



Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Kalasey Di Kompleks Pabrik Oksigen Kalasey Kabupaten Minahasa

Fayen F. G. Rosok^{#a}, Jeffry S. F. Sumarauw^{#b}, Liany A. Hendratta^{#c}

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

^afayenrosok021@student.unsrat.ac.id, ^bjeffrysumarauw@unsrat.ac.id, ^clianyhendratta@unsrat.ac.id

Abstrak

Sungai Kalasey di Kabupaten Minahasa sering meluap dan menyebabkan banjir di area hilir, sehingga membutuhkan analisis debit banjir dan tinggi muka air. Penelitian ini menganalisis curah hujan harian maksimum pos Tinoor (2009-2023) menggunakan metode Log Pearson III. Pemodelan hujan-aliran dilakukan dengan HEC_HMS metode HSS SCS melalui tahap kalibrasi parameter (lag time, curve number, recession constant, baseflow, dan ratio to peak). Debit puncak hasil simulasi kemudian diintegrasikan ke HEC-RAS untuk memodelkan profil tinggi muka air sungai. Hasil simulasi HEC-RAS menunjukkan bahwa pada kala ulang 2 tahun tidak terjadi luapan di STA 0+25 hingga 0+200, dan pada kala ulang 5 tahun luapan tidak terjadi hanya di STA 0+125. Sementara pada debit kala ulang 10 hingga 100 tahun, luapan terjadi di seluruh titik pengamatan (STA 0+25 sampai STA 0+200).

Kata kunci: Sungai Kalasey, debit banjir, debit puncak, tinggi muka air

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Banjir merupakan suatu peristiwa meluapnya air dari suatu wadah seperti sungai, danau, waduk, dan lain sebagainya. Sungai Kalasey adalah sungai yang pernah meluap mengakibatkan terjadinya banjir di daerah sekitar Kelurahan Kalasey 1 yang di lewati sungai ini. Banjir di kalasey 1 sendiri terjadi pada Oktober 2022 yang mana merendam badan jalan Trans Sulawesi Manado-Tanahwangko.

Maka oleh karena itu diperlukan analisi terhadap besarnya debit banjir dan evaluasi tinggi muka air di sungai kalasey tersebut agar dapat mengantisipasi resiko-resiko yang dapat terjadi yang bisa merugikan masyarakat sekitar daerah tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Tingginya intensitas hujan menyebabkan terjadinya luapan air dari sungai dan menggenangi daerah pemukiman warga di sekitar daerah aliran sungai (DAS) sehingga diperlukan analisis besarnya debit banjir dan elevasi tinggi muka air dalam upaya penanganan banjir dimana meninjau sejauh 200 m.

1.3 Batasan Penelitian

1. Titik kontrol DAS di jembatan jalan Tanahwangko dengan jarak 200 m ke arah hulu;
2. Analisis Hidrologi menggunakan data hujan harian maksimum 15 tahun;
3. Kala ulang rencana 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun;
4. Analisis menggunakan HEC-RAS untuk mendapatkan tinggi muka air banjir.

