



Analisis Debit Banjir Dan Luas Genangan Sungai Ternate Baru Di Titik Jembatan Martadinata Kota Manado

Gilbert Kumendong^{#a}, Jeffry S. F. Sumarauw^{#b}, Liany A. Hendratta^{#c}

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

^agilbertkumendong021@student.unsrat.ac.id, ^bjeffrysumarauw@unsrat.ac.id, ^clianyhendratta@unsrat.ac.id

Abstrak

Banjir merupakan salah satu permasalahan yang sering terjadi di Kota Manado, khususnya pada Sungai Ternate Baru yang berada di Kecamatan Paal Dua. Tingginya curah hujan serta perkembangan permukiman di sekitar bantaran sungai berpotensi meningkatkan debit aliran dan luas genangan banjir. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis debit banjir rencana dan luas genangan banjir pada Sungai Ternate Baru di titik Jembatan Martadinata Kota Manado. Analisis hidrologi dilakukan menggunakan program *HEC-HMS* dengan metode *Soil Conservation Service (SCS)*, sedangkan analisis hidraulika dan genangan banjir dilakukan menggunakan program *HEC-RAS*. Data yang digunakan berupa data curah hujan harian maksimum, data topografi, data penampang sungai, dan data penggunaan lahan. Analisis dilakukan untuk kala ulang 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa debit banjir rencana meningkat seiring bertambahnya kala ulang, yaitu sebesar 831,2 m³/det untuk kala ulang 5 tahun, 1.047,7 m³/det untuk kala ulang 10 tahun, 1.339,0 m³/det untuk kala ulang 25 tahun, 1.567,5 m³/det untuk kala ulang 50 tahun, dan 1.774,9 m³/det untuk kala ulang 100 tahun. Simulasi hidraulika menunjukkan bahwa luapan air terjadi pada hampir seluruh penampang sungai yang ditinjau. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam perencanaan dan pengelolaan pengendalian banjir di Sungai Ternate Baru Kota Manado.

Kata kunci: Sungai Ternate Baru, 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 Ternate Baru di Kecamatan Paal Dua, Kota Manado, sebagai bagian dari DAS Tondano, mengalami berbagai permasalahan akibat padatnya permukiman di bantaran sungai, seperti penyempitan alur, penumpukan sampah, dan penurunan fungsi ekologis. Kondisi tersebut meningkatkan risiko banjir, yang terbukti dengan kejadian genangan pada tahun 2025. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kapasitas Sungai Ternate Baru dan memetakan persebaran genangan banjir sebagai dasar penyusunan upaya mitigasi serta pengelolaan sungai yang lebih efektif.

1.2. Rumusan Masalah

Bagaimana analisis debit banjir dan genangan pada sungai Ternate Baru akibat curah hujan tinggi?

1.3 Batasan Penelitian

1. Lokasi penelitian berada di Kecamatan Paal Dua dengan letak geografis $1^{\circ}29'20.34''$ Lintang Utara dan $124^{\circ}51'19.54''$ Bujur Timur.
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

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besaran debit banjir dengan kala ulang dan genangan yang berpotensi terjadi pada sungai Ternate Baru.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi serta tinjauan bagi instansi yang berwenang dalam upaya penanggulangan banjir di Sungai Ternate Baru, Kecamatan Paal Dua, Kota Manado.

