



Analisis Debit Banjir Dan Luas Genangan Sungai Kilu Di Titik Jembatan Kilu Kota Manado

Avril E. Pakasi^{#a}, Jeffry S. F. Sumarauw^{#b}, Liany A. Hendratta^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^aavrileiffel@gmail.com, ^bjeffrysumarauw@unsrat.ac.id, ^clianyhendratta@unsrat.ac.id

Abstrak

Sungai Kilu merupakan sungai yang mengalir di Kelurahan Paniki Satu, Kecamatan Mapanget, Kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara. Sungai ini berpotensi mengalami banjir yang umumnya disebabkan oleh curah hujan tinggi dalam durasi yang cukup panjang, sehingga menimbulkan kerugian bagi masyarakat di sekitar bantaran sungai, khususnya para pengguna jalan yang melintasi Jembatan Kilu. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengendalian banjir yang didasarkan pada analisis debit banjir, tinggi muka air dan luas genangan. Analisis hidrologi diawali dengan analisis frekuensi curah hujan menggunakan metode Log Pearson III. Data yang digunakan berupa data curah hujan harian maksimum dari Pos MRG Talawaan-Talawaan dan MRG Bailang-Kaywatu periode tahun 2008 sampai dengan 2024. Pemodelan hujan-aliran dilakukan menggunakan program HEC-HMS dengan metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) SCS dan metode SCS Curve Number untuk menghitung kehilangan air. Sebelum simulasi debit banjir dilakukan, terlebih dahulu dilakukan kalibrasi parameter model melalui uji debit puncak. Parameter yang dikalibrasi meliputi lag time, curve number, recession constant, initial discharge, dan ratio to peak. Selanjutnya, debit puncak hasil simulasi untuk setiap kala ulang dimasukkan ke dalam program HEC-RAS untuk mensimulasikan elevasi tinggi muka air berdasarkan data penampang sungai hasil pengukuran lapangan. Hasil simulasi menunjukkan penampang melintang STA 0+50 mampu menampung debit banjir pada setiap kala ulang, pada STA 0+100 dan 0+200 mampu menampung debit banjir kala ulang 5 tahun, pada STA 0+150 tidak mampu menampung debit banjir untuk semua kala ulang. Luapan tersebut menyebabkan genangan di wilayah sekitar sungai dengan luas genangan yang meningkat seiring bertambahnya kala ulang banjir. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan debit banjir berpengaruh langsung terhadap bertambahnya luas genangan di daerah penelitian.

Kata kunci: debit banjir rencana, tinggi muka air, HEC-HMS, HEC-RAS, genangan banjir

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Sungai Kilu adalah sungai yang mengalir melalui Kelurahan Paniki Satu, Kecamatan Mapanget, Kota Manado, Sulawesi Utara. Salah satu kejadian banjir yang cukup signifikan terjadi pada tanggal 27 Januari 2023, penyebab utama terjadinya banjir adalah curah hujan yang tinggi dalam kurun waktu yang cukup Panjang sehingga mengakibatkan kerugian bagi masyarakat sekitar bantaran Sungai Kilu lebih khusus para pengendara yang melewati jembatan kilu.

Maka diperlukan upaya pengendalian banjir. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan mengetahui besarnya debit banjir, tinggi muka air dan luas genangan Sungai Kilu

1.2. Rumusan Masalah

Dengan didasarkan oleh latar belakang diatas dapat dirumuskan masalah untuk penelitian ini apakah penampang Sungai Kilu dapat menampung debit banjir yang dihasilkan dari intensitas curah hujan yang tinggi dalam kala ulang 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun?

1.3. Batasan Penelitian

1. Titik kontrol terletak pada jembatan Kilu, dengan jarak 100 meter ke arah hulu dan 100 meter ke arah hilir.
2. Analisis hidrologi yang berhubungan dengan debit banjir rencana periode 5, 10, 25, 50 dan 100
3. Analisis dihitung dengan bantuan program komputer yaitu Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) untuk analisis hidrologi dan Hydrologic Engineering Center – River Analysis System (HEC-RAS) untuk analisis hidraulika

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui debit banjir dan luas genangan dalam berbagai kala ulang akibat meluapnya Sungai Kilu.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan informasi bagi pihak terkait yang berwenang dalam penanggulangan permasalahan banjir di Sungai Kilu dan dapat bermanfaat sebagai salah satu bahan referensi untuk penelitian lebih lanjut.

