



Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Danowudu Kota Bitung

Angelina Sumlang^{#a}, Jeffry S. F. Sumarauw^{#b}, Tiny Mananoma^{#c}

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

^aangelinasumlang021@student.unsrat.ac.id, ^bjeffrysumarauw@unsrat.ac.id, ^ctmananoma@yahoo.com

Abstrak

Sungai Danowudu yang terletak di Kota Bitung, Sulawesi Utara, memiliki peran dalam mendukung aktivitas kehidupan masyarakat di sekitarnya. Namun demikian, intensitas curah hujan yang tinggi di kawasan tersebut kerap memicu peningkatan debit aliran sungai yang pada akhirnya menimbulkan banjir dan berdampak negatif terhadap lingkungan sekitar, termasuk kawasan permukiman dan jalur transportasi. Oleh sebab itu, diperlukan analisis terhadap debit banjir dan tinggi muka air untuk mengidentifikasi potensi risiko yang ada serta menentukan strategi penanggulangan yang efektif. Tahapan analisis diawali dengan melakukan analisis frekuensi hujan menggunakan metode Log *Pearson* Tipe III. Data yang dianalisis merupakan data hujan harian maksimum yang diperoleh dari Pos Hujan Araren Pinenek untuk periode tahun 2009 hingga 2023. Pemodelan hujan aliran dilakukan pada program komputer *HEC-HMS* menggunakan metode *HSS-Soil Conservation Service* dan *SCS Curve Number (CN)* untuk hujan-aliran serta *baseflow* menggunakan metode *recession* dengan mengisi parameter seperti *lag time*, *curve number*, *recession constant*, *baseflow*, dan *ratio to peak*. Debit puncak hasil simulasi dari berbagai kala ulang dimasukkan dalam program komputer *HEC-RAS* untuk simulasi tinggi muka air pada penampang yang telah diukur. Berdasarkan hasil simulasi, diketahui bahwa seluruh penampang sungai STA 0+25 sampai STA 0+200 tidak memiliki kapasitas yang cukup untuk menampung debit aliran mulai dari kala ulang 5 tahun hingga 100 tahun.

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

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Banjir adalah suatu keadaan di mana aliran di saluran atau sungai tidak dapat lagi tertampung. Banjir membawa pengaruh negatif yang besar terhadap infrastruktur, perekonomian bahkan keselamatan manusia. Masalah banjir disebabkan oleh berbagai faktor, baik yang terjadi secara alami maupun yang merupakan akibat dari aktivitas manusia. Upaya penanggulangan masalah banjir dapat dilakukan melalui tindakan-tindakan yang bersifat struktural (fisik) dan non-struktural (non fisik).

Sungai Danowudu terletak di Kota Bitung yang merupakan anak sungai dan bagian dari DAS Girian. Seringnya terjadi curah hujan dengan intensitas yang tinggi membuat sungai ini beberapa kali mengalami peningkatan tinggi muka air. Dikarenakan pemukiman yang berbatasan langsung dengan sungai, banyak rumah dan area pertanian warga yang tergenang.

Berdasarkan masalah yang terjadi maka dibutuhkan upaya pengendalian banjir. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis terhadap besarnya debit banjir dan elevasi tinggi muka air di sungai tersebut agar dapat mengantisipasi berbagai resiko yang nantinya dapat merugikan masyarakat pada daerah tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Terjadinya luapan air di Sungai Danowudu menimbulkan kerugian bagi masyarakat sekitar,

maka diperlukan upaya untuk menangani masalah banjir yang terjadi.

1.3. Batasan Penelitian

1. Lokasi yang akan diteliti adalah Sungai Danowudu dengan titik kontrol yang sejajar dengan Jalan Pemukiman Kelurahan Pinokalan, Kecamatan Ranowulu, Kota Bitung, Sulawesi Utara.
2. Analisis hidrologi menggunakan data hujan harian maksimum.
3. Analisis di hitung menggunakan program komputer HEC-HMS untuk analisis hidrologi dan HEC-RAS untuk analisi hidraulika.
4. Hanya menghitung kala ulang rencana 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun.
5. Penampang melintang sungai yang ditinjau sepanjang 200 meter ke arah hulu dari titik kontrol pengukuran.