1.6 Lokasi Penelitian

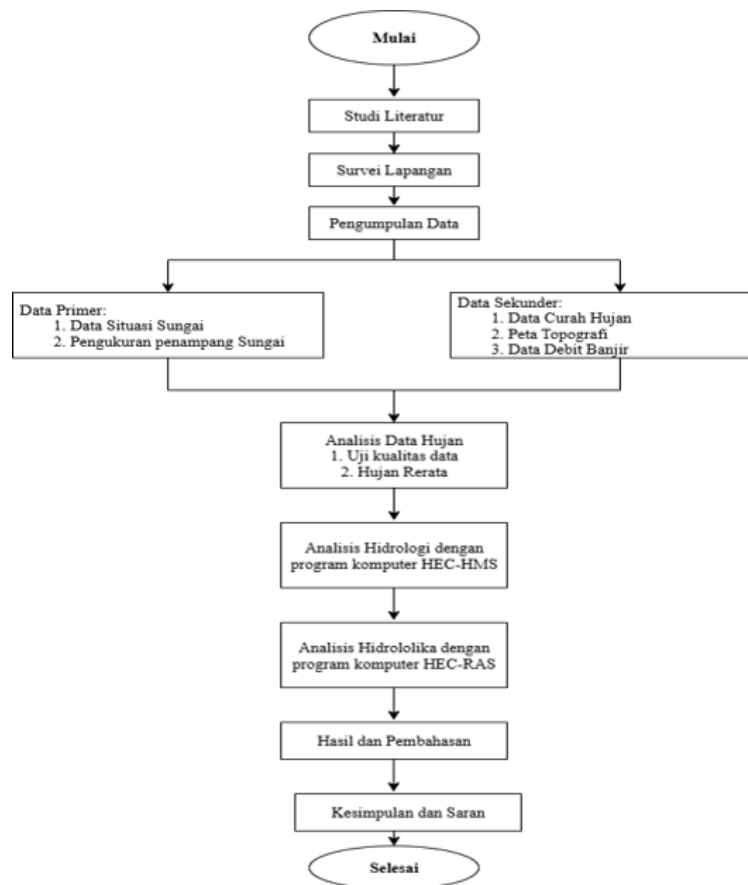
Penelitian dilakukan di sungai Ternate Baru terletak di Kelurahan Dendengan Luar, Kecamatan Paal Dua, Kota Manado. Titik kontrol ini terletak di sekitaran Jembatan Martadinata secara geografis terletak pada $1^{\circ}29'20.34''$ Lintang Utara dan $124^{\circ}51'19.54''$ Bujur Timur.



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 merupakan daerah yang dibatasi oleh pemisah air topografik (*topographic water divide*), di mana apabila terjadi hujan maka air akan mengalir menuju pada saluran air yang dapat saling bersambungan (sistem sungai), sehingga aliran air terkumpul pada satu sungai dan akan keluar melalui satu saluran (*outlet*) pada wilayah sungai tersebut.

3.3. Analisis Curah Hujan Rencana

Apabila pada suatu daerah terdapat lebih dari satu stasiun pengukuran yang ditempatkan secara terpencar, hujan yang tercatat di masing-masing stasiun dapat tidak sama. Dalam analisis hidrologi sering diperlukan untuk menentukan hujan rerata pada daerah tersebut, yang dapat dilakukan dengan tiga metode berikut yaitu metode rerata aritmetik, metode poligon *Thiessen* dan metode *Isohyet*.

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:

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

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

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

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

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

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 (XT) 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

$$C_s \approx C_v^3 + 3 \cdot C_v$$

$$C_k \approx C_v^8 + C_v^6 + 25C_v^4 + 16C_v^2 + 3$$

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.

$K_{TR,Cs}$ = Karaktersitik 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

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 Bailang sebesar 433,966 km².

4.2 Data Curah Hujan

Analisis curah hujan di DAS Tondano dilakukan dengan menggunakan data curah hujan maksimum yang didapat dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1 dengan periode pencacatan tahun 2009 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 Tondano sebanyak 4 pos hujan yaitu Pos Hujan Tikala-Kaleosan, Pos Hujan Malalayang-Kakaskasen, Pos Hujan Tondano-Paleloan, dan Pos Hujan Noongan-Winebetan.

