



Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Pada Sungai Sendangan Kecamatan Remboken Kabupaten Minahasa

Putri Tumimomor^{#a}, Jeffry S. F. Sumarauw^{#b}, Tiny Mananoma^{#c}

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

^aputritumimomor021@student.unsrat.ac.id, ^bjeffreysumarauw@unsrat.ac.id, ^ctmananoma@yahoo.com

Abstrak

Sungai Sendangan yang terletak di Kecamatan Remboken, Kabupaten Minahasa, melintasi kawasan pertanian dan pemukiman yang memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap banjir. Kejadian banjir di wilayah ini kerap menimbulkan kerugian, khususnya bagi para petani. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis debit banjir dan tinggi muka air Sungai Sendangan sebagai dasar dalam upaya pengendalian banjir. Analisis frekuensi hujan dilakukan dengan menggunakan metode *Log Pearson III* berdasarkan data curah hujan harian maksimum selama 15 tahun (2009–2023) yang diperoleh dari Pos Hujan Paleloan dan Noongan, dengan distribusi spasial dianalisis menggunakan metode Poligon Thiessen. Pemodelan hidrologi dilakukan menggunakan perangkat lunak HEC-HMS dengan pendekatan Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) metode *Soil Conservation Service (SCS)* untuk transformasi hujan menjadi aliran, metode *SCS Curve Number (CN)* untuk estimasi kehilangan air, dan metode *recession* untuk perhitungan aliran dasar (*baseflow*). Kalibrasi parameter dilakukan terhadap model HSS-SCS berdasarkan uji kecocokan debit puncak. Simulasi debit banjir untuk berbagai kala ulang kemudian dimasukkan ke dalam program HEC-RAS guna menganalisis profil muka air pada penampang sungai yang telah diukur. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada seluruh kala ulang yang dianalisis, debit banjir menyebabkan luapan air, sehingga sungai Sendangan tidak mampu menampung aliran banjir secara optimal.

Kata kunci: debit puncak, HEC-HMS, HEC-RAS, Sungai Sendangan, tinggi muka air

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Banjir terjadi ketika debit air melebihi kapasitas tampang sungai yang menyebabkan air meluap. Karakteristik daerah aliran sungai (DAS) sangat mempengaruhi durasi dan intensitas banjir. Banjir menyebabkan kerusakan pada pemukiman, saluran drainase, irigasi, lahan pertanian, dan infrastruktur umum seperti jalan.

Sungai Sendangan yang terletak di Kecamatan Remboken, Kabupaten Minahasa, merupakan salah satu aliran sungai yang memiliki peran penting dalam sistem drainase alami dan keseimbangan lingkungan wilayah tersebut. Dalam beberapa tahun terakhir, wilayah sekitar Sungai Sendangan sering mengalami genangan bahkan banjir, terutama saat terjadi hujan dengan intensitas tinggi. Kejadian ini tidak hanya mengganggu aktivitas masyarakat, tetapi juga berpotensi menyebabkan kerusakan pada infrastruktur, lahan pertanian, dan pemukiman di sekitarnya.

Mengacu pada banjir yang pernah terjadi di Sungai Sendangan, diperlukan upaya untuk mengendalikan debit banjir dan metode yang dapat digunakan untuk memodelkan hubungan antara hujan dan limpasan permukaan adalah metode Hidrograf Satuan Sintesis *Soil Conservation Service (HSS-SCS)*.

1.2. Rumusan Masalah

Apakah kapasitas penampang sungai masih cukup untuk menampung debit air yang ada jika terjadi hujan deras. Penting untuk mengetahui volume debit banjir dan elevasi tinggi muka air.

1.3. Batasan Penelitian

1. Perhitungan yang dilakukan hanya pada sungai Sendangan
2. Analisis hidrologi menggunakan data hujan harian maksimum
3. Analisis dihitung menggunakan program komputer HEC-HMS untuk analisis hidrologi dan HEC-RAS untuk analisis hidraulika
4. Kala ulang rencana dibatasi pada 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun

1.4. Tujuan Penelitian

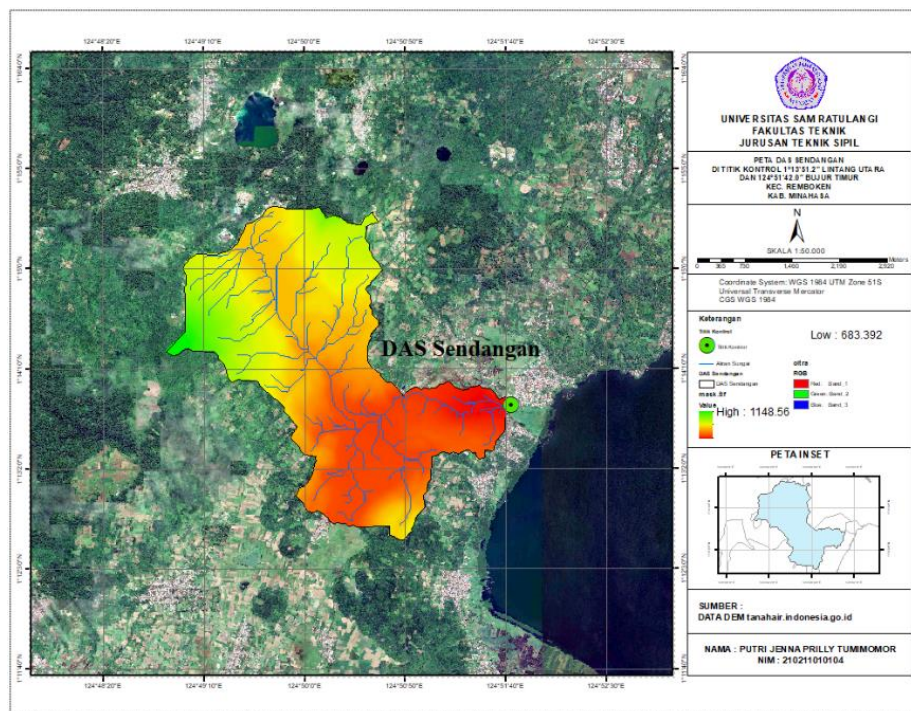
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besaran debit banjir dengan berbagai kala ulang dan elevasi tinggi muka air Sungai Sendangan, Kecamatan Remboken, Kabupaten Minahasa.

1.5. Manfaat Penelitian

Memberikan informasi kepada pihak terkait mengenai besaran debit banjir di Sungai Sendangan, sehingga data tersebut dapat digunakan dalam perencanaan penanganan masalah banjir di Sungai Sendangan.

1.6. Lokasi Penelitian

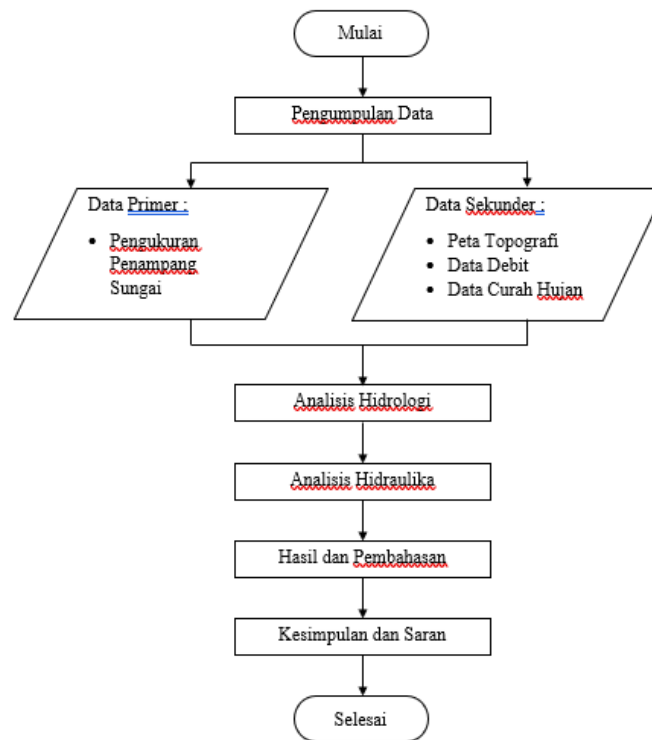
Lokasi penelitian terletak pada DAS Tondano tepatnya sungai Sendangan di Kecamatan Remboken Kabupaten Minahasa. Dengan titik kontrol terletak pada 1°13'51.2" Lintang Utara 124°51'42.0" Bujur Timur.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (ArcMap 10.8)

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 berkelanjutan di mana air mengalami perpindahan melalui atmosfer, permukaan bumi, dan bawah permukaan. Proses ini dimulai dengan penguapan air dari laut, danau, sungai, dan vegetasi yang kemudian berubah menjadi uap air akibat energi matahari.