1.4. Tujuan Penelitian

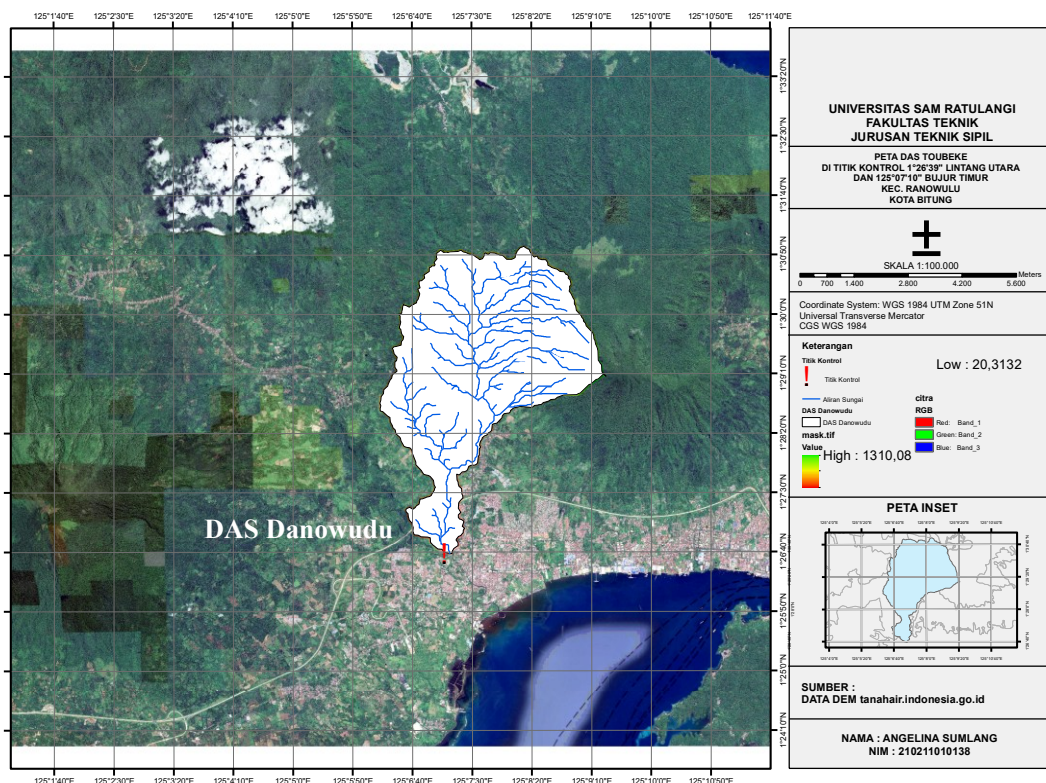
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan besaran debit banjir dengan berbagai kala ulang dan elevasi tinggi muka air pada penampang sungai Danowudu, Kelurahan Pinokalan, Kecamatan Ranowulu, Kota Bitung, Sulawesi Utara.

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan akan bermanfaat dalam pengendalian banjir dilokasi penelitian serta dapat menjadi bahan informasi untuk instansi terkait yang berwenang agar dapat mengantisipasi dampak- dampak negatif yang akan ditimbulkan oleh banjir.