4.3 Analisis Data Outlier

Analisis data *outlier* menunjukkan bahwa pada Pos Hujan Tikala-Kaleosan diperoleh batas *outlier* tertinggi sebesar 2,621 mm dan batas *outlier* terendah sebesar 33,990 mm, pada Pos Hujan Malalayang-Kaleosan diperoleh batas *outlier* tertinggi sebesar 253,974 mm dan batas *outlier* terendah sebesar 33,056 mm, pada Pos Hujan Tondano-Paleloan diperoleh batas *outlier* tertinggi sebesar 264,18 mm dan batas *outlier* terendah sebesar 32,346 mm, pada Pos Hujan Noongan-Winebetan diperoleh batas *outlier* tertinggi sebesar 216,31 mm dan batas *outlier* rendah sebesar 33,65 mm. Ada beberapa data yang melebihi batas *outlier* tinggi telah dikoreksi sehingga data memenuhi kriteria untuk analisis selanjutnya.

Tabel 1. Data Curah Hujan Harian Maksimum
(Sumber Balai Wilayah Sungai Sulawesi I)

No.	Tahun	Pos Hujan	Pos Hujan	Pos Hujan	Pos Hujan
		Tikala-Kaleosan	Malalayang-Kakaskasen	Noongan - Winebetan	Tondano - Paleloan
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	2008	70	80	57,6	71,5
2	2009	50	38	98,2	31,6
3	2010	175,5	65	27	48,9
4	2011	57	92	116,4	90,9
5	2012	90,2	42	94,8	69,8
6	2013	80,6	157	84,6	66,5
7	2014	177	145	100	110,5
8	2015	105	204	95	64,9
9	2016	478	95	92,5	115,5
10	2017	149	96	122	160,2
11	2018	103,5	100	79,4	126,5
12	2019	96	104	76,5	157,3
13	2020	143	76	88,5	157,3
14	2021	149,5	165	101,3	157,3
15	2022	87,3	83	97	91
16	2023	85	76	73	118,4
17	2024	235	85	115	82,2

4.4 Penentuan Tipe Distribusi Hujan

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

Tabel 2. Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$	0,967 5,004	Tidak Memenuhi
Log Normal	$C_s \approx C_v^3 + 3.C_v = 1.030$ $C_k \approx C_v^8 + C_v^6 + 25C_v^4 + 16C_v^2 + 3 = 4.942$	0,961 4,685	Tidak Memenuhi
Gumbell	$C_s \approx 1,14$ $C_k \approx 5,40$	0,967 4,685	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Bila tiga tipe sebaran diatas tidak memenuhi maka digunakan tipe sebaran <i>log pearson III</i>	-	Memenuhi

Hasil penentuan tipe sebaran menunjukkan tidak ada parameter statistik dari data pengamatan yang memenuhi syarat untuk distribusi normal, log normal, dan distribusi *Gumbell* 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 $S_{\log X}$, $K_{TR,CS}$, dan $\log \bar{X}$. Nilai $C_{S\log}$ juga diperlukan untuk mencari nilai K . Perhitungan dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung parameter statistik yang kemudian didapat untuk nilai $C_{S\log}$: 0,069 (kemencengan positif). Nilai K untuk tiap kala ulang diperoleh dengan interpolasi pada tabel K_T untuk koefisien kemencengan negatif yang ditentukan dengan nilai $C_{S\log}$.

Tabel 3. Nilai $C_{S\log}$ terhadap Kala Ulang

$C_{S\log}$	Periode Ulang/Kala Ulang (Tahun)				
	5	10	25	50	100
0,1	0,836	1,292	1,785	2,107	2,4
0,069	0,838	1,289	1,775	2,091	2,377
0	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326

Berikut perhitungan hujan kala ulang 5 Tahun:

$$\log X_{TR} = Y + K.S_{\log X} = 2,009946999 + 0,837(0,136352238) = 2,124$$

$$X_{TR} = 10^{2,124} = 133,162$$

Hasil perhitungan untuk kala ulang lainnya terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Curah Hujan Rencana

Kala Ulang	Curah Hujan (mm)
5 Tahun	133,162
10 Tahun	153,351
25 Tahun	178,521
50 Tahun	197,087
100 Tahun	215,578

4.6 Pola Distribusi hujan Jam-jaman

Tabel 5. 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 4 ke tiap persentasi hujan. Hasil perhitungan untuk tiap kala ulang adalah sebagai berikut.

