201.29

4.6 Pola Distribusi hujan Jam-jaman

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

Jam Ke-	1	2	3	4	5	6	7	8-10
% Distribusi Hujan	50.83	25.17	8.64	4.93	2.93	1.35	2.43	1.24

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	% Hujan	Hujan Rencana Jam-jaman (mm)				
		5	10	25	50	100
1	50,83	69.31	77.26	87.29	94.79	102.32
2	25,17	34.32	38.26	43.22	46.94	50.67
3	8,64	11.78	13.13	14.84	16.11	17.39
4	4,93	6.72	7.49	8.47	9.19	9.92
5	2,93	4.00	4.45	5.03	5.46	5.90
6	1,35	1.84	2.05	2.32	2.52	2.72
7	2,43	3.31	3.69	4.17	4.53	4.89
8	1,24	1.69	1.88	2.13	2.31	2.50
9	1,24	1.69	1.88	2.13	2.31	2.50
10	1,24	1.69	1.88	2.13	2.31	2.50
Total (mm)		**136.35**	**152.01**	**171.72**	**186.48**	**201.29**

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. Nilai CN rata-rata untuk DAS Bailang adalah 86,63

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

Jenis Tutupan Lahan	Luas	Presentase	CN Tiap Lahan	CN
HUTAN	8.165667	9.17177	77	7.062264
TANAH YANG DI OLAH DAN DITANAMI	70.358169	79.02711	88	69.54385
PEMUKIMAN DAN TEMPAT KEGIATAN	4.958451	5.56939	90	5.01245
JALAN	0.012983	0.01458	98	0.014292
AIR	0.557903	0.62664	100	0.626644
TEMPAT TERBUKA	0.730863	0.82091	74	0.607476
SEMAK BELUKAR	4.246388	4.76959	79	3.767977
TOTAL	**89.0304241**	**100**	**-**	**86.63496**

Nilai *Curve Number (CN)* rata-rata DAS Sungai Tikala di titik dekat gereja Gkii Ekklesia, Kota manado, diperoleh dari hasil penjumlahan perkalian nilai *CN* masing-masing jenis tutupan lahan dengan proposi luasnya terhadap luas total DAS. Berdasarkan perhitungan tersebut, diperoleh nilai *CN* rata-rata sebesar 86,63.

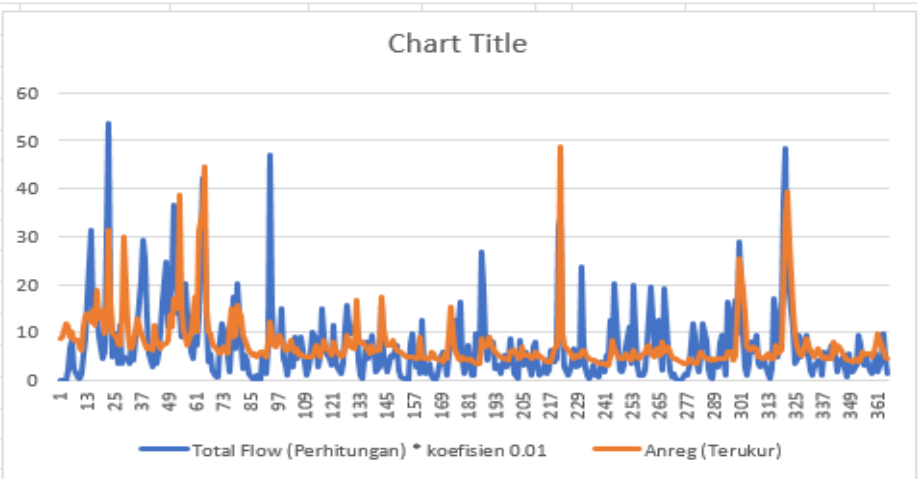
4.8 Parameter Hasil Kalibrasi

Parameter model dioptimasikan dengan menggunakan program komputer *HEC-HMS*

karena hasil kalibrasi awal menghasilkan debit puncak sebesar 53,73 m^3/s, yang lebih besar dari dibandingkan debit terukur sebesar 48,9 m^3/s. Optimasi dilakukan dengan metode *trial and eror* terhadap parameter model hingga diperoleh debit hasil simulasi yang memenuhi kriteria kalibrasi. Parameter hasil optimasi disajikan pada table 8 dan selanutnya digunakan dalam simulasi debit banjir rencana menggunakan *HEC-HMS*

Tabel 9. Parameter-parameter Hasil Kalibrasi

CN	86.63
Recesiont Constant	0.3
Ratio To Peak	0.3
Initian Discharge	6.5
Lag Time	163.150