1.4 Tujuan Penelitian

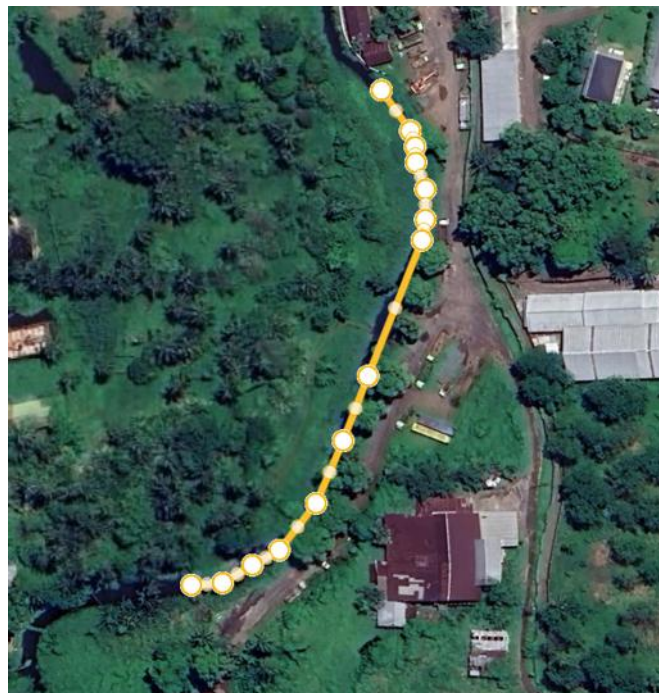
Tujuan dari penelitian yang hendak dicapai dari penelitian adalah untuk mendapatkan besaran debit banjir dan tinggi muka air banjir dengan berbagai kala ulang.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah agar berguna memberi informasi kepada pihak yang memerlukan sebagai referensi untuk penelitian lanjut.

1.6 Lokasi Penelitian

Sungai Kalasey terletak di Kalasey 1, kecamatan mandolang, kabupaten Minahasa. Titik kontrol penelitian terletak di dekat pabrik oksigen dari jalan masuk ke dalam lokasi penelitian. Secara geografis terletak pada $1^{\circ}27'27''$ Lintang Utara $124^{\circ}46'24''$ Bujur Timur.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Google Earth)

2. Tahap Penelitian

Tahap penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.

3. Kajian Literatur

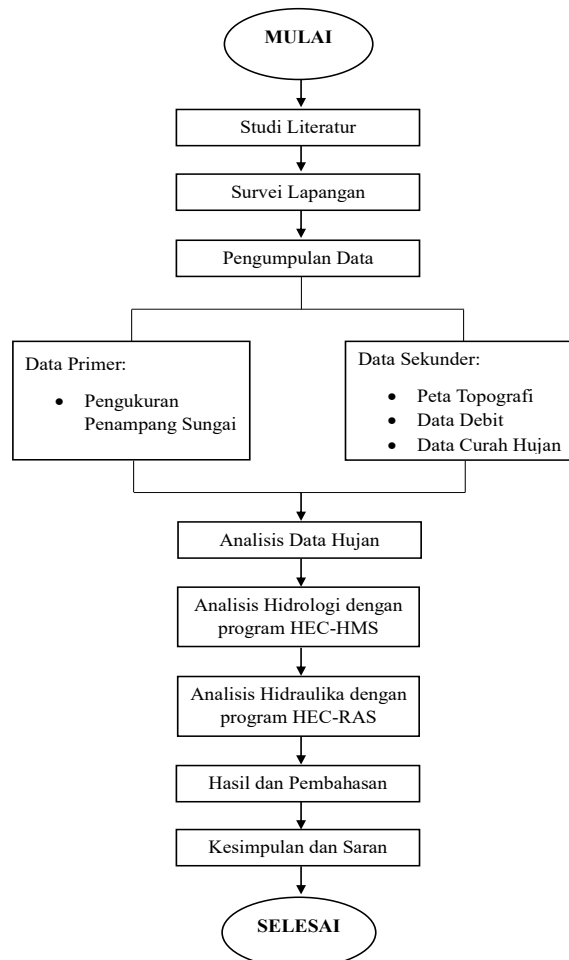
3.1. Daur hidrologi

Daur hidrologi adalah sirkulasi air yang tidak pernah berhenti dari bumi ke atmosfer dan kembali lagi ke bumi. Prosesnya dimulai saat air di permukaan bumi dan tanaman menguap (evaporasi dan transpirasi) ke atmosfer karena panas matahari. Uap air tersebut kemudian mendingin membentuk awan (kondensasi), lalu jatuh kembali ke bumi sebagai hujan (presipitasi). Di bumi, air hujan ada yang tertahan (intersepsi), meresap ke dalam tanah (infiltrasi) menjadi air tanah serta mengalir di permukaan (runoff) menuju sungai dan laut untuk kemudian menguap kembali.