1.6. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Jembatan Kilu, Kelurahan Paniki Satu, Kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara. Dalam geografi terletak pada 1°30'44.14" Lintang Utara 124°54'53.97" Bujur Timur.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Google Earth)

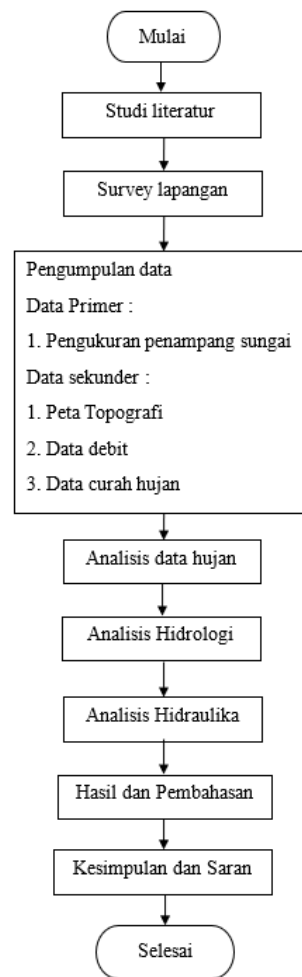
2. Tahap Penelitian

Tahap penelitian digambarkan dalam alur yang ditunjukkan pada Gambar 2.

3. Kajian Literatur

3.1. Daur Hidrologi

Daur hidrologi menurut Sosrodarsono (dalam Ismail *et al*, 2023) adalah air yang menguap ke udara dari permukaan tanah dan laut, setelah melalui beberapa proses akan berubah menjadi awan yang kemudian jatuh sebagai hujan atau salju ke permukaan laut atau daratan.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3.2. Daerah Aliran Sungai

Daerah aliran sungai atau yang sering disingkat dengan DAS adalah suatu wilayah yang dibatasi oleh punggung bukit atau gunung, serta batas batuan seperti jalan atau tanggul, dimana air hujan yang jatuh di daerah tersebut dan kemudian mengalir menuju titik kontrol (Suripin dalam Atmajayani, 2022).

3.3. Analisis Curah Hujan

Menurut prinsip daur hidrologi, semua air yang ada di bumi, baik secara langsung maupun tidak langsung, berasal dari air hujan. Hujan adalah faktor penting dalam proses hidrologi, karena air hujan yang jatuh akan mengalir ke sungai melalui berbagai jalur yaitu melalui limpasan permukaan, infiltrasi ke dalam tanah, dan aliran air tanah. Semua proses ini berkontribusi pada jumlah air yang ada di sungai.

Seiring dengan meningkatnya jumlah air yang mengalir ke sungai, pemahaman tentang kedalaman hujan menjadi penting, terutama dalam konteks analisa banjir. Maka untuk mendapatkan perkiraan besar banjir yang mungkin terjadi di suatu penampang sungai, diperlukan data yang mencakup kedalaman hujan di seluruh DAS, bukan hanya dari satu stasiun pengukuran.

3.4. Analisis Data Outlier

Data *outlier* adalah data yang menyimpang terlalu tinggi ataupun terlalu rendah dari sekumpulan data. Uji *outlier* dilakukan untuk mengoreksi data sehingga baik untuk digunakan pada analisis selanjutnya.

Uji data *outlier* mempunyai 3 syarat, yaitu:

1. Jika $C_{Slog} \geq 0,4$ 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 atau rendah, koreksi data
- Untuk menghitung *outlier* tinggi maupun rendah digunakan rumus pada persamaan berikut:

- *Outlier* tinggi :

$$\text{Log } x_h = \overline{\log x} + K_n \cdot S_{\log} \quad (1)$$

- *Outlier* rendah :

$$\text{Log } x_l = \overline{\log x} - K_n \cdot S_{\log} \quad (2)$$

- $\text{Log } x = \frac{\sum \log x}{n} \quad (3)$

- $S_{\log} = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \overline{\log x})^2}{n-1}} \quad (4)$

- $Cs_{\log} = \frac{n}{(n-1)(n-2)S_{\log}^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \overline{x})^3 \quad (5)$

Dengan :

$Cs_{\log}$ = Koefisien kemenangan

$S_{\log}$ = Simpangan baku

$\overline{\log x}$ = Nilai rata-rata

K_n = Nilai K (diambil dari *outlier test K Value*) tergantung dari jumlah data yang di analisis