1.6. Lokasi Penelitian

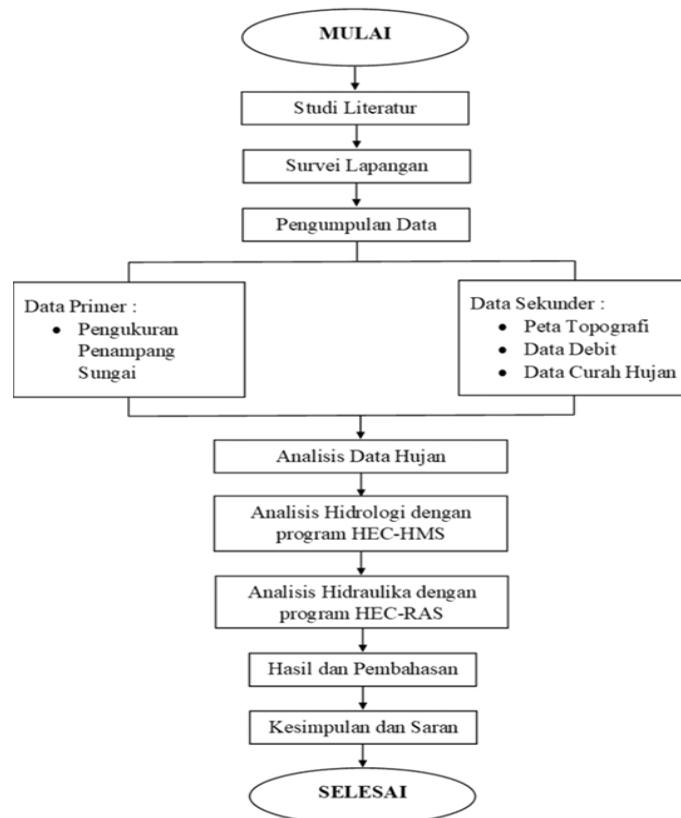
Lokasi penelitian terletak di Kelurahan Pinokalan, Kecamatan Ranowulu, Kota Bitung. Titik kontrol terletak di sungai yang sejajar dengan Jalan Pemukiman Kelurahan Pinokalan. Secara geografis terletak pada 1°26'39" Lintang Utara dan 125°07'10" Bujur Timur.



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 merupakan proses alami pergerakan air ke atmosfer (menguap) yang kemudian akan kembali lagi ke bumi dalam bentuk hujan. Hal ini pun akan berlangsung secara terus-menerus atau bersifat kontinu.

3.2. Daerah Aliran Sungai

Daerah aliran sungai (DAS) merupakan suatu kawasan daratan yang terintegrasi dengan sungai utama beserta anak-anak sungainya. Wilayah ini berperan dalam menampung, menyimpan, serta menyalurkan air hujan secara alami menuju danau atau laut. Batas pemisah dari satu DAS dengan DAS-DAS lain di sekitarnya berupa ketinggian topografi seperti punggung perbukitan maupun pegunungan.

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 aritmatika adalah metode dasar dan yang paling sederhana dalam menganalisis curah hujan rata-rata yang jatuh di dalam suatu kawasan.

2) Metode *Polygon Thiessen*

Penggunaan metode ini dititikberatkan pada analisis curah hujan dengan rata-rata berat kuantitas hujan (*weighted average*) pada wilayah DAS yang ditinjau. Dengan kata lain, metode ini menganalisis seberapa besar bobot/wilayah pengaruh dari penyebaran tiap-tiap stasiun hujan pada daerah tersebut.

3) Metode *Isohyet*

Metode *Isohyet* adalah salah satu metode untuk menganalisis rata-rata curah hujan wilayah yang menggunakan garis bantu dengan nilai hujan yang setara.

3.4. Analisis *Outlier*

Data *outlier* adalah data yang menyimpang terlalu tinggi ataupun terlalu rendah dari sekumpulan data. Kehadiran *outlier* dapat menyebabkan hasil analisis menjadi bias, sehingga tidak mencerminkan kondisi yang sebenarnya. Oleh karena itu, data *outlier* yang teridentifikasi sebaiknya dihapus atau dikecualikan dari analisis lebih lanjut.

Uji data *outlier* mempunyai 3 syarat, yaitu:

1. Koefisien *skewness* dari data sampel $> +0,4$, maka diperlu dilakukan pemeriksaan *outlier* atas,
2. Koefisien *skewness* dari data sampel $< -0,4$, maka perlu dilakukan *outlier* bawah,
3. $-0,4 < \text{koefisien skewness} < +0,4$, maka perlu dilakukan pemeriksaan *outlier* atas dan *outlier* bawah sekaligus sebelum menghilangkan data yang dipandang sebagai *outlier*. Rumus yang digunakan:

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

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

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

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

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

Dengan:

$C_{S_{\log}}$	=	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:

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

3.5. Parameter Statistik

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 nilai (*mean*) adalah sejumlah nilai (n) yang dijumlahkan lalu dibagi dengan banyaknya data dan biasanya dinyatakan dengan simbol \bar{X} dengan persamaan sebagai berikut:

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

Dengan:

\bar{X}	=	Nilai rata-rata
n	=	Jumlah data
X_i	=	Nilai varian

b) Standar Deviasi

Tahapan berikutnya adalah standar deviasi (*Sd*) yang di dalam analisis statistik, ukuran dispersi umumnya digunakan apabila sebaran data terhadap rata-rata besar, maka nilai *Sd* akan besar, demikian juga apabila sebaran data terhadap rata-rata kecil, maka nilai *Sd* akan kecil dengan persamaan sebagai berikut:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (8)$$

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 dari suatu bentuk distribusi. Besarnya kemencengan diukur dengan koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*) yang disimbolkan dengan *Cs* dengan persamaan sebagai berikut:

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2).S^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \quad (9)$$

Dengan :

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

d) Kofisien Variasi

Tahapan lanjutannya adalah koefisien variasi (*coefficient of variation*) yang merupakan nilai perbandingan antara standar deviasi (*Sd*) dengan nilai rata-rata hitung (\bar{X}) dari suatu distribusi data dengan persamaan sebagai berikut:

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

Dengan :

- Cv* = Koefisien variasi
- S* = Standar deviasi
- \bar{X} = Nilai rata-rata

3.6. Pemilihan Distribusi Probabilitas

Analisis ini bertujuan untuk mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas. Metode analisis distribusi frekuensi hujan yang sering digunakan antara lain (Tallar, 2023). Fungsi distribusi peluang yang dipergunakan dalam penulisan ini adalah Distribusi Normal, Distribusi Log-Normal, Distribusi *Gumbel*, Distribusi *Pearson III*, Distribusi *Log-Pearson 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 adalah pembagi intensitas hujan yang didasari oleh pola hujan pada suatu daerah. Dalam penelitian ini digunakan pola hujan Kota Manado dan sekitarnya yang terjadi dalam waktu 7 – 10 jam (Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman Daerah Manado dan Sekitarnya).

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.

3.9. Hidrograf Satuan Sintetis

Menurut definisi, hidrograf satuan sintetis merupakan hidrograf limpasan langsung (tanpa aliran dasar) yang terjadi di hilir DAS akibat hujan efektif sebesar 1 mm yang merata diseluruh permukaan DAS dengan intensitas konstan selama durasi tertentu (Subramaya, 1984).

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

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

3.12. Analisis Tinggi Muka Air

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

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Data Curah Hujan

Analisis curah hujan di Daerah Aliran Sungai Danowudu dilakukan dengan menggunakan data curah hujan maksimum yang didapat dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1 dengan periode pencacatan tahun 2009 sampai dengan tahun 2023. Pos hujan yang digunakan hanya Araren Pinenek. Pos hujan Araren Pinenek merupakan daerah tangkapan hujan untuk Daerah Aliran Sungai Danowudu dan setelah melakukan uji *outlier*, ditemukan data hujan yang menyimpang terlalu tinggi sehingga dilakukanlah koreksi data.

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.

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

No	Tahun	Pos Hujan Araren Pinenek (mm)
1	2009	78,10
2	2010	83,00
3	2011	75,8
4	2012	121,2
5	2013	117,3
6	2014	76,5
7	2015	151,5
8	2016	68,1
9	2017	265,5
10	2018	80,1
11	2019	97,5
12	2020	135,2
13	2021	107,5
14	2022	78,8
15	2023	101,4

Tabel 2. Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Distribusi Normal	$C_s = 0$	1,947	Tidak Memenuhi
	$C_k = 3$	7,773	
Distribusi Log-Normal	$C_s = C_v^3 + 3 C_v = 1,5657$	1,947	Tidak Memenuhi
	$C_k = C_v^8 + 6 \times C_v^6 + 15 \times C_v^4 + 16 \times C_v^2 + 3 = 3,9351$	7,773	
Distribusi Gumbel	$C_s = 1,14$	1,947	Tidak Memenuhi
	$C_k = 5,40$	7,773	
Distribusi Log-Pearson III	Bila tidak memenuhi parameter statistik yang sesuai dengan ketentuan distribusi sebelumnya	-	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 tipe III.