3.2. Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan daerah dimana air mengalir dari puncak atau

punggung bukit menuruni bukit yang kemudian terkumpul kembali dalam sungai yang kemudian akan mengalir lagi ke laut. DAS sendiri umumnya dibatasi oleh batas topografi seperti punggung bukit atau pegunungan.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3.3. Analisis Curah Hujan Rencana

Untuk mendapatkan perkiraan banjir yang akan terjadi, dibutuhkan kedaplaman hujan. Curah hujan rata-rata dari hasil pengukuran hujan di beberapa stasiun pengukuran dapat dihitung dengan metode Poligon Thiessen.

3.4. Analisis Outlier

Data *outlier* adalah data yang secara statistik menyimpang jauh dari kumpulan datanya (Sumarauw, 2023). Ada kemungkinan kesalahan yang terdapat dari data hidrologi tersebut yang didapatkan dari stasiun hujan sehingga dapat mempengaruhi dalam perhitungan analisis hidrologi. Pada data sering kali ditemui data yang tidak memenuhi syarat sehingga di dalam uji *outlier* dilakukan untuk mengoreksi data.

Dalam pengujian data *outlier* mempunyai 3 syarat, sebagai berikut:

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:

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

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

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

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

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

Dengan :

CS_{log} = Koefisien kemencengan dalam log

S_{log} = Simpangan baku

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

Kn = Nilai K (diambil dari *outlier test K value*) tergantung dari jumlah data yang dianalisis

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

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

n = Jumlah data

Nilai Kn dapat 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

Pada umumnya parameter statistik yang umum digunakan dalam analisis data hidrologi adalah: rata – rata dari 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)

Pada umumnya ukuran dispersi yang paling banyak digunakan adalah deviasi standar. 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.

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

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 pada bentuk kurva distribusi yang pada umumnya dibandingkan dengan distribusi normal. Koefisien kurtosis digunakan untuk pengukuran 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:

Ck = Koefisien Kurtosis

S = Standar Deviasi

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

n = Jumlah Data

X_i = Nilai Varian

3.6. Distribusi Probabilitas

Distribusi probabilitas menggambarkan peluang terjadinya sekumpulan varian menggantikan frekuensinya. Analisis ini bertujuan menentukan periode ulang, yaitu perkiraan waktu suatu debit atau curah hujan tertentu akan disamai atau dilampaui satu kali (Triatmodjo dalam Kevin dkk., 2020). Tipe distribusi peluang yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Tipe distribusi Normal

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

2. Tipe distribusi Log Normal

$$Cs \approx Cv^3 + 3.Cv$$

$$Ck \approx Cv^8 + Cv^6 + 25Cv^4 + 16Cv^2 + 3$$

3. Tipe distribusi *Gumbel*

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

4. Tipe distribusi *Log Pearson III*

Apabila kriteria ketiga sebaran tidak memenuhi, maka tipe sebaran yang cocok adalah tipe distribusi *Log Pearson III*

Persamaan distribusi *log Pearson III*:

$$\log X = \overline{\log X} + K_{TR,Cs} \cdot S_{\log x} \quad (12)$$

Dengan:

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

$\overline{\log X}$ = Rata – rata nilai X hasil pengamatan.

$K_{TR,Cs}$ = 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 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 adalah debit maksimum sungai dengan periode ulang tertentu yang dihitung berdasarkan data curah hujan, luas daerah tangkapan air, dan tutupan lahan. Debit ini umumnya diperoleh melalui beberapa metode, dan tugas akhir ini menggunakan metode empiris hidrograf satuan.

3.9. Hidrograf Satuan Sintesis

Hidrograf merupakan grafik yang menggambarkan variasi debit aliran atau muka air terhadap waktu di suatu titik tertentu pada sungai atau saluran. Grafik ini menunjukkan tanggapan menyeluruh Daerah Aliran Sungai (DAS) terhadap masukan air, di mana bentuk dan nilainya akan selalu berubah sesuai dengan karakteristik DAS serta besaran dan waktu terjadinya hujan.