$\text{Log } X_h$ = *Outlier* tinggi

$\text{Log } X_l$ = *Outlier* rendah

3.5. Parameter Statistik

Parameter statistik yang digunakan dalam analisis data hidrologi mencakup rata-rata hitung (*mean*), simpangan baku (standar deviasi), koefisien variasi, kemencengan (koefisien skewness), dan koefisien kurtosis.

a) Rata-rata (*Mean*)

Rata-rata hitung merupakan nilai rata-rata dari sekumpulan data

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = X_1 \quad (6)$$

Dengan:

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

X_i = Nilai varian

n = Jumlah data

b) Simpangan baku (Standar deviasi)

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

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (7)$$

Dengan :

S = Standar deviasi

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

X_i = Nilai varian

n = Jumlah data

c) Koefisien variasi

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata – rata hitung dari suatu distribusi.

$$C_v = \frac{S}{\bar{x}} \quad (8)$$

Dengan :

C_v = Koefisien variasi

S = Standar deviasi

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

d) Koefisien Skewness (Kemencengan)

Kemencengan (*skewness*) adalah ukuran yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan dari suatu distribusi. Ini menggambarkan seberapa jauh kurva frekuensi dari suatu distribusi menyimpang dari bentuk simetris.

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2).S^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 \quad (9)$$

Dengan :

C_s = Koefisien Skewness,

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

X_i = Nilai varian.

n = Jumlah data.

S = Standar deviasi

e) Koefisien Kurtosis

Pengukuran Kurtosis adalah ukuran statistik yang digunakan untuk mengukur keruncingan bentuk kurva distribusi, yang biasanya dibandingkan dengan distribusi normal.

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3).S^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 \quad (10)$$

Dengan :

C_k = Koefisien kurtosis.

X_i = Nilai variasi.

S = Standar deviasi.

n = Jumlah data.

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

3.6. Distribusi Probabilitas

Distribusi probabilitas, atau distribusi peluang, adalah suatu bentuk distribusi yang menggambarkan probabilitas variasi sebagai pengganti frekuensi. Salah satu tujuan utama dari analisis distribusi peluang adalah untuk menentukan periode ulang (*return period*)

a) Distribusi normal

Distribusi normal sering digunakan dalam berbagai analisis hidrologi, seperti analisis frekuensi hujan, analisis statistik rata-rata curah hujan tahunan, debit rata-rata tahunan, dan lainnya. Hubungan matematis dalam distribusi ini dapat dinyatakan sebagai:

$$X = \bar{X} + k \cdot S \quad (11)$$

b) Distribusi Log Normal Dua Parameter

Distribusi log normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, yaitu yang mengubah nilai varian X menjadi nilai logaritmik varian X .

$$\log X = \log \bar{X} + k \cdot S_{\log} \quad (12)$$

c) Distribusi Gumbel

Distribusi Gumbel, yang juga dikenal sebagai distribusi ekstrem tipe I, sering digunakan untuk menganalisis kejadian ekstrem seperti banjir. Persamaan matematisnya adalah:

$$X = \bar{X} + \frac{S}{s_n} (Y - Y_n) \quad (13)$$

d) Distribusi Log-Pearson Tipe III

Bentuk distribusi log-pearson tipe III merupakan hasil transformasi dari distribusi pearson tipe III dengan menggantikan varian menjadi nilai logaritmik.

$$\log X = \log \bar{X} + K_{TR,CS} \cdot S_{\log X} \quad (14)$$

3.7. Pemilihan Tipe Distribusi

Pemilihan tipe distribusi dalam analisis data hidrologi dapat dilakukan berdasarkan parameter statistik dari data pengamatan lapangan, seperti koefisien skewness (C_s), koefisien variasi (C_v), dan koefisien kurtosis (C_k). Berikut adalah kriteria pemilihan untuk masing-masing tipe distribusi:

1. Distribusi Normal:

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

2. Distribusi Log-Normal:

$$C_s \approx C_v^3 ; 3 C_v$$

$$C_k \approx C_v^8 + 6 C_v^6 + 15 C_v^4 + 16 C_v^2 + 3$$

3. Distribusi Gumbel:

$$C_s = 1,14 ; C_k = 5,4$$

4. Bila kriteria 3 (tiga) sebaran di atas tidak memenuhi, kemungkinan tipe sebaran yang cocok

adalah Tipe Distribusi Log-Pearson III.

3.8 Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit maksimum pada suatu sungai dengan periode ulang tertentu. Data yang dibutuhkan untuk menentukan debit banjir rencana antara lain data curah hujan, luas daerah tangkapan air dan data penutup lahan.