4.3 Curah Hujan Rencana

Nilai $C_{S_{log X}}$ juga diperlukan untuk mencari nilai K . perhitungan dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung parameter statistik sehingga didapat : $C_{S_{log}} = 1,12$ (Kemencengan Positif). Faktor frekuensi K untuk tiap kala ulang terdapat pada tabel K_T untuk kemencengan Positif (terlampir) yang ditentukan dengan menggunakan nilai $C_{S_{log X}}$ dan kala ulang dalam tahun. Selanjutnya adalah perhitungan hujan kala ulang 5 tahun :

$$\begin{aligned} \log X_{TR} &= \bar{Y} + K \cdot S_{\log X} = 2,00 + (0,74 \times 0,14) = 2,10 \\ X_{TR} &= 10^{2,105} \\ &= 128,55 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tabel 3. Nilai C_{Slog} Terhadap Kala Ulang
(Bambang Triatmodjo, 2008)

C_{Slog}	Periode Ulang/Kala Ulang (Tahun)					
	2	5	10	25	50	100
<i>Exceedance Probability</i>						
1,1	-0,1800	0,7450	1,3410	2,0660	2,5850	3,0870
1,127	-0,1841	0,7415	1,3407	2,0717	2,5962	3,1039
1,2	-0,1950	0,7320	1,3400	2,0870	2,6260	3,1490

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

Hasil tabel tersebut merupakan hasil perhitungan menggunakan rumus persamaan untuk tipe sebaran Log Pearson III untuk tiap kala ulang.

4.4 Pola Distribusi Hujan Jam – Jaman

Tabel 5. Curah Hujan Rencana Berdasarkan Pola Distribusi Hujan Manado dan Sekitarnya
(Haniedo Pratama Salem, 2016)

Jam Ke-	1	2	3	4	5	6	7-10
% Distribusi Hujan	54	22	8	6	3	1	3

Tabel 6. Distribusi Hujan Rencana Berbagai Kala Ulang

Jam Ke	Kala Ulang (Tahun)				
	P (mm)				
	5	10	25	50	100
1	69,42	84,47	107,31	127,41	150,44
2	28,28	34,41	43,72	51,91	61,29
3	10,28	12,51	15,90	18,87	22,29
4	7,71	9,39	11,92	14,16	16,72
5	3,86	4,69	5,96	7,08	8,36
6	1,29	1,56	1,99	2,36	2,79
7-10	3,86	4,69	5,96	7,08	8,36
Total (mm)	128,55	156,42	198,71	235,94	278,60

Tabel di atas merupakan hasil perkalian dari curah hujan rencana dengan persentasi distribusi hujan tiap jam.

4.5 Perhitungan Nilai SCS Curve Number

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

Jenis Tutup Lahan	Luas (Km)	Presentase (%)
Tanah yang diolah dan ditanami (konservasi)	16,49	70,16041
Tanah yang diolah dan ditanami (tanpa konservasi)	2,18	9,27754
Hutan (penutupan baik)	4,03	17,16249
Kuburan (kondisi sedang)	0,02	0,07020
Daerah perniagaan dan bisnis (85% kedap air)	0,01	0,05276
Pemukiman (65% kedap air)	0,77	3,27660
Jumlah	23,50	100

Nilai *CN* rata – rata untuk DAS Sungai Danowudu, Kota Bitung didapat dengan menjumlahkan hasil kali antara nilai *CN* tiap tutup lahan dengan persentase luas lahan terhadap luas total.

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

Jenis Tutup Lahan	Luas (Km)	Presentase (%)	<i>CN</i> Tiap Lahan	<i>CN</i>
Tanah yang diolah dan ditanami (konservasi)	16,49	70,16041	88	61,74116
Tanah yang diolah dan ditanami (tanpa konservasi)	2,18	9,27754	78	7,23648
Hutan (penutupan baik)	4,03	17,16249	70	12,01374
Kuburan (kondisi sedang)	0,02	0,07020	79	0,055461
Daerah perniagaan dan bisnis (85% kedap air)	0,01	0,05276	94	0,049594
Pemukiman (65% kedap air)	0,77	3,27660	90	2,948943
Total	23,50	100		84,04538

Nilai *CN* rata – rata DAS Danowudu adalah 84,04.