3.10. Kalibrasi Model

Kalibrasi merupakan suatu proses dimana nilai dari hasil perhitungan dibandingkan dengan nilai hasil dari observasi lapangan. Kalibrasi parameter *HSS-SCS* perlu dilakukan untuk mendapatkan nilai-nilai parameter *HSS-SCS* yang optimal dengan membandingkan hasil simulasi *HEC-HMS* dengan data debit yang terukur 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*).

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Analisis Daerah Aliran Sungai (DAS)

Analisis daerah aliran sungai (DAS) dilakukan untuk mengetahui luas DAS Sungai Kalasey. Perhitungan DAS dilakukan dengan menggunakan Peta Rupabumi Wilayah Manado dengan skala peta 1:50.000 dimana batas DAS yang di gambar di peta rupabumi di salin di kertas milimeter blok. Dari data tersebut diperoleh luas DAS Kalasey sebesar 14,2 km².

4.2 Data Curah Hujan

Analisis curah hujan DAS Kalasey dilakukan dengan memakai data curah hujan harian maksimum yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan periode pencatatan tahun 2009 sampai dengan tahun 2023. Analisis pos hujan yang berpengaruh di DAS dilakukan dengan menggunakan Poligon Thiessen. Dengan hasil analisis Poligon Thiessen pos hujan yang berpengaruh di DAS hanya 1 pos hujan yaitu Pos Hujan MRG Malalayang-Tinoor.

4.3 Analisis Data Outlier

Pengujian data *outlier* dilakukan untuk menentukan data yang menyimpang terlalu tinggi dan terlalu rendah. Data yang menyimpang bisa dikarenakan kesalahan saat pencatatan data atau adanya kejadian ekstrim. Berikut adalah uji *outlier* data hujan harian maksimum Pos Hujan Malalayang-Tinoor.

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

No.	Tahun	Pos Hujan Tinoor-Malalayang
1	2009	65.40
2	2010	101.70
3	2011	102.40
4	2012	96.80
5	2013	110.50
6	2014	184.00
7	2015	108.20
8	2016	90.30
9	2017	156.00
10	2018	108.10
11	2019	107.30
12	2020	134.80
13	2021	156.40
14	2022	87.90
15	2023	126.20

4.4 Penentuan Tipe Distribusi Hujan

Penentuan tipe distribusi dilakukan dengan melihat kecocokan nilai dalam parameter statistik C_s , C_k dan C_v dengan syarat-syarat tertentu untuk setiap tipe distribusi. Penentuan jenis sebaran ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$	0,786 3,975	Tidak Memenuhi
Log Normal	$C_s \approx C_v^3 + 3.C_v = 1.030$ $C_k \approx C_v^8 + C_v^6 + 25C_v^4 + 16C_v^2 + 3 = 4.942$	0,786 3,975	Tidak Memenuhi
Gumbell	$C_s \approx 1,14$ $C_k \approx 5,40$	0,786 3,975	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Bila tiga tipe sebaran diatas tidak memenuhi maka digunakan tipe sebaran <i>log pearson III</i>	-	Memenuhi

Hasil dari penentuan tipe sebaran tidak ada parameter statistik pada data pengamatan yang cocok atau memenuhi syarat untuk distribusi normal, log normal, dan distribusi *Gumbel* oleh karena itu 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_{slog} terhadap Kala Ulang

Cs	Periode Ulang Dalam Tahun					
	2	5	10	25	50	100
0.1	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.4
0.078	-0.013	0.837	1.290	1.778	2.095	2.384
0	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326

Berikut perhitungan hujan kala ulang 5 Tahun:

$$\log x_T = \log \bar{X} + K_{TR,CS} \cdot S_{logx}$$

$$\log x_T = 2,050 + (-0,013) \times 0,113$$

$$\log x_T = 2048 \quad x_T = 111,706$$

Hasil perhitungan untuk kala ulang lainnya terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Curah Hujan Rencana