3.9 Metode Rasional

Metode Rasional merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menghitung debit rencana pada suatu daerah aliran sungai. Metode rasional memiliki tiga parameter yaitu koefisien limpasan (C), intensitas curah hujan (I) dan luasan DAS. Metode Rasional dapat digunakan untuk menghitung debit puncak sungai atau saluran namun dengan daerah aliran yang terbatas. Menurut Goldman (dalam Wismarini *et al*, 2011), Metode Rasional dapat digunakan untuk daerah pengaliran < 300 ha. Berikut ini merupakan rumus untuk menentukan nilai debit rencana metode rasional (Suhadjono dalam Fitriani *et al*, 2020) :

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (15)$$

Dengan :

Q = Debit banjir rencana (m³/det)

C = koefisien pengaliran

I = Intensitas hujan maksimum (mm/jam)

A = Luas daerah aliran sungai (Km²)

3.10 Koefisien Aliran Permukaan (Runoff Coefficient = C)

Untuk menganalisa nilai koefisien aliran permukaan suatu DAS menggunakan persamaan (Suripin dalam Fitriani *et al*, 2020) :

$$C_{\text{das}} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (16)$$

Dengan :

C_{das} = Koefisien aliran permukaan suatu DAS

C_i = Koefisien aliran permukaan jenis penutup lahan i

A_i = Luas jenis lahan dengan penutup lahan i

n = Jumlah jenis penutup lahan

3.11 Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan untuk tc tertentu dapat dihitung dengan rumus Mononabe dibawah ini (Loebis dalam Fitriani *et al*, 2020) :

$$i = \frac{R}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \quad (17)$$

Dengan :

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

Tc = lamanya curah hujan (jam)

R24 = curah hujan maks dalam 24 jam (mm)

3.12 Waktu Konsentrasi (tc)

Waktu konsentrasi (tc) suatu DAS adalah waktu yang dibutuhkan oleh aliran air hujan yang jatuh ke permukaan tanah dan kemudian mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluaran DAS setelah lahan menjadi jenuh.

Metode yang sering dipakai adalah persamaan yang dikembangkan oleh Kirpich (1940), sebagai berikut:

$$tc = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \quad (18)$$

Dengan :

tc = waktu konsentrasi (jam)

L = panjang sungai (km)

S = kemiringan sungai (%)

3.13 Aliran Langgeng (*Steady Flow*)

Aliran dikatakan langgeng (*steady*) jika kecepatan aliran tetap konstan selama periode waktu tertentu. Namun, aliran alami umumnya bersifat tidak tetap disebabkan oleh berbagai faktor, seperti bentuk geometris hidrolik saluran, ketidakaturan sungai di lapangan, adanya vegetasi di tepi saluran, bangunan air, serta perubahan pada dasar saluran.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Data Curah Hujan

Analisis curah hujan DAS Kilu dilakukan berdasarkan data curah hujan harian maksimum yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan periode 2008 sampai dengan 2024. Dengan metode Poligon Thiessen maka diketahui pos hujan yang berpengaruh terhadap titik tinjau ada 2, yaitu pos hujan MRG Talawaan-Talawaan dan MRG Bailang-Kayuwatu. Data hujan harian maksimum dari tahun 2008 hingga 2024 ditampilkan pada Tabel 1.

4.2 Penentuan Tipe Distribusi Hujan

Dari penentuan tipe sebaran data, tidak ada parameter statistik yang memenuhi syarat untuk distribusi normal, log normal dan distribusi gumbel, sehingga tipe sebaran log-pearson III yang akan digunakan.

4.3 Curah Hujan Rencana

Faktor frekuensi K setiap kala ulang terdapat pada tabel nilai K_T untuk kemencengan positif (terlampir) yang ditentukan menggunakan nilai $C_{S\log x} = 0,072$ dan kala ulang dalam tahun.