3.2. Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu kesatuan wilayah tata air yang terbentuk secara alamiah, dimana semua air hujan yang jatuh ke daerah ini akan mengalir melalui sungai dan anak sungai yang bersangkutan. (Putra et al., 2019).

Terdapat 3 komponen Daerah Aliran Sungai (DAS) yaitu hulu das yang merupakan wilayah sumber aliran sungai yang biasanya berada di daerah pegunungan. Kemudian bagian tengah yaitu wilayah transisi dengan kemiringan sedang dan aktivitas penggunaan lahan yang tinggi. Hilir DAS merupakan daerah mendekati muara sungai yang sering menjadi pusat pertanian dan pemukiman.

3.3. Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan kawasan adalah proses pengolahan data curah hujan dari beberapa stasiun hujan untuk mendapatkan besaran hujan di suatu wilayah. Metode yang digunakan untuk menganalisis hujan kawasan adalah Metode Aritmatika, Metode *Polygon Thiessen* dan Metode *Isohyet*.

1) Metode Aritmatika

Metode ini dilakukan dengan pengukuran di beberapa stasiun secara bersamaan, dijumlahkan dan kemudian dibagi dengan jumlah stasiun yang ada.

2) Metode *Polygon Thiessen*

Penggunaan metode ini diperlukan data kedalaman hujan dari seluruh Daerah Aliran Sungai (DAS) dari beberapa stasiun hujan yang tersebar di seluruh wilayah tersebut.

3) Metode *Isohyet*

Metode isohyet adalah metode grafis yang menghubungkan titik-titik dengan curah hujan yang

sama pada peta untuk membentuk garis isohyet. Luas antar garis dihitung dan digunakan untuk menentukan rata-rata curah hujan wilayah.

3.4. Analisis Outlier

Uji outlier merupakan teknik statistik yang ditujukan untuk mengidentifikasi data yang berbeda atau tidak biasa dari data lain dalam suatu sampel.

Syarat uji outlier yaitu:

- Jika $Cs_{log} > 0,4$ maka : uji *outlier* tinggi, koreksi data, uji *outlier* rendah, koreksi data.
- Jika $Cs_{log} < -0,4$ maka : uji *outlier* rendah, koreksi data, uji *outlier* tinggi koreksi data.
- Jika $0,4 < Cs_{log} < 0,4$ maka : uji *outlier* tinggi atau rendah secara bersama-sama, koreksi data

Rumus yang digunakan dalam uji outlier:

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

$$S_{log} = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (\log Xi - \overline{\log X})^2} \quad (2)$$

$$\text{Outlier tinggi: } \log X_h = \overline{\log x} + Kn \cdot S_{log} \quad (3)$$

$$\text{Outlier rendah: } \log X_l = \overline{\log x} - Kn \cdot S_{log} \quad (4)$$

Dengan:

Cs_{log} = Koefisien *Skewness* (dalam log).

S_{log} = Standar deviasi (dalam log).

n = Jumlah data.

$\overline{\log Xi}$ = Nilai Rerata Data (dalam log).

Kn = Nilai K (diambil dari *outlier test K value*).

Nilai Kn dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Kn = (-3,62201) + \left(6,28446 \times n^{\frac{1}{4}}\right) - \left(2,49835 \times n^{\frac{1}{2}}\right) + \left(0,491436 \times n^{\frac{3}{4}}\right) - (0,037911 \times n) \quad (5)$$

3.5. Parameter Statistik

Parameter statistik dalam analisis hidrologi digunakan untuk memahami karakteristik data hidrologi seperti curah hujan, debit sungai, dan tinggi muka air.

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

a) Rata – rata Hitung (*Mean*)

Rata – rata hitung merupakan nilai rata – rata atau nilai tengah dari data dengan persamaan sebagai berikut:

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

Dengan:

\bar{X} = Nilai rata-rata

n = Jumlah data

X_i = Nilai varian

b) Simpangan Baku

Mengukur seberapa besar penyebaran data terhadap rata-rata.

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

Dengan :

S = Standar deviasi.

\bar{X} = Nilai rata – rata.

n = Jumlah data.

X_i = Nilai varian.

c) Koefisien *Skewness* (Kemencengan)

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

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2).S^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \quad (8)$$

Dengan :

Cs = Koefisien Kemencengan.

S = Standar deviasi.

\bar{X} = Nilai rata – rata

n = Jumlah data.