Kala Ulang	Curah Hujan (mm)
2 Tahun	111,706
5 Tahun	139,476
10 Tahun	156,963
25 Tahun	178,273
50 Tahun	193,694
100 Tahun	208,838

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 ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Distribusi Hujan Rencana Tiap Kala Ulang

Jam ke	Kala Ulang P (mm)					
	2	5	10	25	50	100
1	56.780	70.896	79.784	90.616	98.455	106.152
2	28.116	35.106	39.507	44.871	48.753	52.565
3	9.651	12.051	13.562	15.403	16.735	18.044
4	5.507	6.876	7.738	8.789	9.549	10.296
5	3.273	4.087	4.599	5.223	5.675	6.119
6	1.508	1.883	2.119	2.407	2.615	2.819
7	2.714	3.389	3.814	4.332	4.707	5.075
8	1.385	1.730	1.946	2.211	2.402	2.590
Total (mm)	108.935	136.017	153.070	173.852	188.891	203.659

4.7 Perhitungan Nilai SCS Curve Number

Nilai CN untuk DAS Kalasey karena pada peta rupa bumi hanya 1 tutupan lahan saja maka dilakukan perhitungan nilai CN yang ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan Nilai CN DAS Kalasey

Jenis dan Lahan Tutupan Lahan DAS Kalasey				
Jenis Tutupan Lahan	Luas km2	Persentase (%)	CN	CN Terbobot
Kebun/Perkebunan	14,2	100	45	45

4.8 Analisis Debit Banjir

Pemodelan hujan aliran pada program computer 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*. Pertama-tama akan menghitung asumsi lag time awal dari DAS Kalasey sebagai berikut:

$$L = 10,86$$

$$S = 0,086$$

$$CN = 45$$

Perhitungan dilakukan sebagai berikut:

$$T_l = 0.6 \times Tc = 360,131$$

Tahapan selanjutnya adalah melakukan kalibrasi parameter HSS-SCS dengan cara uji korelasi.

4.9 Parameter Hasil Kalibrasi

Dikarenakan hasil kalibrasi debit puncak sama dengan 14.2 m³/s melebihi debit terukur 10,9 m³/s maka parameter-parameter yang ada dicoba-coba hingga debit hasil simulasi dianggap memenuhi ketentuan.

Tabel 8. Parameter-parameter Hasil Kalibrasi

<i>CN</i>	40
<i>Recesiont Constant</i>	0,01
<i>Ratio To Peak</i>	0.3
<i>Initian Discharge</i>	1,00
<i>Lag Time</i>	170



Gambar 3. Grafik Debit Hasil Observasi dan Debit Terukur

Setelah melakukan kalibrasi, semua parameter yang terkalibrasi akan digunakan sebagai parameter pada komponen-komponen sub-DAS untuk perhitungan debit banjir. Hasil dari perhitungan debit banjir dengan menggunakan program *HEC-HMS* ditunjukkan pada Tabel 9.

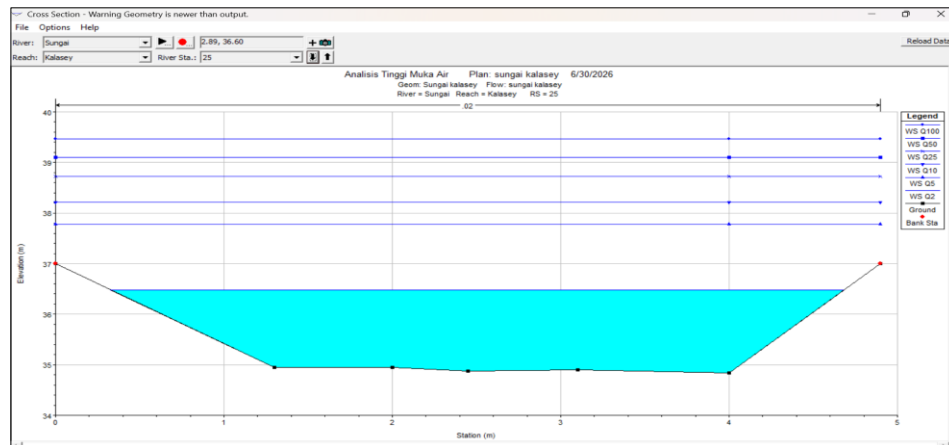
Tabel 9. Parameter-parameter Hasil Kalibrasi