Gambar 3. Grafik Debit Hasil Observasi dan Debit Terukur

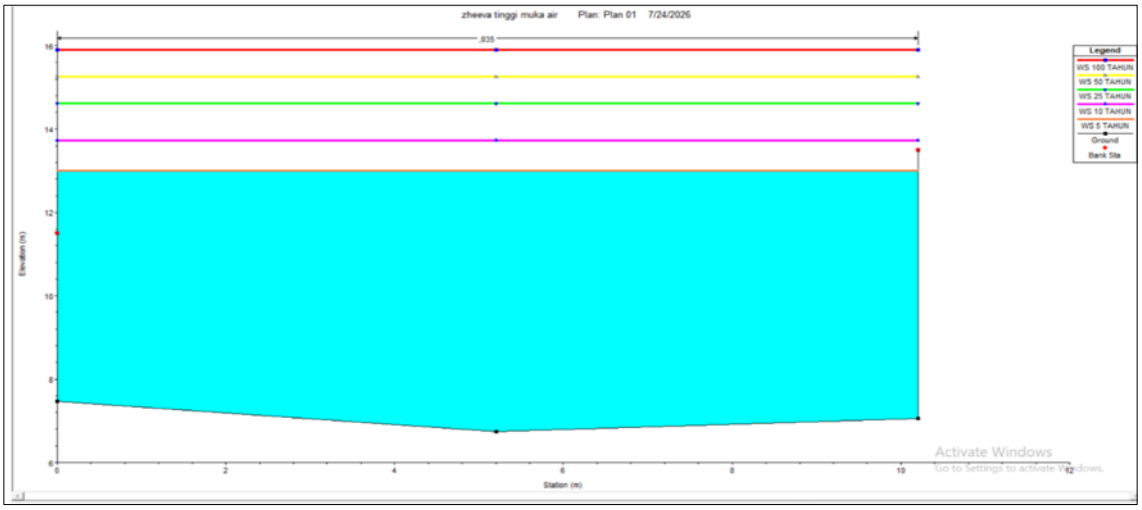
Setelah kalibrasi, semua parameter terkalibrasi akan digunakan sebagai parameter pada komponen sub-DAS untuk perhitungan debit banjir. Hasil perhitungan debit banjir menggunakan program komputer *HEC-HMS* adalah sebagai berikut:

Tabel 10. Parameter-parameter Hasil Kalibrasi

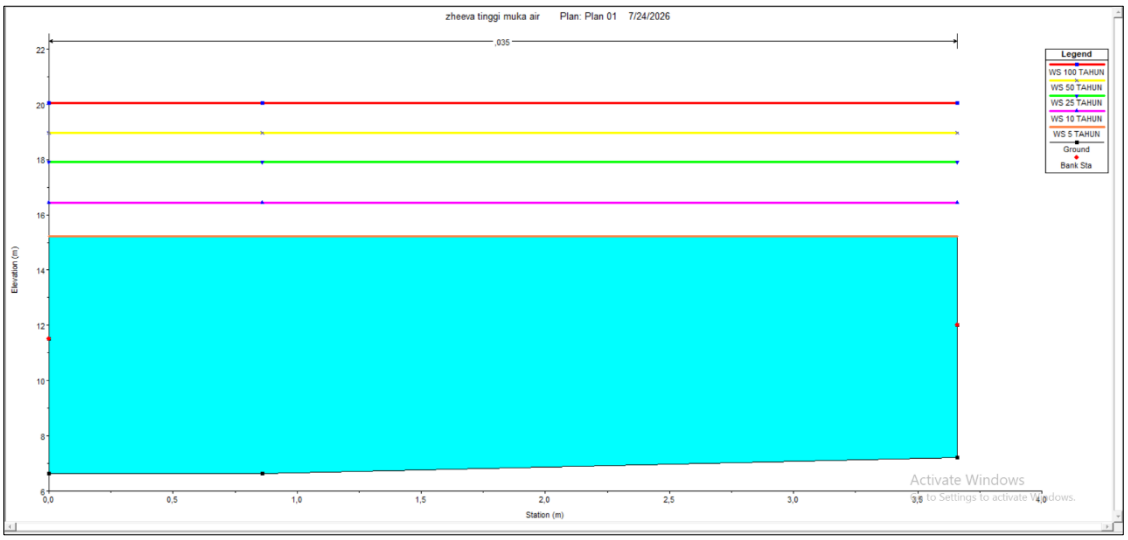
Kala Ulang	Debit (m^3/det)
5 Tahun	277.8
10 Tahun	339.6
25 Tahun	421
50 Tahun	483.8
100 Tahun	549.1

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

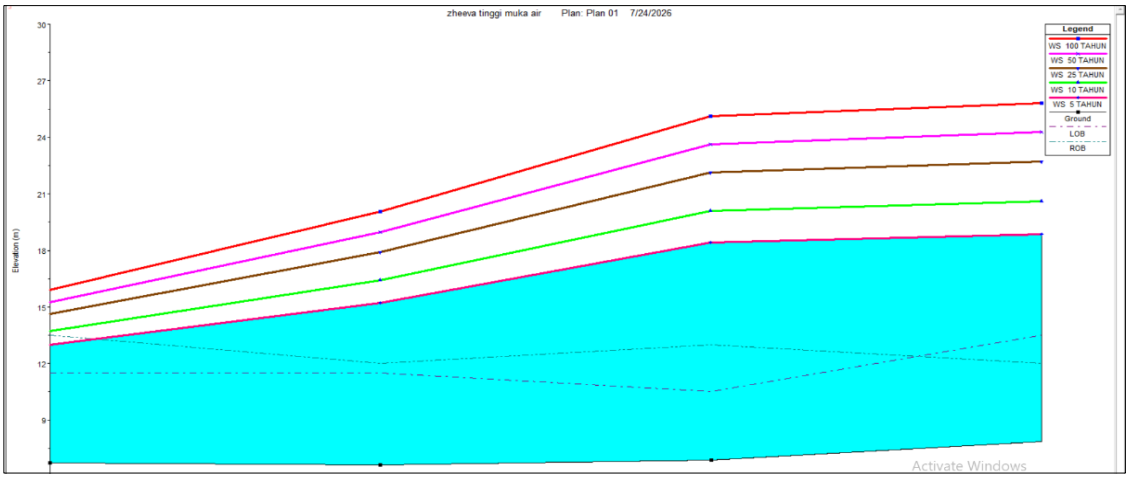
Analisis hidraulika untuk tinggi muka air dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *HEC-RAS* dengan data masukan berupa debit puncak hasil perhitungan HSS-SCS yang diperoleh dari simulasi *HEC-HMS,* serta data penampang Sungai dan koefisien kekasaran *Manning* (nilai n). Hasil simulasi menunjukan bahwa luapan air terjadi pada setiap penampang, yaitu STA 0+50, STA 0+100, STA 0+150, dan STA 0+200, untuk seluruh debit banjit rencana dan kala ulang 5 tahun(Q5), 10 tahun (Q10), 25 tahun (Q25), 50 tahun (Q50), dan 100 tahun (Q100).



Gambar 4. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0 +50 m



Gambar 5. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0 +100 m



Gambar 6. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Tikala

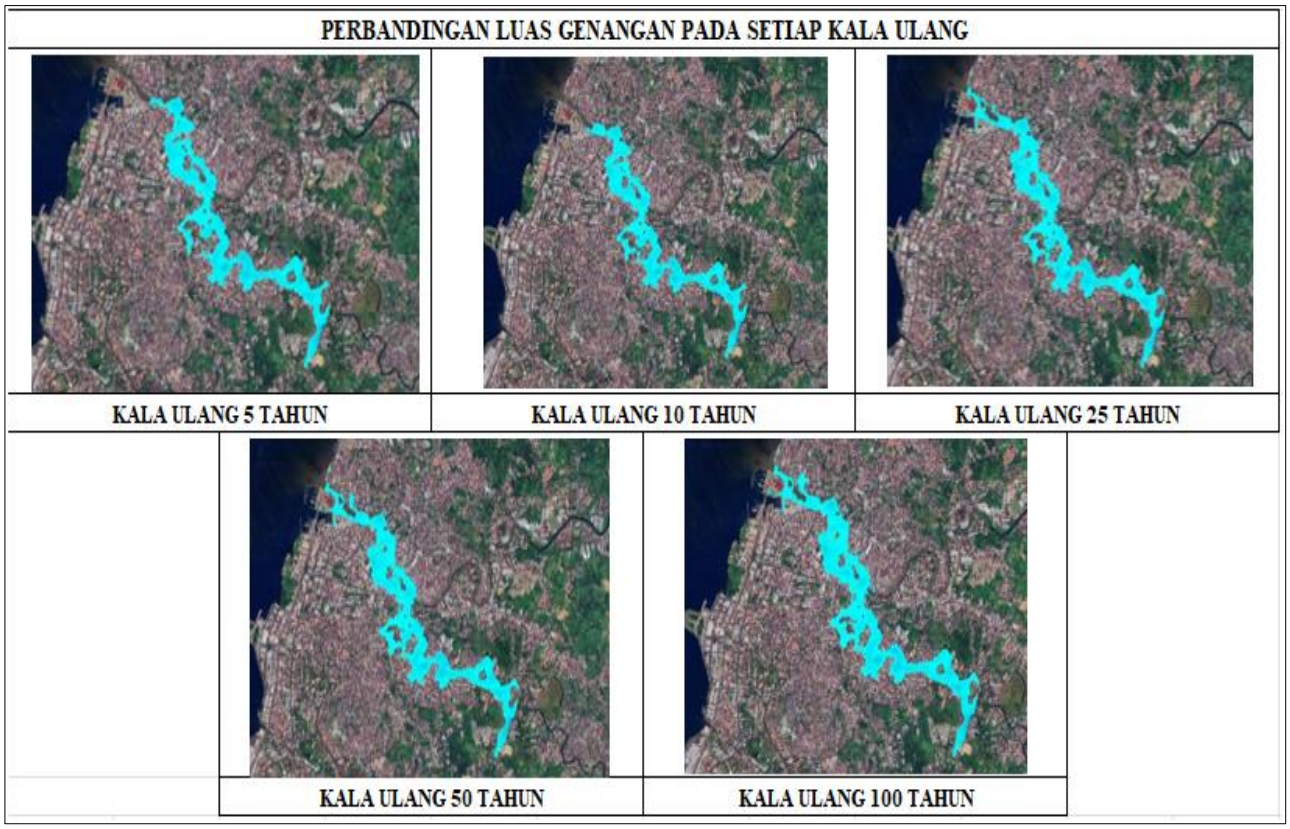
4.10 Analisis Luas Genangan

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 Genangan	
Kala Ulang (Tahun)	Luas (km²)
5	0.73064
10	0.78660
25	0.88521
50	0.91745
100	0.95755



Gambar 7. Perbandingan Luas Genangan Pada Setiap Kala Ulang

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan hidrologi dengan HEC-HMS, debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun (Q5) = 277,8 m3/det, 10 tahun (Q10) = 339,6 m3/det, kala ulang 25 tahun (Q25) = 421 m3/det, kala ulang 50 tahun (Q50)= 483,8 m3/det dan kala ulang 100 tahun (Q100) = 549,1 m3/det. Peningkatan debit puncak yang terjadi menunjukkan bahwa semakin besar periode kala ulang maka debit aliran yang terjadi di sungai juga semakin besar.

Hasil simulasi hidraulika menggunakan HEC-RAS menunjukkan oahwa luapan aliran sungai terjadi pada setiap penampang, yaitu STA 0+50, STA 0+100, STA 0+150, dan STA 0+200. Dampak dari lapan ini adalah terbentukya genangan pada wilayah sekitar sungai dengan luas genangan yang meningkat seiring bertambahnya kala ulang banjir yaitu sebesar 0,730 km2 pada kala ulang 5 tahun, 0,786 km2 pada kala ulang 10 tahun, 0,885 km2 pada kala ulang 25 tahun,

0,917 km2 pada kala ulang 50 tahun, dan mencapai 0,957 km2 pada kala ulang 100 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan debit banjir yang lebih besar dapat memperluas area genangan disekitar sungai.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis hidrologi dan simulasi hidraulika, luapan terjadi pada setiap penampang sungai sehingga berpotensi menimbulkan genangan di sekitar aliran sungai. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengendalian banjir, seperti pengerukan sungai untuk mengurangi kenaikan muka air serta pembangunan atau peninggian tanggul pada lokasi yang mengalami luapan, terutama di STA 0+50,STA 0+100, STA 0+150, dan STA 0+200.

Referensi

Chow, V.T., Maidment, D.R., Mays, 1988. *Applied Hydrology*. Singapore: McGraw-Hill
Data Hujan Harian Bailang-Kaiwatu. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
Data Hujan Harian Talawaan-Talawaan. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
Data Debit Harian Sungai Bailang. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
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.
Seyhan, Ersin. 1990. *Dasar-dasar Hidrologi*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
Sumarauw, Jeffry. 2013. *Hujan.* Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
Sumarauw, Jeffry. 2017. *Analisis Frekwensi Hujan*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
Sumarauw, Jeffry. 2017. *Hidrograf Satuan Sintetis*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
Sumarauw, J. S. F. 2017. *Pola Distribusi Hujan Jam –Jaman Daerah Manado, Minahasa Utara dan Minahasa*. Jurnal Sipil Statik vol.5 no.10 Desember 2017 (669-678) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
Sumarauw, Jeffry. 2018. *HEC-HMS*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
Sumarauw, J., & 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. IJCEE-IJENS.
Titirlolobi, J.D. Supit, J.C and Sumarauw, J.S.F. 2024. *Kajian Pengendalian Banjir Sungai Bailang Di Titik Puskesmas Bengkol Kota Manado*. Vol. 22 No. 90 (2024): TEKNO. Universitas Sam Ratulangi Manado.
Triatmodjo, B. 2008. Hidrologi Terapan. Beta Offset, Yogyakarta