X_i = Nilai varian.

d) Koefisien Variasi

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

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

Dengan :

Cv = Koefisien variasi

S = Standar deviasi

\bar{X} = Nilai rata-rata

3.6. Pemilihan Distribusi Probabilitas

Dalam analisis frekuensi hidrologi, pemilihan jenis distribusi probabilitas yang tepat sangat penting untuk memastikan estimasi yang akurat terhadap curah hujan maksimum atau debit banjir. Beberapa distribusi yang umum digunakan meliputi distribusi Normal, Log-Normal, Gumbel, dan Log Pearson Tipe III.

1. Tipe Distribusi Normal

$$Cs \approx 0 ; Ck \approx 3$$

2. Tipe Distribusi Log Normal

$$Cs \approx Cv^3 + 3Cv ; Ck \approx Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$$

3. Tipe Distribusi Gumbel

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

Bila kriteria ketiga sebaran di atas tidak memenuhi, kemungkinan tipe sebaran yang cocok adalah:

4. Tipe Distribusi Log Pearson III

Persamaan Distribusi Log Pearson Tipe III:

$$\log X = \overline{\log x} + K_{TR,CS} \cdot S_{\log X} \quad (11)$$

Dengan:

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

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

$K_{TR,CS}$ = 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 pembagi intensitas hujan yang didasari oleh pola hujan pada suatu daerah. Pada penelitian ini digunakan pola hujan Kota Manado, Kabupaten Minahasa Utara dan Kabupaten Minahasa yang terjadi dalam waktu 7 – 10 jam

3.8. Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah estimasi debit maksimum sungai yang diperkirakan akan terjadi pada periode ulang tertentu (misalnya 5, 10, 25, 50, atau 100 tahun).

3.9. Hidrograf Satuan Sintetis

Hidrograf satuan sintetis adalah pendekatan untuk membentuk hidrograf satuan berdasarkan parameter daerah aliran sungai tanpa membutuhkan data pengamatan langsung debit dan curah hujan.

3.10. Kalibrasi Model

Kalibrasi model merupakan suatu proses penyesuaian dan perbandingan hasil simulasi debit banjir dengan kondisi nyata di lapangan. Kalibrasi ini penting untuk mendapatkan nilai parameter HSS-SCS yang bisa menggambarkan kondisi sungai secara nyata.

3.11. Simulasi Banjir Dengan Program Komputer HEC-HMS

Setelah dilakukan kalibrasi ada parameter – parameter yang ada, parameter – parameter tersebut kemudian akan digunakan sebagai parameter pada komponen sub-DAS untuk perhitungan debit banjir.

3.12. Analisis Tinggi Muka Air

Analisis tinggi muka air pada penelitian ini akan menggunakan program HEC-RAS. Diperlukan data masukan seperti penampang data saluran, karakteristik saluran untuk nilai koefisien “n” manning, dan data debit banjir untuk perhitungan steady flow.

Untuk data penampang sungai Sendangan di Kecamatan Remboken diambil sejauh 200 meter dari hilir.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Data Curah Hujan

Analisis curah hujan DAS Sendangan dilakukan menggunakan data curah hujan harian maksimum yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan memperhatikan pos hujan yang berpengaruh terhadap DAS.

Berikut merupakan pos-pos hujan yang berada di sekitar DAS Sendangan. Pos hujan yang berpengaruh terhadap DAS Sendangan adalah pos hujan Paleloan dan Noongan.

4.2 Penentuan Tipe Distribusi Hujan

Penentuan tipe distribusi adalah dengan melihat kecocokan nilai dari parameter statistik C_s , C_v , dan C_k dengan syarat untuk tiap tipe distribusi. Penentuan jenis sebaran disajikan dalam Tabel 2.

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* tipe III.

4.3 Curah Hujan Rencana

Nilai $C_{log X}$ juga diperlukan untuk mencari nilai K . Perhitungan dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung parameter statistik sehingga didapatkan hasil $C_{Slog} = -0,472$ (kemencengan negatif). Faktor frekuensi K untuk tiap kala ulang terdapat pada tabel K_T untuk kemencengan negatif yang ditentukan dengan menggunakan nilai C_{SlogX} dan kala ulang dalam tahun.

Selanjutnya perhitungan hujan kala ulang 5 tahun

$$\begin{aligned}\log X_{TR} &= \bar{Y} + K_{TR, Cs} \cdot S_{logx} = 1,994 + 0,886 \cdot 0,164 \\ &= 2,139 \\ X_{TR} &= 10^{2,139} \\ &= 137,78 \text{ mm}\end{aligned}$$

Hasil pada Tabel 4 merupakan hasil perhitungan menggunakan rumus persamaan untuk tipe sebaran Log Pearson III untuk tiap kala ulang.

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

Data Hujan Harian Maksimum			
No	Tahun	Pos Hujan	
		Paleloan	Noongan
1	2009	43,00	396,40
2	2010	67,20	194,40
3	2011	90,90	405,20
4	2012	69,80	319,50
5	2013	66,50	337,00
6	2014	110,50	330,70
7	2015	64,90	335,90
8	2016	115,50	371,00
9	2017	160,20	573,60
10	2018	126,50	290,40
11	2019	157,30	294,50
12	2020	157,30	254,20
13	2021	106,10	363,40
14	2022	99,80	305,00
15	2023	118,40	308,50

Tabel 2. Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan
Normal	$C_s \approx 0$	0,203
	$C_k \approx 0$	2,655
Log Normal	$C_s \approx C_v^3 + 3 \cdot C_v = 1,22$	0,617
	$C_k \approx C_v^8 + 6 \cdot C_v^6 + 15 \cdot C_v^4 + 16 \cdot C_v^2 + 3$	5,206
Gumbel	$C_s \approx 1,14$	0,203
	$C_k \approx 5,40$	2,655
Log Pearson III	Bila tidak ada parameter statistik yang memenuhi syarat sebelumnya	-

Tabel 3. Nilai C_{slog} Terhadap Kala Ulang

Cslog	Periode Ulang/Kala Ulang (Tahun)					
	2	5	10	25	50	100
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,472	0,078	0,856	1,220	1,578	1,793	1,976
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955

(Bambang Triatmodjo, 2008)

Tabel 4. Nilai Curah Hujan Rencana

Kala Ulang (TR)	Curah Hujan (mm)
5 Tahun	128,554
10 Tahun	156,419
25 Tahun	198,713
50 Tahun	235,935
100 Tahun	278,601

4.4 Pola Distribusi Hujan Jam – Jaman

Pola distribusi hujan jam-jaman untuk analisis selanjutnya diperoleh dengan mengalikan besarnya hujan tiap kala ulang ke tiap presentase distribusi hujan (Tabel 5). Distribusi hujan rencana pada berbagai kala ulang ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 5. Pola Distribusi Hujan Manado, Minahasa Utara, dan Minahasa
(Jeffry Singly Frans Sumarauw, 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

Tabel 6. Distribusi Hujan Rencana Berbagai Kala Ulang

Jam Ke	Kala Ulang (Tahun)				
	P (mm)				
	5	10	25	50	100
1	66,46	71,06	74,58	76,16	77,21
2	32,91	35,19	36,93	37,71	38,23
3	11,30	12,08	12,68	12,95	13,12
4	6,45	6,89	7,23	7,39	7,49
5	3,83	4,10	4,30	4,39	4,45
6	1,77	1,89	1,98	2,02	2,05
7	3,18	3,40	3,57	3,64	3,69
8-10	1,62	1,73	1,82	1,86	1,88
Total	127,51	136,34	143,09	146,12	148,13

4.5 Perhitungan Nilai SCS Curve Number

Tabel 7. Jenis dan Tutup lahan DAS Danowudu
(Analisis Data, 2025)

Jenis Tutupan Lahan	Luas Km ²	Presentase (%)
Belukar	0,73	6,01
Pemukiman	0,38	3,13
Pertanian Lahan Kering	7,11	58,45
Sawah	3,94	32,41
Jumlah	12,17	100

Nilai *CN* adalah angka yang menunjukkan seberapa besar potensi limpasan permukaan akibat hujan, berdasarkan jenis tanah, penggunaan lahan, dan kondisi kelembaban tanah. Nilai *CN* rata-rata untuk DAS Sendangan dapat dilihat dengan cara menjumlahkan hasil kali antara tiap nilai *CN* untuk masing-masing tutup lahan dengan presentase luas lahan terhadap luas total.

Tabel 8. Perhitungan Nilai *CN* Rata – Rata DAS Sendangan
(Analisis Data, 2025)

Jenis Tutupan Lahan	Luas Km ²	Presentase (%)	<i>CN</i> Tiap Lahan	<i>CN</i>
Hutan	0,73	6,01	79	4,74
Pemukiman	0,38	3,13	91	2,85
Pertanian Lahan Kering	7,11	58,45	84	49,10
Sawah	3,94	32,41	84	27,22
Jumlah	12,17	100,00		83,92

Nilai *CN* rata – rata DAS Sendangan adalah 83,92.