Kala Ulang	Debit (m ³ /det)
2 Tahun	2
5 Tahun	15,3
10 Tahun	21,8
25 Tahun	30,7
50 Tahun	37,7
100 Tahun	45,1

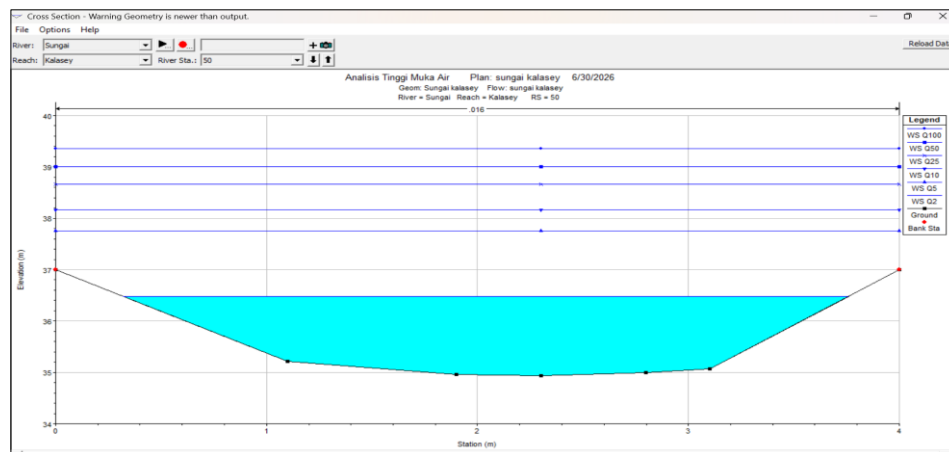
4.10 Hasil Simulasi Tinggi Muka Air dengan Program Komputer HEC-RAS

Analisis Hidraulik menggunakan program komputer *HEC-RAS* dilakukan dengan data yang dimasukan 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).

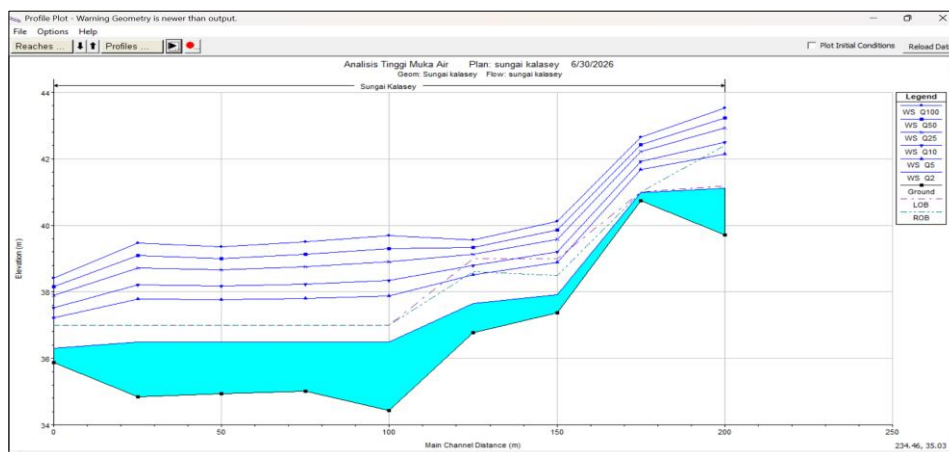
Hasil simulasi menunjukkan adanya luapan air yang terjadi di hampir seluruh STA 0+025 sampai STA 0+200 pada debit banjir kala ulang 2 tahun (Q2), 5 tahun (Q5), 10 tahun (Q10), 25 tahun (Q25), 50 tahun (Q50) dan 100 tahun (Q100).