Tabel 6. Distribusi Hujan Rencana Tiap Kala Ulang

Jam	% Hujan	Hujan Rencana Jam-jaman (mm)				
		5	10	25	50	100
1	50,83	67,650	78,273	90,839	100,350	109,835
2	25,17	33,499	38,759	44,982	49,691	54,388
3	8,64	11,499	13,305	15,441	17,057	18,670
4	4,93	6,561	7,592	8,811	9,733	10,653
5	2,93	3,900	4,512	5,236	5,785	6,331
6	1,35	1,797	2,310	2,681	2,961	3,241
7	2,43	3,234	3,742	4,343	4,797	5,251
8	1,24	1,650	1,909	2,216	2,448	2,679
9	1,24	1,650	1,909	2,216	2,448	2,679
10	1,24	1,650	1,909	2,216	2,448	2,679
Total (mm)		129,790	150,402	174,548	192,823	211,048

4.7 Perhitungan Nilai SCS Curve Number

Nilai *CN* rata-rata untuk DAS Bailang 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 83,91

Tabel 7. Perhitungan Nilai *CN* Rata-rata DAS Roong

Jenis dan Lahan Tutupan Lahan DAS Tondano				
Jenis Tutupan Lahan	Luas km2	Persentase(%)	CN	CN Terbobot
Water	48,57620217	0,10921195	100	10,92119466
Urban	9,519924939	0,10137960	90	9,124163662
Broadleaf Forest	2,012984055	0,177935915	73	12,9893218
Mixture Forest	21,43084351	0,048925014	75	3,669376067
Paddy Field	61,49324967	0,14038449	85	11,93268196
Other Agricultural Land	150,8269598	0,34432668	85	29,26776764
Pasture	25,77162915	0,05883470	74	4,353768056
Barren	8,413383271	0,01920713	86	1,651812774
Total	328,0451766	100		83,91008662

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* awal dari DAS Bailang dengan data parameter DAS sebagai berikut:

$$L = 39,2$$

$$S = 0,8$$

$$CN = 83,91$$

Perhitungan dilakukan sebagai berikut:

$$T_l = 0.6 \times T_c = 0.6 \times 10,36701 \text{ jam}$$

$$T_l = 3.91056 \text{ jam} = 373,2125 \text{ menit}$$

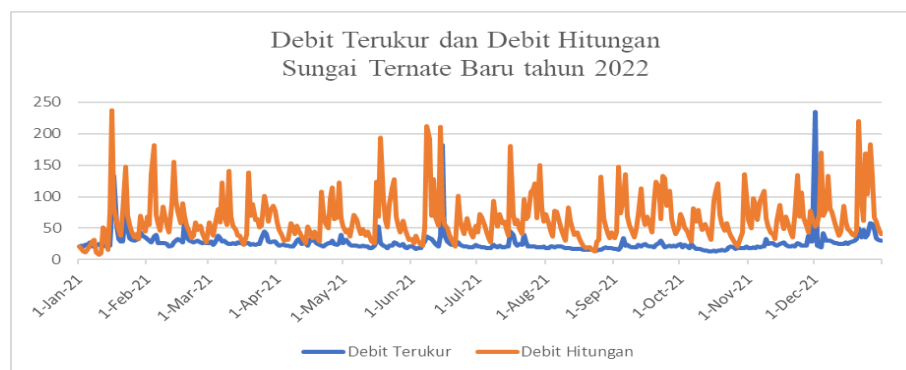
Selanjutnya menghitung debit Sungai Bailang dengan menggunakan metode analisis regional. Didapatkan data debit rata-rata Sungai Bailang tahun 2021 adalah 26,253 m³/det. Debit ini yang akan digunakan sebagai *initial discharge* pada program komputer *HEC-HMS*.