4.6 Analisis Debit Banjir Rencana

Pemodelan hujan aliran pada program komputer *HEC – HMS* akan menggunakan metode *HSS Soil Conserveation Service*, dan untuk kehilangan air dengan *SCS Curve Number (CN)*. Untuk aliran dasar (*baseflow*) akan menggunakan metode *recession*. Asumsi *lag time* awal dari DAS Sendangan dengan data parameter DAS sebagai berikut:

L = 8,430 m

s = 0,055 m/m

CN = 83,92

Perhitungan dilakukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Tl &= \frac{L^{0,8}(2540-22,86 \text{ CN})^{0,7}}{14,104 \text{ CN} \times S^{0,5}} \\
 &= \frac{8430^{0,8}(2540-22,86 \cdot 83,92)^{0,7}}{14,104 \cdot 83,92 \times 0,055^{0,5}} \\
 &= 6,75 \text{ jam} \\
 &= 404,96 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Dalam penelitian ini untuk mengetahui data debit sungai Sendangan, maka akan dilakukan metode analisis regional. Didapatkan data debit rata-rata Sungai Sendangan Tahun 2023 adalah 0,457 m³/det. Debit ini akan digunakan sebagai *initial discharge* pada program komputer HEC-HMS.

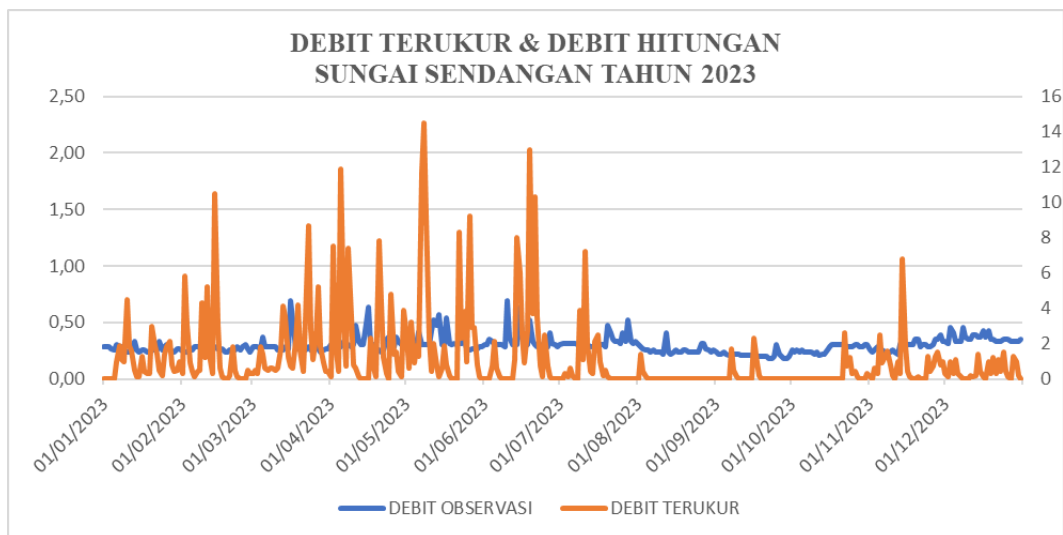
4.7 Parameter Hasil Kalibrasi

Parameter hasil kalibrasi yang menggunakan program komputer HEC-HMS mendapatkan hasil kalibrasi debit puncak sama dengan 6,0 m³/det melebihi nilai debit terukur 4,3 m³/det maka akan dilakukan metode *Trial and Error* pada parameter - parameter yang ada sehingga debit hasil akan memenuhi ketentuan. Berikut adalah parameter - parameter hasil kalibrasi

Tabel 9. Parameter – Parameter Hasil Kalibrasi

<i>CN</i>	75
<i>Recession constant</i>	0,1
<i>Ratio to Peak</i>	0,3
<i>Initial Discharge</i>	0,457
<i>Lag Time</i>	405

4.8 Data Debit Hasil Perhitungan dan Data Debit Terukur



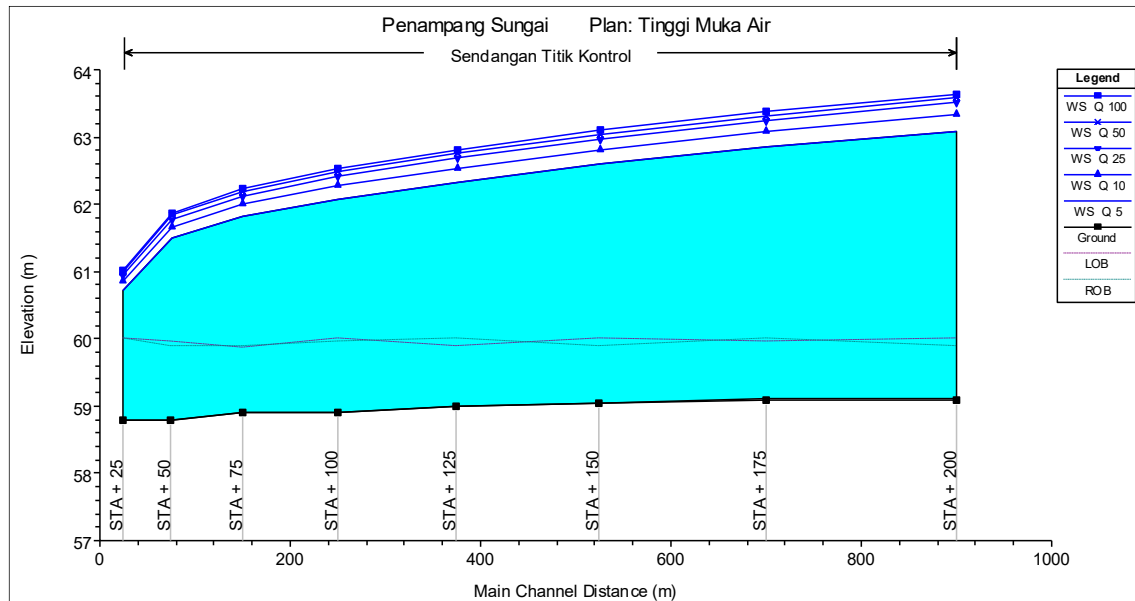
Gambar 3. Grafik Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur

Grafik di atas merupakan perbandingan dari data debit hasil perhitungan dan debit terukur yang nilai debit puncaknya sudah mendekati.

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

Analisis tinggi muka air pada penelitian ini akan menggunakan program HEC-RAS. Diperlukan data masukan seperti penampang data saluran, karakteristik saluran untuk nilai koefisien “n” manning, dan data debit banjir untuk perhitungan steady flow. Untuk data penampang sungai Sendangan di Kecamatan Remboken diambil sejauh 200 meter dari hilir.

Hasil simulasi menunjukkan adanya luapan air yang terjadi pada STA 0+25, STA 0 + 50, STA 0 + 75, STA 0 + 100, STA 0 + 125, STA 0 + 150, STA 0 + 175, dan STA 0 + 200 pada semua debit banjir kala ulang.



Gambar 4. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Sendangan

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun (Q_5) = 21 m³/det, kala ulang 10 tahun (Q_{10}) = 23,4 m³/det, kala ulang 25 tahun (Q_{25}) = 25,3 m³/det, kala ulang 50 tahun (Q_{50}) = 26,1 m³/det, dan kala ulang 100 tahun (Q_{100}) = 26,7 m³/det.

Hasil simulasi menunjukkan adanya luapan air yang terjadi pada STA 0+25, STA 0+50, STA 0+75, STA 0+100, STA 0+125, STA 0+150, STA 0+175, STA 0+200, sehingga Sungai Sendangan tidak mampu menampung aliran banjir secara optimal.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis dan temuan dalam penelitian ini, disarankan agar dilakukan upaya penanggulangan banjir secara struktural di wilayah aliran Sungai Sendangan, khususnya yang melintasi Kecamatan Remboken. Salah satu langkah strategis yang dapat diterapkan adalah pembangunan tanggul pengaman banjir pada kedua sisi sungai. Tanggul tersebut perlu dirancang dengan mempertimbangkan tinggi muka air maksimum hasil simulasi banjir pada berbagai kala ulang, sehingga dapat meminimalisir resiko genangan air serta dampak kerugian yang ditimbulkan.

Referensi

- Acworth, R. I. (2009). Surface Water And Groundwater: Understanding The Importance Of Their Connections. In *Australian Journal Of Earth Sciences* (Vol. 56, Issue 1, Pp. 1–2).
- Ananta, M. I., Curah, A., Rancangan, H., Daerah, D., Sungai, A., Manikin, B., Kupang, K., Ananta, M. I., Limantara, L. M., Fidari, J. S., & Nurdin, H. (2024). Analisa Curah Hujan Rancangan Di Daerah Aliran Sungai Bendungan Manikin Kabupaten Kupang. In *Jurnal Teknik Sipil* (Vol. 13, Issue 1).
- Ginting, S. H. (2019). Hujan Rencanaberdasarkan Analisis Frekuensi Regional Dengan Metode T1-Moment. *Jurnal Sumber Daya Air*, 12(1).
- Ilham, M., & Dwi Refika, C. (N.D.). *Analisis Debit Banjir Dengan Metode Hss Scs Dan Metode Melchior Di Sungai Krueng Meureudu*. 7.
- Irawan, P., Ikhsan, J., Atmaja, S., & Komala Sari, N. (2020). *Akselerasi: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Analisis Dan Pemetaan Isohyet Curah Hujan Berbagai Periode Ulang Tahun (Puh) Das Citanduy Hulu*.

2(1).

Kapantow, B., Mananoma, T., & Sumarauw, J. S. F. (2017). Analisis Debit Dan Tinggi Muka Air Sungai Paniki Di Kawasan Holland Village. *Jurnal Sipil Statik*, 5(1), 21–29.

Kondo, A. S., Sumarauw, J. S. F., & Supit, C. J. (2020). Analisis Kapasitas Penampang Sungai Mawalelong Di Desa Leleko Kecamatan Remboken Minahasa. *Jurnal Sipil Statik*, 8(6), 843–848.

Levizzani, V., & Cattani, E. (2019). Satellite Remote Sensing Of Precipitation And The Terrestrial Water Cycle In A Changing Climate. In *Remote Sensing* (Vol. 11, Issue 19). Mdp Ag.

Liany, M. K., Hendratta, A., Singly, J., & Sumarauw, F. (2017). Analisis Debit Dan Tinggi Muka Air Sungai Tondano Di Jembatan Desa Kuwil Kecamatan Kalawat. *Jurnal Sipil Statik*, 5, 175–185.

Makal, A. P., Mananoma, T., & Sumarauw, J. S. F. (N.D.). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Kawangkoan Di Desa Kawangkoan Kecamatan Kalawat Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 8(3), 283–292.

Mamuaya, F. L., Sumarauw, J. S. F., & Tangkudung, H. (2019). Analisis Kapasitas Penampang Sungai Roong Tondano Terhadap Berbagai Kala Ulang Banjir. *Jurnal Sipil Statik*, 7(2), 179–188.

McMillan, H., Araki, R., Gnann, S., Woods, R., & Wagener, T. (2023). How Do Hydrologists Perceive Watersheds? A Survey And Analysis Of Perceptual Model Figures For Experimental Watersheds.

Hydrological Processes, 37(3).

Oroh, F., Mananoma, T., & Tangkudung, H. (2019). Evaluasi Kapasitas Penampang Terhadap Debit Banjir Sungai Tondano Di Jembatan Ringroad. *Jurnal Sipil Statik*, 7(9), 1159–1168.

Praktikum Acara 1 Analisis Hujan Wilayah: Metode Aritmatika Dan Poligon Thiessen. (N.D.).

Ryka, H., Kencanawati, M., Syahid, A., Studi Teknik Perminyakan Stt Migas Balikpapan, P., Kunci, K., Informasi Geografis, S., & Sig, A. (N.D.). *Sistem Informasi Geografis (Sig) Dengan Arcgis Dalam Pemanfaatan Analisis Banjir Di Kelurahan Sepinggan Geographic Information System (Gis) With Arcgis In Utilizing Flood Analysis In Sepinggan Village*.

Singly, J., & Sumarauw, F. (2016). Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman Daerah Minahasa Selatan Dan Tenggara. *Jurnal Sipil Statik*, 4(11), 675–686.

Syafullah Fattah, R., Irwan, A., & Yunus, I. (2023). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Cipondoh Di Kota Tangerang. *Inter Tech*, 1(2), 51–62.

Teknologi Berkelanjutan, J., Fahraini, A., Achmad Rusdiansyah, Dan, Jenderal Yani Km, J. A., & Selatan, K. (2020). Analisis Keandalan Metode Analisa Frekuensi Dan Intensitas Hujan Berdasarkan Data Curah Hujan Klimatologi.

U.S. Soil Conservation Service. (1972). *National Engineering Handbook, Section 4: Hydrology*. U.S. Department of Agriculture.