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



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



Gambar 6. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Bailang

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan simulasi dari HEC-HMS di dapat data debit sebagai berikut: Kala ulang 2 tahun = $2 \text{ m}^3 / \text{det}$, kala ulang 5 tahun = $15,3 \text{ m}^3 / \text{det}$, kala ulang 10 tahun = $21,8 \text{ m}^3 / \text{det}$, kala ulang 25 tahun = $30,7 \text{ m}^3 / \text{det}$, kala ulang 50 tahun = $37,7 \text{ m}^3 / \text{det}$, kala ulang 100 tahun = $45,1 \text{ m}^3 / \text{det}$.

Dan untuk hasil analisis dari HEC-RAS menunjukkan bahwa luapan pada periode 2 tahun terjadi di semua STA. Sementara itu, pada periode 5 pada STA 0+125 tidak terjadi luapan kemudian pada 10,25,50 dan 100 tahun, banjir meluap di seluruh penampang (STA 0+25 hingga 0+200).

5.2 Saran

- Perlu adanya pembangunan tanggul dengan tinggi yang sesuai untuk menanggulangi banjir pada sungai. Dikarenakan lokasi tinjauan berada dalam kawasan pabrik, maka perlu dilakukan perawatan sungai seperti pembersihan rumput liar di pinggirian sungai dan pembersihan sampah, karena sangat mempengaruhi daya tampung sungai tersebut.
- Perlu adanya kesadaran masyarakat sekitar baik yang ada di pemukiman warga maupun masyarakat yang bekerja di pabrik tersebut untuk tidak membuang sampah ke sungai.

6. Referensi

- Balai Wilayah Sungai Sulawesi I. (2025a). Data Debit Harian Sungai Malalayang.
- Balai Wilayah Sungai Sulawesi I. (2025b). Data Hujan Harian Pos Tinoor-Malalayang.
- Sondak, S. W., Tangkudung, H., & Hendratta, L. A. (2019). Analisis debit banjir dan tinggi muka air sungai Girian Kota Bitung. *Jurnal sipil statik*, 7(12), 1681-1688.
- Suadnya, D. P., Sumarauw, J. S., & Mananoma, T. (2017). Analisis debit banjir dan tinggi muka air banjir sungai sario di titik kawasan citraland. *Jurnal Sipil Statik*, 5(3), 139870.
- Oroh, G. Supit, C. Sumarauw, J. Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Pakawa Di Kelurahan Makalonsow Kecamatan Tondano Timur Kabupaten Minahasa. *Jurnal Sipil Statik Vol 21, No. 85, tahun 2023 ISSN : 0215-9617*.
- Makahinsade, I., Mananoma, T., & Sumarauw, J. S. F. (2020). *Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Maen Kecil di Desa Maen Kabupaten Minahasa Utara*. Jurnal Sipil Statik Vol. 8 No.3 Mei 2020 ISSN : 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi
- Sumarauw, J. (2017). POLA DISTRIBUSI HUJAN JAM-JAMAN DAERAH MANADO, MINAHASA UTARA DAN MINAHASA. *Jurnal Sipil Statik*, 5(10), 669–678
- Sumarauw, J. S. F. (2023a). Analisis Frekwensi Hujan.
- Sumarauw, J. S. F. (2023b). HUJAN.
- Sumarauw, J. S. F. (2023c). PENGUJIAN DATA HIDROLOGI.
- 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*.
- Triatmodjo Bambang. (2008). *HIDROLOGI TERAPAN*. Beta Offset.
- Yosua, M., Lambertus Tanudjaja, T., & Sumarauw, J. S. F. (2017). ANALISIS DEBIT BANJIR DAN TINGGI MUKA AIR SUNGAI SANGKUB KABUPATEN BOLAANG MONGONDOW UTARA. *Jurnal Sipil Statik*, 5(10), 699–710