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

NO	TAHUN	CURAH HUJAN HARIAN MAKSIMUM (mm)	
		Talawan - Talawaan	Bailang - Kayuwatu
1	2008	161	-
2	2009	106	-
3	2010	110	-
4	2011	141.5	190
5	2012	-	75.9
6	2013	-	190
7	2014	-	201
8	2015	-	124.5
9	2016	-	65.1
10	2017	-	99.3
11	2018	-	78.8
12	2019	-	46
13	2020	-	88.2
14	2021	-	83.2
15	2022	-	45
16	2023	-	255.2
17	2024	-	86

Tabel 2. Penentuan Jenis Sebaran Data

Jenis Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data	Kesimpulan
Normal	$C_s \approx 0$	0.972	Tidak Memenuhi
	$C_k \approx 3$	3.753	
Log Normal	$C_s \approx C_v^3 + 3 C_v$	0.972	Tidak Memenuhi
		1.644	
	$C_k \approx C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$	3.753	
		8.159	
Gumbell	$C_s \approx 1.14$	0.972	Tidak Memenuhi
	$C_k \approx 5.4$	3.753	
Log Pearson III	Jika tidak memenuhi ketiga syarat di atas	-	Memenuhi

Tabel 3. Nilai K untuk Setiap Kala Ulang

5 Tahun	0.838
10 Tahun	1.289
25 Tahun	1.776
50 Tahun	2.092
100 Tahun	2.380

Selanjutnya adalah perhitungan curah hujan kala ulang 5 tahun :

$$\log X_{TR} = \bar{Y} + K \cdot S_{\log x} = 2,017 + (0,838) \times 0,215 = 2,197$$

$$X_{TR} = 10^{2,197}$$

$$X_{TR} = 157,447 \text{ mm}$$

Tabel 4. Curah Hujan Rencana

Kala Ulang (TR)	Log X TR	X TR
5	2,197	157,447
10	2,294	196,965
25	2,399	250,691
50	2,467	293,331
100	2,529	338,231

4.4 Analisis Debit Banjir Rencana

Pemodelan hujan aliran pada 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. Hitung asumsi lag time awal dari DAS Sungai Kilu

$$L = 7.29 \text{ km}$$

$$s = \frac{\text{Titik elevasi tertinggi} - \text{Titik elevasi terendah}}{\text{Panjang Sungai}} = \frac{263.9302 \text{ m} - 84 \text{ m}}{5543 \text{ m}} = 0.0324 \text{ m/m}$$

$$CN = 75.93$$

Kalibrasi merupakan suatu proses dimana nilai hasil perhitungan dibandingkan dengan nilai hasil observasi lapangan. Kalibrasi Parameter HSS SCS perlu dilakukan untuk mencari nilai parameter HSS SCS teroptimasi dengan membandingkan hasil simulasi HEC-HMS dengan data debit terukur. Setelah mendapatkan hasil debit hitungan dari simulasi HEC-HMS, maka dibandingkan dengan data debit terukur. Kalibrasi dilakukan pada DAS lokasi penelitian dengan data debit terukur di lapangan. Dikarenakan lokasi penelitian di titik kontrol tidak memiliki data

debit terukur, maka perlu dilakukan perhitungan dengan metode analisis regional sehingga data debit Sungai Kilu di lokasi penelitian dapat diketahui

Tabel 5. Parameter-Parameter Hasil Kalibrasi

<i>CN</i>	65
<i>Recession Constant</i>	0,1
<i>Ratio to Peak</i>	0,3
<i>Initial Discharge</i>	0,61
<i>Lag Time</i>	132,25 menit



Gambar 3. Grafik Hasil Perhitungan Debit Hitungan dan Debit Terukur Sungai Kilu Tahun 2017

4.5 Debit Banjir dengan Program HEC-HMS

Semua parameter terkalibrasi akan digunakan sebagai parameter pada komponen sub-DAS untuk perhitungan debit banjir. Dengan data hujan rencana jam-jaman yang telah dihitung maka diperoleh hasil simulasi program computer HEC-HMS sebagai berikut:

Time-Series Results for Subbasin "Sungai Kilu"							
Project: Kala Ulang S.Kilu				Simulation Run: Kala Ulang 5 Tahun			
Subbasin: Sungai Kilu							
Start of Run: 01Jan2017, 00:00		Basin Model: DAS Kilu					
End of Run: 01Jan2017, 10:00		Meteorologic Model: 1.Kala Ulang 5 Tahun					
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE		Control Specifications: Control 1					
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
01Jan2017	00:00				0,0	0,6	0,6
01Jan2017	01:00	85,02	67,92	17,10	2,6	0,6	3,1
01Jan2017	02:00	34,64	14,55	20,09	11,3	0,5	11,8
01Jan2017	03:00	12,60	4,26	8,34	20,4	0,5	20,9
01Jan2017	04:00	9,45	2,91	6,54	22,8	0,4	23,2
01Jan2017	05:00	4,72	1,37	3,35	19,6	0,4	20,0
01Jan2017	06:00	1,57	0,45	1,12	14,6	0,3	15,0
01Jan2017	07:00	4,72	1,31	3,41	10,4	0,3	10,8
01Jan2017	08:00	4,72	1,26	3,46	8,1	0,3	8,4
01Jan2017	09:00	4,72	1,22	3,50	7,4	0,3	7,7
01Jan2017	10:00	4,72	1,18	3,54	7,3	0,2	7,5