4.6 Analisa Banjir Rencana

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

$L = 13,1 \text{ Km}$

$s = 0,098 \text{ m/m}$

$CN = 84,04$

Perhitungan dilakukan sebagai berikut :

$T_l = 0,6 T_c$

$T_c = \frac{0.606 (13,1 \times 0,8)^{0,467}}{0,098^{0,234}} = 3,12$

$T_l = 0,6 \times 3,12 = 1,87 \text{ Jam}$
 $= 112,2 \text{ Menit}$

Selanjutnya, menghitung debit di Sungai Danowudu dengan menggunakan metode analisis regional. Didapatkan data debit rata-rata Sungai Danowudu Tahun 2020 adalah $0,434 \text{ m}^3/\text{det}$. Debit ini akan digunakan sebagai *initial discharge* pada program komputer HEC-HMS.

4.7 Parameter Hasil Kalibrasi

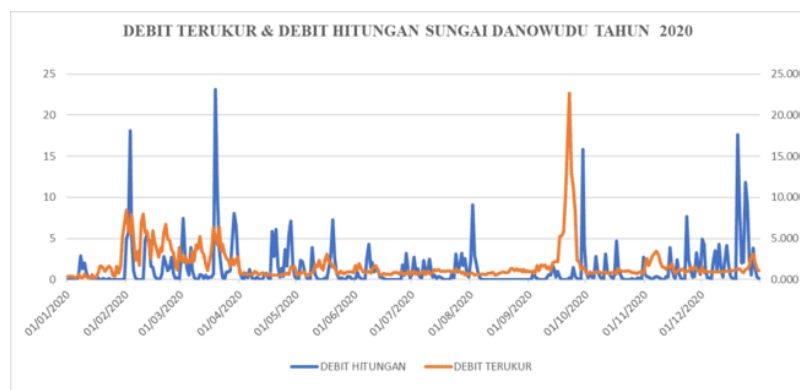
Parameter yang telah dioptimalkan menggunakan program komputer HEC-HMS dikarenakan hasil kalibrasi debit puncak sama dengan $23,1 \text{ m}^3/\text{s}$ yang melebihi nilai debit terukur $19,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Dengan metode *Trial and Error* pada parameter yang ada akan diperoleh debit hasil

yang memenuhi ketentuan. Parameter hasil kalibrasi ditampilkan dalam Tabel 9. Parameter yang telah dioptimasi akan dipakai untuk simulasi debit banjir rencana menggunakan program komputer HEC-HMS.

Tabel 9. Parameter – Parameter Hasil Kalibrasi

<i>CN</i>	64
<i>Recession constant</i>	0,113
<i>Ratio to Peak</i>	0,325
<i>Initial Discharge</i>	0,434
<i>Lag Time</i>	80