4.9 Parameter Hasil Kalibrasi

Berdasarkan hasil kalibrasi debit puncak melebihi debit terukur, maka setiap parameter yang ada dicoba-coba hingga hasil yang didapat dari debit hitungan 236,6 m³/det dan debit terukur 234,7 m³/det, sehingga debit hasil simulasi dianggap memenuhi ketentuan.

Tabel 8. Parameter-parameter Hasil Kalibrasi

<i>CN</i>	77,7
<i>Recesion Constant</i>	0,8
<i>Ratio To Peak</i>	0.3
<i>Initian Discharge</i>	25,503
<i>Lag Time</i>	405



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:

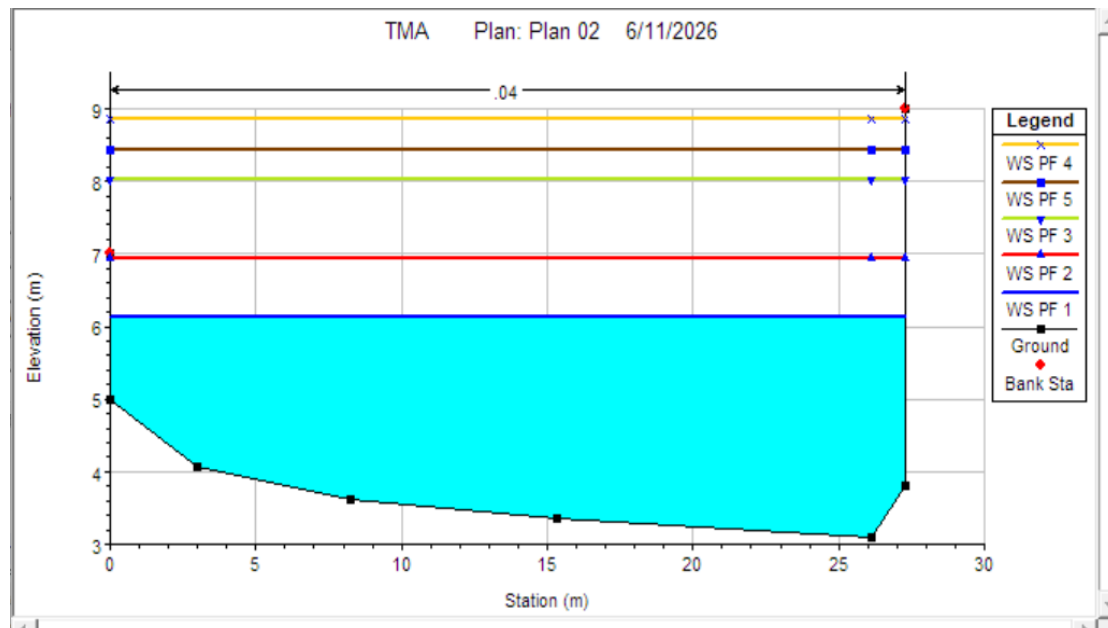
Tabel 9. Parameter-parameter Hasil Kalibrasi

Kala Ulang	Debit (m ³ /det)
5 Tahun	831.2
10 Tahun	1047.7
25 Tahun	1339.0
50 Tahun	1567.5
100 Tahun	1805.2

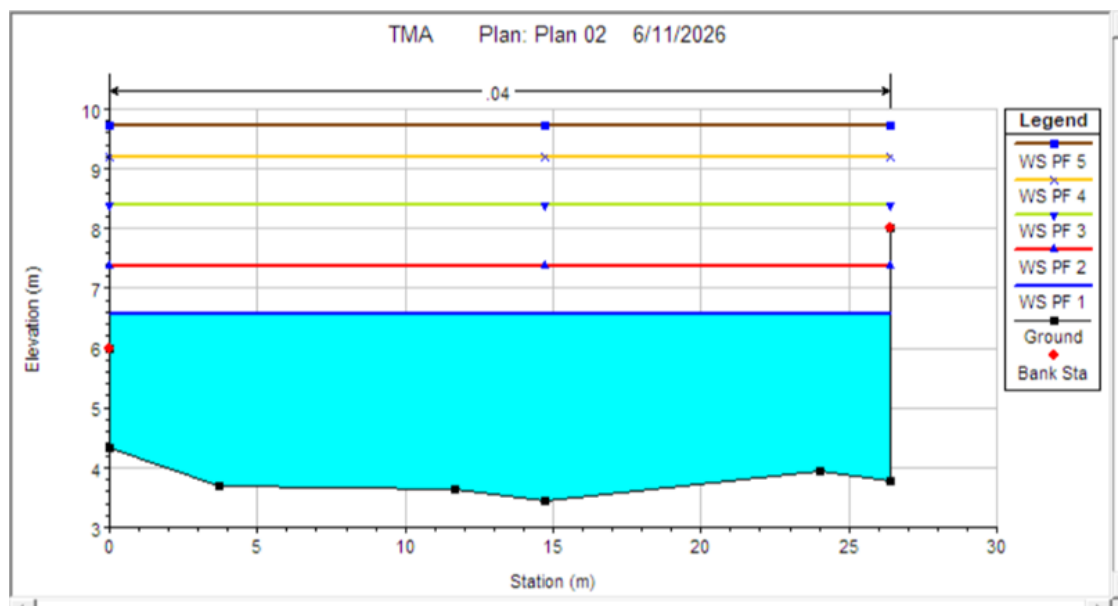
4.10 Hasil Simulasi Tinggi Muka Air dengan Program Komputer HEC-RAS

Analisis hidraulika dengan program HEC-RAS dilakukan dengan menggunakan data debit puncak hasil dari perhitungan HEC-HMS sebelumnya, data penampang sungai, dan koefisien kekasaran *Manning* (koefisien kekasaran).

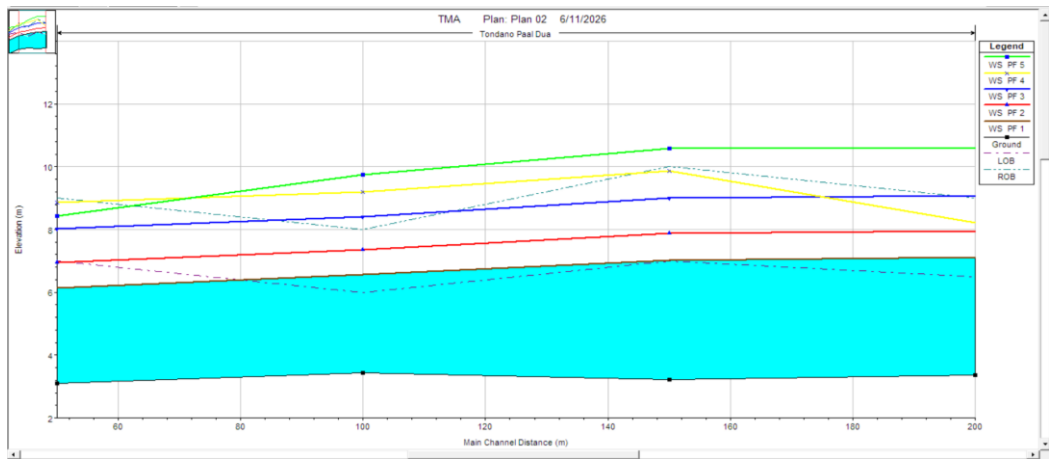
Berdasarkan hasil simulasi, luapan air terjadi pada seluruh STA 0+50 hingga STA 0+200 untuk debit banjir kala ulang 10 tahun (Q10), 25 tahun (Q25), 50 tahun (Q50), dan 100 tahun (Q100). Sementara itu, pada debit banjir kala ulang 5 tahun (Q5), luapan air tidak terjadi pada STA 0+50 dan STA 0+150, dan juga pada kala ulang 10 tahun (Q10) tidak terjadi luapan pada STA 0+50.



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



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



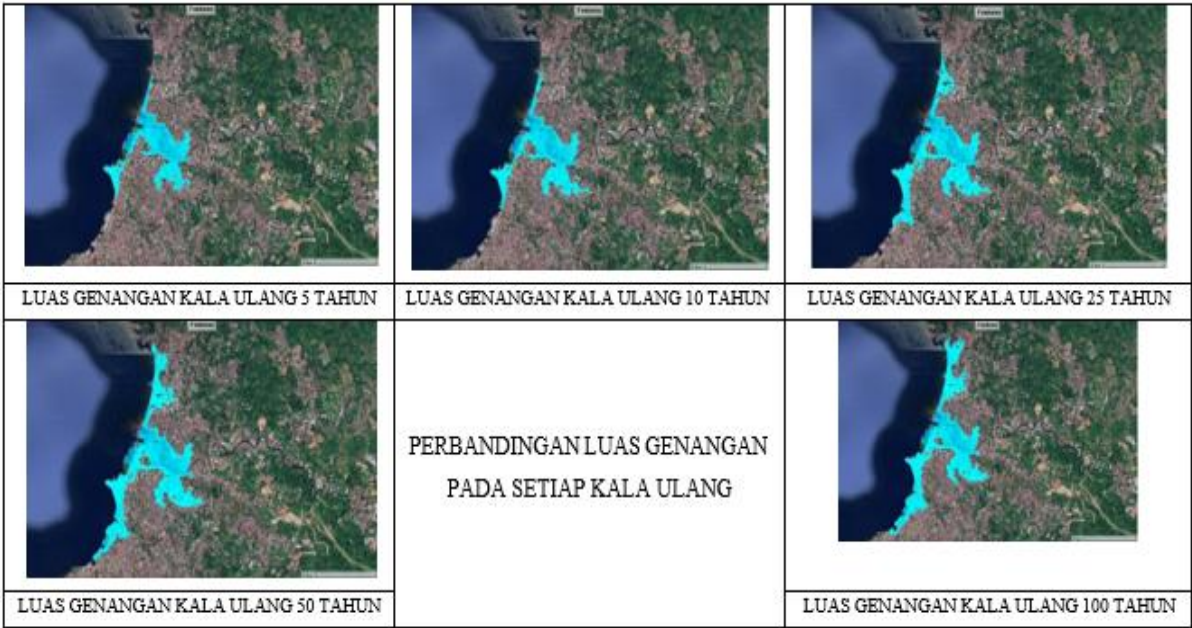
Gambar 6. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Bailang

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 10.

Tabel 10. Parameter-parameter Hasil Kalibrasi

Luas Genangan	
Kala Ulang (Tahun)	Luas (km ²)
5	2,349
10	2,710
25	3,549
50	4,357
100	5,015



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 (Q_5) = 831,2 m³/det, 10 tahun (Q_{10}) = 1047,7 m³/det, kala ulang 25 tahun (Q_{25}) = 1339 m³/det, kala ulang 50 tahun (Q_{50}) = 1567,5 m³/det dan kala ulang 100 tahun (Q_{100}) = 1805,2 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 bahwa luapan aliran sungai terjadi pada setiap penampang, yaitu STA 0+50, STA 0+100, STA 0+150, dan STA 0+200. Dampak dari luapan ini adalah terbentuknya genangan pada wilayah sekitar sungai dengan luas genangan yang meningkat seiring bertambahnya kala ulang banjir yaitu sebesar 2,349 km² pada kala ulang 5 tahun, 2,710 km² pada kala ulang 10 tahun, 3,549 km² pada kala ulang 25 tahun, 4,357 km² pada kala ulang 50 tahun, dan mencapai 5,015 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, diketahui bahwa pada setiap penampang sungai terjadi luapan yang berpotensi terjadi genangan disekitar sungai. Oleh karena itu diperlukan upaya penanggulangan guna mengurangi potensi banjir di daerah penelitian, antara lain melalui pengerukan sungai untuk menurunkan kenaikan tinggi muka air serta pembangunan ataupun peninggian tanggul pada lokasi-lokasi yang mengalami luapan, khususnya pada 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