Gambar 4. Time Series Data Sungai Kilu Kala Ulang 5 Tahun

Semua parameter terkalibrasi akan digunakan sebagai parameter pada komponen sub-DAS untuk perhitungan debit banjir. Dengan data hujan rencana jam-jaman yang telah dihitung maka diperoleh hasil simulasi program computer HEC-HMS sebagai berikut:

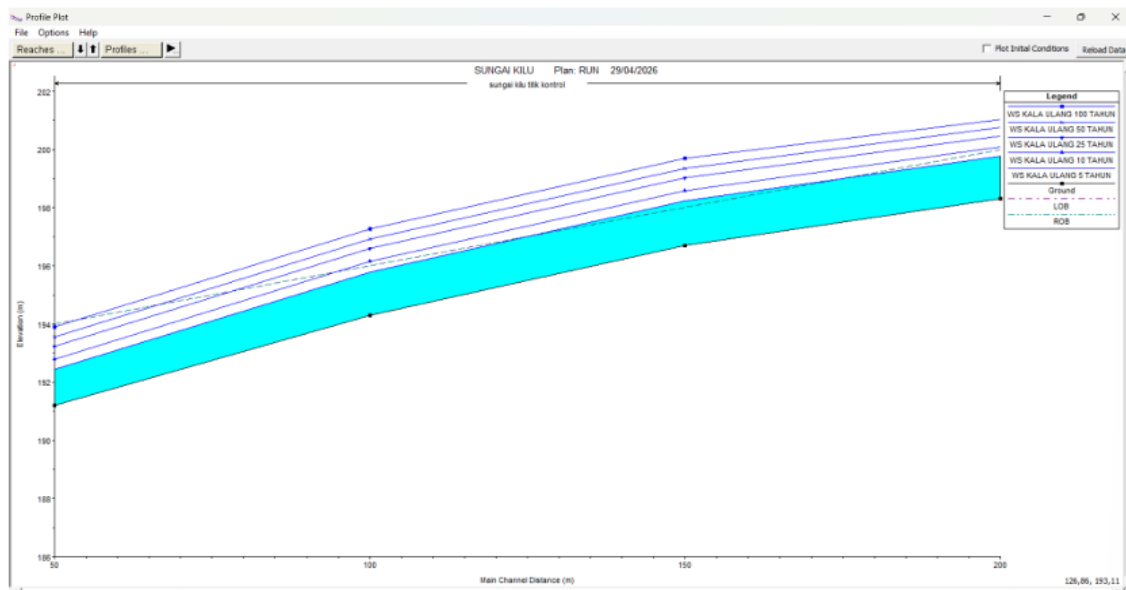
Tabel 6. Rangkuman Debit Jam-jaman Tiap Kala Ulang

Jam	Q5	Q10	Q25	Q50	Q100
00.00	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
01.00	3,1	4,9	7,7	10,2	13
02.00	11,8	18,9	29,8	39,3	49,9
03.00	20,9	32,2	49,1	63,5	79,3
04.00	23,2	34,7	51,5	65,6	80,8
05.00	20	29	42	52,7	64,2
06.00	15	21,4	30,5	38	46
07.00	10,8	15,2	21,4	26,5	31,9
08.00	8,4	11,7	16,4	20,1	24,2
09.00	7,7	10,6	14,7	18,2	22
10.00	7,5	10,3	14,2	17,4	21

4.6 Simulasi Tinggi Muka Air dengan HEC-RAS

Untuk analisis tinggi muka air menggunakan program komputer HEC RAS dimasukkan penampang saluran, karakteristik saluran untuk nilai koefisien n manning, dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng (*steady flow*).