4.8 Data Debit Hasil Perhitungan dan Data Debit Terukur

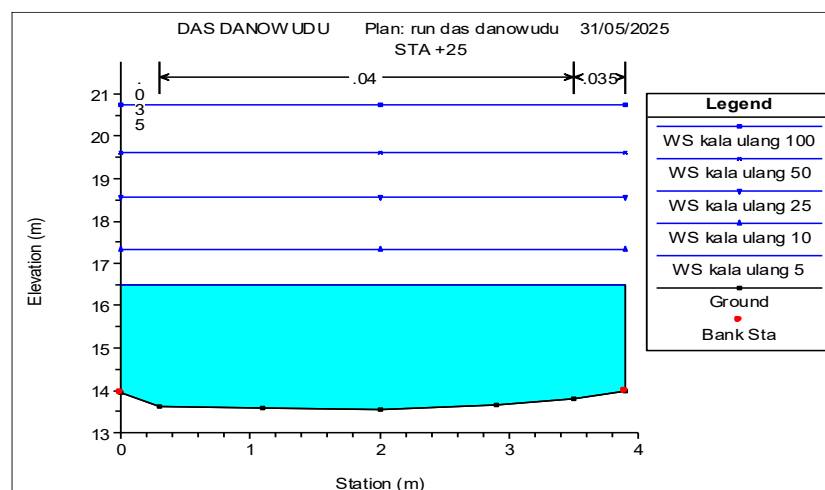


Gambar 3. Grafik Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur

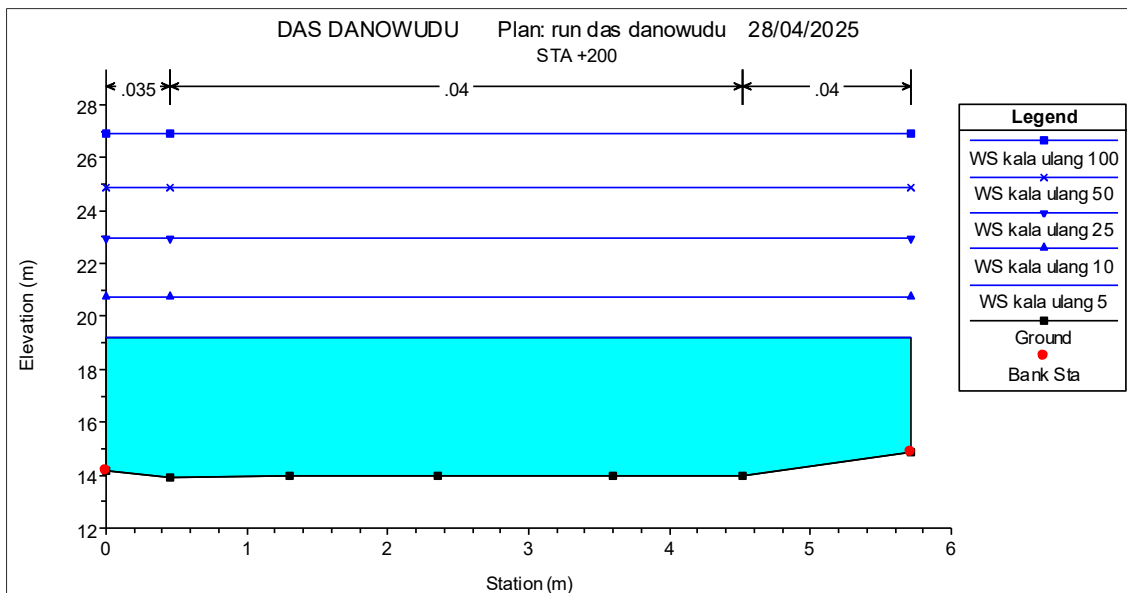
Grafik di atas adalah perbandingan dari data debit hasil perhitungan dan debit terukur, dimana nilai debit puncaknya sudah mendekati.

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

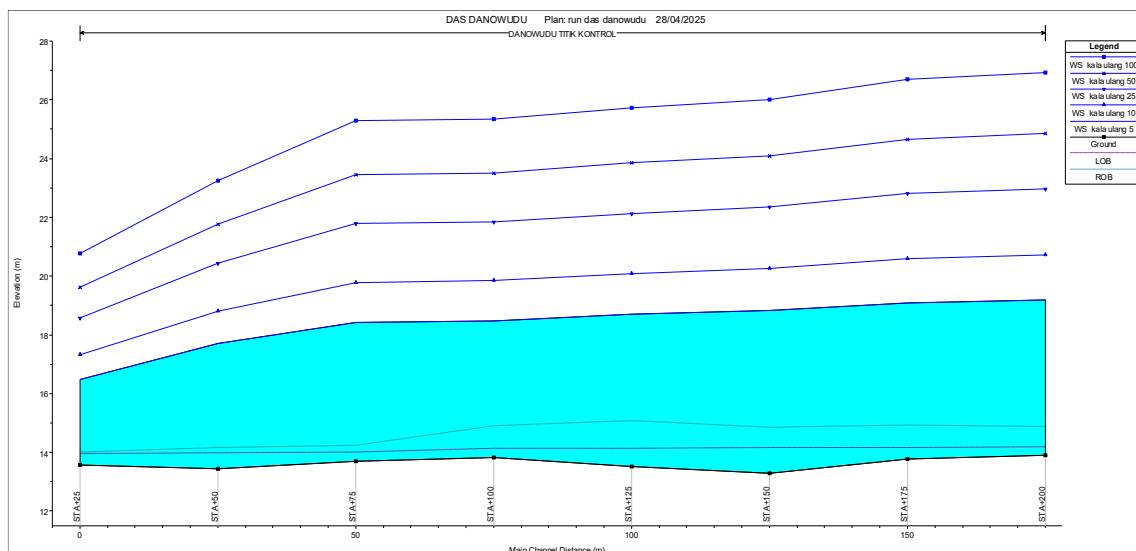
Analisis Hidraulika menggunakan program komputer HEC-RAS dilakukan dengan data masukan yaitu data debit puncak dari perhitungan HSS-SCS yang diolah menggunakan program komputer HEC-HMS, dan data penampang sungai serta koefisien kekasaran saluran (nilai *n manning*). Hasil simulasi menunjukkan adanya luapan air yang terjadi pada STA 0+25, STA 0+50, STA 0+75, STA 0+100, STA 0+125, STA 0+150, 0+175 dan STA 0+200 pada semua debit banjir kala ulang 5, 10, 25, 50 dan 100 Tahun.