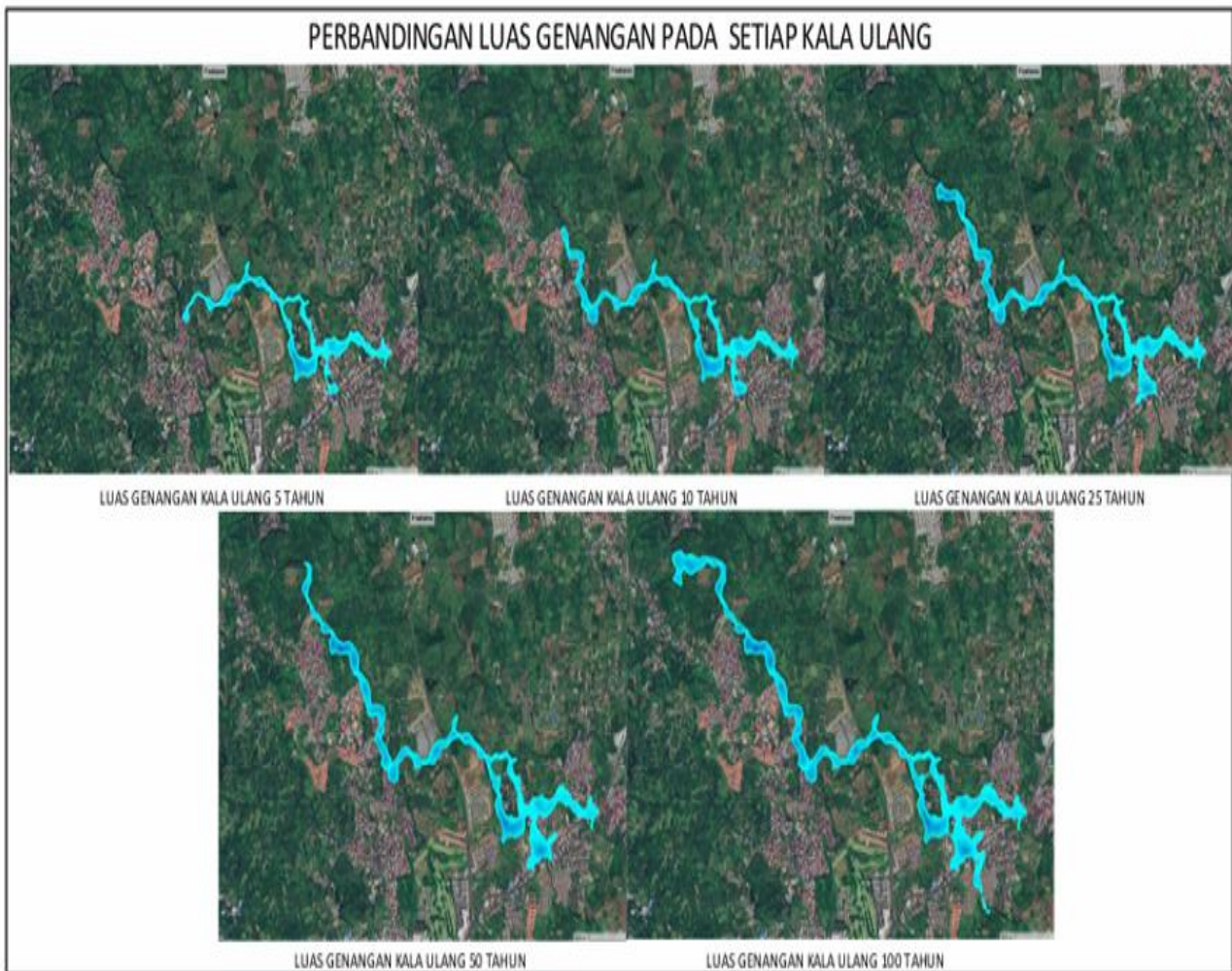
Hasil simulasi menggunakan program HEC-RAS menunjukkan penampang melintang STA 0+50 mampu menampung debit banjir pada setiap kala ulang. Pada STA 0+100 dan 0+200 mampu menampung debit banjir kala ulang 5 tahun, Pada STA 0+150 tidak mampu menampung debit banjir rencana untuk semua kala ulang.



Gambar 5. Rangkuman Elevasi Tinggi Muka Air Profil Memanjang Sungai Kilu

4.7 Simulasi Luas Genangan dengan HEC-RAS

Untuk analisis luas genangan menggunakan program komputer HEC-RAS dilakukan dengan memanfaatkan data DEM. Pemodelan dilakukan melalui pembuatan 2D Flow Area, penentuan breaklines, serta boundary condition lines pada hulu dan hilir. Selanjutnya, dilakukan pengisian unsteady flow data dengan memasukkan debit banjir pada bagian hulu dan kondisi normal depth pada bagian hilir. Perhitungan dilakukan untuk kala ulang 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun, guna untuk mengetahui perkembangan luas genangan yang terjadi akibat peningkatan debit banjir.



Gambar 5. Rangkuman Luas Genangan Berbagai Kala Ulang Sungai Kilu

Dapat dilihat bahwa luas genangan banjir mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya kala ulang banjir.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis hidrologi diperoleh debit banjir yang terjadi pada kala ulang 5 tahun = 23,3 m³/det, kala ulang 10 tahun = 34,7 m³/det, kala ulang 25 tahun = 51,5 m³/det, kala ulang 50 tahun = 65,6 m³/det dan kala ulang 100 tahun = 80,8 m³/det. Hasil simulasi hidraulika menggunakan HEC-RAS menunjukkan bahwa luapan air pada debit kala ulang 5 tahun (Q5) hanya terjadi di STA 0+150. Sementara itu, pada debit kala ulang 10, 25, 50, dan 100 tahun (Q10, Q25, Q50, Q100), luapan air secara konsisten terjadi pada titik yang sama, yaitu STA 0+100, STA 0+150, dan STA 0+200. Luapan tersebut mengakibatkan terbentuknya genangan pada wilayah sekitar sungai dengan luas genangan yang meningkat seiring bertambahnya kala ulang banjir, yaitu sebesar 0,352 km² pada kala ulang 5 tahun, 0,469 km² pada kala ulang 10 tahun, 0,591 km² pada kala ulang 25 tahun, 0,698 km² pada kala ulang 50 tahun, dan mencapai 0,851 km² pada kala ulang 100 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan debit banjir berpengaruh terhadap bertambahnya luas genangan yang terjadi pada daerah penelitian

5.2 Saran

1. Menambah tinggi tanggul yang sudah ada di sepanjang STA 0+100 sampai STA 0+200;
2. Dapat dilakukan pengerukan di dasar sungai untuk mencegah kenaikan muka air.

Referensi

- Bambang, Triadmodjo. 2008. Hidrologi Terapan. Beta Offset. Yogyakarta. Data Hujan Harian Pos Hujan Pinaling. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1. Manado.
- Data Debit Harian Sungai Kilu . Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1. Manado.
- Hydrologic Engineering Center – Hydrograph Modeling System Technical 6.0 Reference Manual.
- Hydrologic Engineering Center. U.S Army Corps of Engineers. USA. 2000. Hydrologic Engineering Center – River Analyst System Technical 5.0 Reference Manual. Hydrologic Engineering Center. U.S Army Corps of Engineers. USA. 2016.
- Mawikere, N. C., Sumarauw, J. S., & Supit, C. J. (2022). Analisis Tinggi Muka Air Banjir Sungai Bailang Di Lorong Symphony Kelurahan Sumompo Kota Manado. TEKNO.20(82).787-796.
<https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/tekno/article/view/44176>
- Nadia, Kivani., Tiny Mananoma, Hanny Tangkudung. 2019. Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Tembran Di Kabupaten Minahasa Utara. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.6 Juni 2019 (703-710) ISSN: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Sakudu, D. J., Sumarauw, J. S., & Mananoma, T. (2023). Kajian Pengendalian Banjir Di Sungai Kombi Desa Kombi Kabupaten Minahasa. TEKNO. 21(85). 1199-1209.
- Salem, Haniedo P., Jeffry S. F. Sumarauw, E. M. Wuisan. 2016. Pola Distribusi Hujan Jam – Jaman Di Kota Manado Dan Sekitarnya. Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.3 Maret 2016 (203-210) ISSN: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Sri Harto. 1993. Analisis Hidrologi. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Suadnya, D., Sumarauw, J., & Mananoma, T. (2017). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air. Jurnal Sipil Statik. 5(3). 143–150. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/29979>
- 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, Jeffry. 2018. HEC-HMS. Bahan Ajar Mahasiswa. Universitas 120 Sam Ratulangi. Manado.
- Syahrul, M. (2022). Studi analisis genangan banjir pada saluran drainase Jalan Cendrawasih Kota Tarakan. Skripsi, Tarakan: Universitas Borneo Tarakan.
- Talumepa, Marcio Yosua, Lambertus Tanudjaja, Jeffry S. F. Sumarauw. 2018. Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Sangkub Kabupaten Bolaan Mongondow Utara. Jurnal Sipil Statik Vol.5. No.10. Desember 2017 (699-719). ISSN: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi. Manado.