Gambar 4. Rangkuman Tinggi Muka Air Sta. 0+25 m



Gambar 5. Rangkuman Tinggi Muka Air Sta. 0+200m



Gambar 6. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Danowudu

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun (Q_5) = 57,7 m³/det, kala ulang 10 tahun (Q_{10}) = 85,8 m³/det, kala ulang 25 tahun (Q_{25}) = 133 m³/det, kala ulang 50 tahun (Q_{50}) = 177,6 m³/det, dan kala ulang 100 tahun (Q_{100}) = 231,2 m³/det. Hasil simulasi menunjukkan adanya luapan air yang terjadi pada seluruh kala ulang di setiap STA.

5.2 Saran

Setelah dilakukan analisis terhadap debit banjir menggunakan program komputer *HEC-HMS* dan tinggi muka menggunakan program komputer *HEC-RAS* air pada sungai Danowudu kecamatan Ranowulu, Kota Bitung. Disarankan untuk dilakukan pembangunan talud disepanjang STA 0+25 hingga STA 0+200 guna mengantisipasi potensi banjir, mengingat besarnya debit banjir yang terjadi di lokasi tersebut. Pembangunan talud ini diharapkan mampu meningkatkan kapasitas tampung sungai serta melindungi daerah sekitar sungai sehingga tidak terjadi luapan di sepanjang lokasi penelitian sungai Danowudu kecamatan Ranowulu, Kota Bitung.

Referensi

- _____. *Data Hujan Harian Pos Hujan Araren Pinenek*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- _____. *Data Debit Harian Sungai Girian*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- _____. *2000.HEC-HMS Technical Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineer, USA.
- _____. *2000.HEC-RAS 5.0 Technical Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineer, USA.
- Chow, V. Te, Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*, MacGraw-Hill. Inc., New York, 572.
- Bambang, Triatmodjo. 2008. *Hidrologi Terapan*. Betta Offset, Yogyakarta
- Lengkey, Anggielina Priska., Tiny Mananoma, Jeffry S. F. Sumarauw. 2019. Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Molinow di Desa Radey Kabupaten Minahasa Selatan. *Jurnal Sipil Statik* Vol.7 No.8 Agustus 2019 (965-974) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado
- Safii, M. A. Z., Mananoma, T., & Sumarauw, J. S. F. (2024). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Serawet Kecamatan Likupang Timur. *Tekno*, 22(87), 1–10.
<https://doi.org/https://doi.org/10.35793/jts.v22i87.54568>
- Sakudu, D. J., Sumarauw, J. S. F., & Mananoma, T. (2023). *Kajian Pengendalian Banjir Di Sungai Kombi Desa Kombi*. 21(85).
- Salem, H. P., Sumarauw, J. S. F., & Wuisan, E. M. (2016). Pola distribusi hujan jam-jaman di Kota Manado dan sekitarnya. *Jurnal Sipil Statik*, 4(3), 203–210.
- Soewarno, 1991, *Hidrologi Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*, Nova, Bandung
- Sondak, Scrivily Witsly., Hanny Tangkudung, S, Hendratta, L. (2019). Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Girian Kota Bitung. *Jurnal Sipil Statik* Vol.7 No.8 Agustus 2019 (1049-1058) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- 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. 2018. *HEC-HMS*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Supit, Cindy J. 2013. The Impact of Water Projects on River Hydrology. *Jurnal Tekno-Sipil* Vol.11 No. 59 Agustus 2013 (56-61) ISSN: 0215-9617, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Supit, Cindy. 2023. *Rekayasa Sumber Daya Air*. Buku Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado