



Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Lapangan Di Titik Jembatan Lapangan Kecamatan Mapanget Kota Manado

Julioni M. Tombeg^{#a}, Jeffry S. F. Sumarauw^{#b}, Liany A. Hendratta^{#c}

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

^ajulionitombeg021@gmail.com, ^bjeffrysumarauw@unsrat.ac.id, ^clianyhendratta@unsrat.ac.id

Abstrak

Sungai Lapangan adalah salah satu sungai yang seringkali mengalami pengeluaran dan mengakibatkan terjadinya banjir di sekitar aliran sungai pada titik Jembatan Lapangan yang dilewati oleh sungai ini. Jembatan Lapangan, Kecamatan Mapanget merupakan salah satu daerah yang dilewati oleh Sungai Lapangan sering terendam banjir dan mengalami kerusakan. Karena itu untuk mengantisipasi banjir yang kemungkinan terjadi kelak, perlu dilakukan analisis terhadap besarnya debit banjir dan elevasi tinggi muka air Sungai Lapangan di titik Jembatan Lapangan. Analisis dimulai dengan mencari frekuensi hujan menggunakan metode *Log Pearson III*. Data Hujan yang digunakan yaitu data hujan harian maksimum yang diambil dari pos Hujan Talawaan. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum tahun 2009 s/d 2023. Setelah didapat besar hujan, pemodelan hujan aliran pada program komputer *HEC-HMS* menggunakan metode HSS *Soil Conservation Services*, dan untuk kehilangan air dengan *SCS Curve Number (CN)*. Untuk aliran dasar (*baseflow*) menggunakan metode *recession*. Dilakukan kalibrasi parameter HSS-SCS sebelum melakukan simulasi debit banjir. Dalam kalibrasi ini, parameter yang dikalibrasi adalah *lag time*, *curve number*, *recession constant*, *baseflow* dan *ratio to peak*. Dilakukan analisis debit banjir dengan parameter terkalibrasi menggunakan program *HEC-HMS*. Debit puncak hasil simulasi setiap kala ulang dimasukkan dalam program *HEC-RAS* untuk simulasi elevasi tinggi muka air pada penampang yang telah diukur. Hasil simulasi menunjukkan pada penampang melintang dari STA 0+40 sampai STA 0+200 sudah tidak mampu menampung debit banjir untuk semua kala ulang rencana.

Kata kunci: debit banjir, jembatan lapangan, Sungai Lapangan, tinggi muka air

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Sungai Lapangan merupakan salah satu sungai yang terletak di Kota Manado dan mengalir melalui wilayah Kecamatan Mapanget. Keberadaan sungai ini sangat penting bagi masyarakat sekitar, namun juga memiliki potensi menimbulkan masalah, terutama saat musim hujan tiba. Sungai ini memiliki peran penting dalam sistem drainase kawasan tersebut, namun juga sering menimbulkan permasalahan saat musim hujan. Kenaikan tinggi muka air yang terjadi secara signifikan dapat menyebabkan banjir di daerah sekitar aliran sungai, yang berdampak pada aktivitas dan keselamatan masyarakat. Oleh karena itu, diperlukan upaya analisis dan pengelolaan yang tepat, khususnya terkait debit banjir dan elevasi tinggi muka air, guna meminimalkan risiko dan dampak yang ditimbulkan oleh potensi banjir.

1.2. Rumusan Masalah

Analisis debit banjir dan tinggi muka air Sungai Lapangan belum dilakukan. Oleh karena itu, penting untuk mengetahui jumlah debit dan tinggi muka air yang dapat digunakan untuk perencanaan penanggulangan banjir di masa depan.

1.3. Batasan Penelitian

1. Titik kontrol terletak pada $1^{\circ}53' 59''$ Lintang Utara $124^{\circ}92' 18''$ Bujur Timur dengan jarak 200 m ke arah hulu.
2. Analisis hidrologi menggunakan Data Hujan Harian maksimum.
3. Analisis Perhitungan menggunakan aplikasi *HEC-HMS* untuk Analisa Hidrologi Debit Banjir dan perhitungan menggunakan aplikasi *HEC-RAS* untuk menghitung tinggi muka air menggunakan perhitungan Hidrolik.
4. Kala ulang rencana yang digunakan yaitu kala ulang 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun.

1.4. Tujuan Penelitian

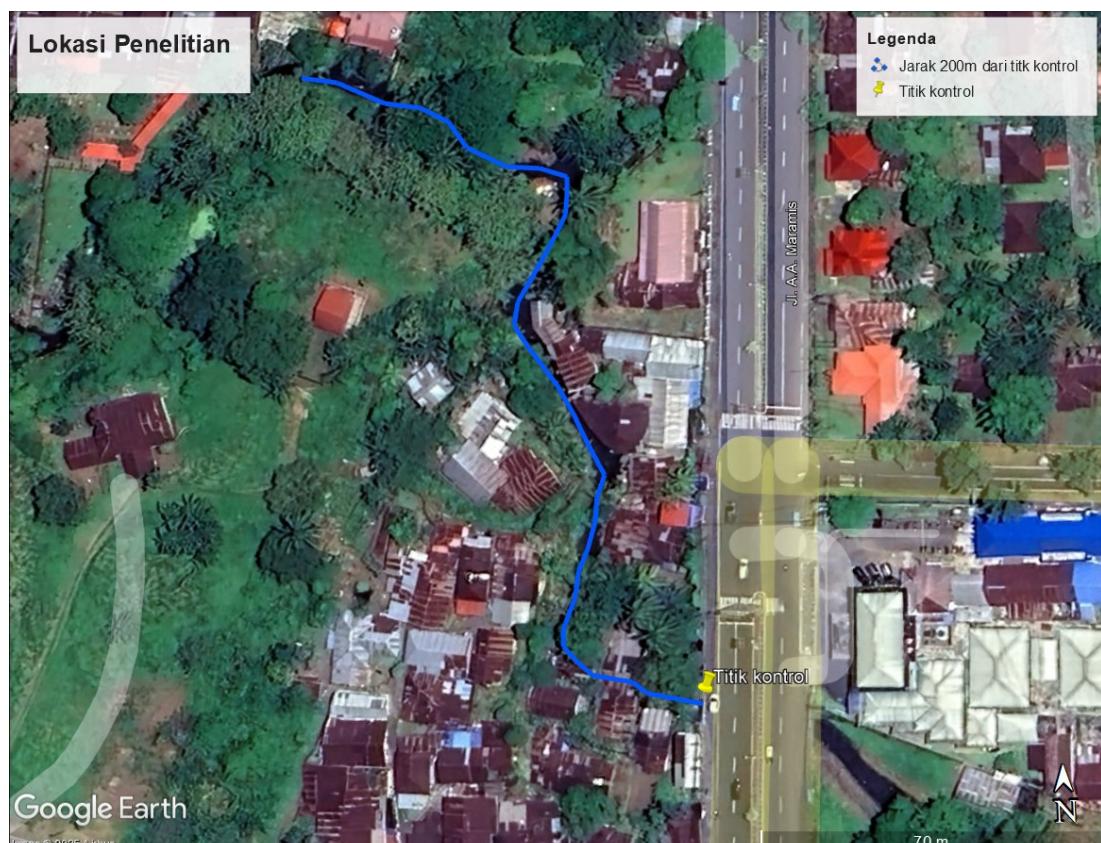
Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui besarnya debit banjir dengan berbagai kala ulang yang digunakan dan mengetahui elevasi tinggi muka air yang berpotensi terhadap penampang pada Sungai Lapangan, Kota Manado.

1.5. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini dapat menjadi bahan informasi kepada pihak yang membutuhkan dalam mengambil tindakan preventif dan mitigasi bencana banjir serta memberikan manfaat untuk referensi penelitian lebih lanjut.

1.6. Lokasi Penelitian

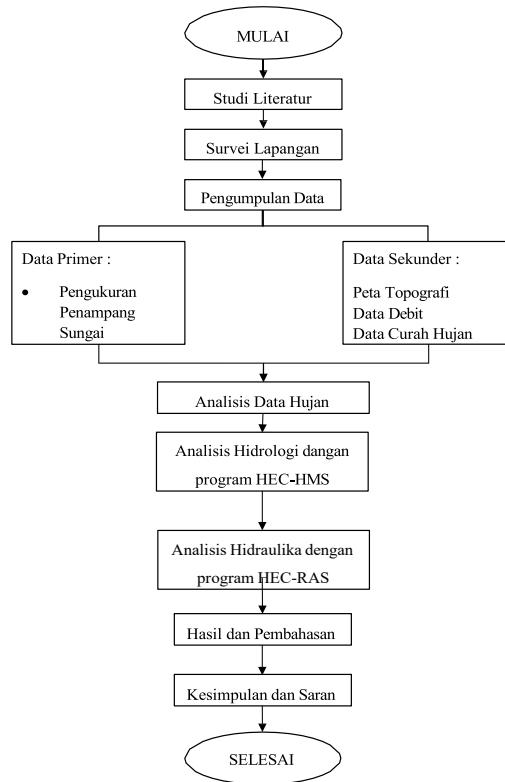
Sungai Lapangan terletak di Kecamatan Mapanget, Kota Manado, Sulawesi Utara. Titik kontrol penelitian ini terletak pada 200 meter ke arah hulu Sungai Jembatan Lapangan. Secara geografis terletak pada $1^{\circ}53' 59''$ Lintang Utara $124^{\circ}92' 18''$ Bujur Timur.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (*Google Earth*)

2. Tahap Penelitian

Tahap penelitian digambarkan dalam alur yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3. Kajian Literatur

3.1. Daur Hidrologi

Daur hidrologi, atau yang sering disebut juga siklus air, merupakan perputaran air secara terus-menerus dari bumi ke atmosfer dan kembali lagi ke bumi (Triadmodjo, 2008). Air yang terdapat di permukaan tanah, sungai, danau, serta laut menguap ke atmosfer. Uap air ini kemudian bergerak naik dan mengalami kondensasi, membentuk titik-titik air yang membentuk awan. Titik-titik air tersebut kemudian jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan. Sebagian hujan tertahan oleh tumbuhan (intersepsi), sementara sisanya mencapai permukaan tanah. Sebagian air hujan yang sampai ke tanah meresap ke dalam tanah (infiltrasi), sedangkan sisanya mengalir di permukaan tanah (aliran permukaan atau *surface runoff*), mengisi cekungan tanah, danau, serta mengalir ke sungai dan akhirnya menuju laut. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir di bawah permukaan (perkolasi), mengisi cadangan air tanah yang kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai. Pada akhirnya, air yang mengalir di sungai akan menuju laut. Proses yang berlangsung secara berkelanjutan ini dikenal sebagai siklus hidrologi.

3.2. Daerah Aliran Sungai

DAS adalah suatu wilayah daratan yang dibatasi oleh punggung bukit dan berfungsi sebagai tempat mengumpulkan, menyimpan, serta mengalirkan air hujan melalui sungai utama dan anak sungainya menuju muara (Asdak, 2023). Untuk menentukan batas DAS, diperlukan peta topografi. Peta topografi adalah peta yang menyajikan informasi lengkap tentang suatu wilayah, termasuk jalan, kota, desa, sungai, jenis tumbuhan, dan penggunaan lahan, lengkap dengan garis-garis kontur. Untuk keperluan analisis lebih lanjut dan mempertimbangkan segi kepraktisan, peta dengan skala 1:50.000 dianggap memadai. Dari peta tersebut, ditentukan titik-titik tertinggi di sekitar sungai utama, yang kemudian dihubungkan untuk membentuk garis utuh yang akhirnya bertemu di ujungnya. Garis ini merupakan batas DAS pada titik kontrol tertentu.

3.3. Analisis Curah Hujan

Untuk memperkirakan besarnya banjir yang mungkin terjadi pada suatu penampang sungai, diperlukan data kedalaman hujan yang meliputi seluruh wilayah DAS. Oleh karena itu, tidak cukup hanya mengandalkan data hujan dari satu stasiun pengukuran, melainkan juga harus menggunakan data dari beberapa stasiun hujan yang tersebar di wilayah DAS tersebut.

Curah hujan rata-rata dari beberapa stasiun pengukuran dapat dihitung menggunakan metode Polygon Thiessen. Metode ini dianggap efektif karena memperhitungkan kedalaman hujan sebagai fungsi dari luas wilayah yang diwakili. Curah hujan rata-rata dengan cara Polygon Thiessen dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\bar{R} = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + \dots + A_nR_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (1)$$

\bar{R}	=	Curah hujan rata-rata
R_1, R_2, \dots, R_n	=	Curah hujan di tiap titik pengamatan dan n adalah jumlah titik-titik pengamatan
A_1, A_2, \dots, A_n	=	Luas daerah yang mewakili tiap stasiun pengamatan

3.4. Analisis data outlier

Data *outlier* adalah data yang menyimpang secara signifikan, baik terlalu tinggi maupun terlalu rendah, dibandingkan dengan data lainnya dalam satu kumpulan. Uji *outlier* dilakukan untuk mengidentifikasi dan mengoreksi data tersebut agar dapat digunakan secara efektif dalam analisis lebih lanjut. Uji data *outlier* mempunyai 3 syarat, yaitu:

1. Jika $Cs_{log} \geq 0,4$ maka: uji outlier tinggi, koreksi data, uji outlier rendah, koreksi data.
2. Jika $Cs_{log} \leq 0,4$ maka: uji outlier rendah, koreksi data, uji outlier tinggi, koreksi data.
3. Jika $-0,4 < Cs_{log} < 0,4$ maka : uji outlier tinggi atau rendah, koreksi data. Rumus yang digunakan:

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{n} \quad (2)$$

$$S_{log} = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \overline{\log x})^2}{N-1}} \quad (3)$$

$$Cs_{log} = \frac{N}{(N-1)(N-2)S_{log}^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 \quad (4)$$

$$Outlier \text{ tinggi: } \log X_h = \overline{\log x} + Kn \cdot S_{log} \quad (5)$$

$$Outlier \text{ rendah: } \log X_l = \overline{\log x} - Kn \cdot S_{log} \quad (6)$$

dengan:

Cs_{log} = Koefisien kemencenggan 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

$\log X_h$ = *Outlier* tinggi

$\log X_l$ = *Outlier* rendah

n = Jumlah data

Nilai Kn dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut: Untuk nilai Cs_{log} lebih dari 0,4:

$$Kn = (-0,62201) + (6,28446 \times N^{1/4}) - (2,49835 \times N^{1/2}) + (0,491436 \times N^{3/4}) - (0,037911 \times N) \quad (7)$$

Untuk nilai Cs_{log} kurang dari -0,4:

$$Kn = (-3,62201) + (6,28446 \times n^{1/4}) - (2,49835 \times n^{1/2}) + (0,491436 \times n^{3/4}) - (0,037911 \times n) \quad (8)$$

3.5. Parameter Statistik

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

a) Rata – rata Hitung (*Mean*)

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

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (9)$$

dengan:

\bar{X} = Nilai rata-rata

n = Jumlah data

X_i = Nilai varian

b) Simpangan Baku

Umumnya ukuran dispersi yang paling banyak digunakan adalah deviasi standar. Apabila penyebaran data sangat besar terhadap nilai rata-rata maka nilai S akan besar, tetapi apabila penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata-rata maka S akan kecil.

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

S = Standar deviasi.

\bar{X} = Nilai rata – rata.

n = Jumlah data.

X_i = Nilai varian.

c) Koefisien Skewness (Kemencengan).

Kemencengan (Skewness) adalah tingkat ketidaksimetrisan atau kejauhan simetri dari sebuah distribusi. Pengukuran kemencengan adalah mengukur seberapa besar suatu kurva frekuensi dari suatu distribusi tidak simetris atau menceng.

$$c_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)s^2} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 \quad (11)$$

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 ukuran variabilitas relatif dari data, dihitung dengan membagi standar deviasi dengan rata-rata.

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \quad (12)$$

dengan :

Cv = Koefisien variasi

S = Standar deviasi

\bar{X} = Nilai rata-rata

e) Koefisien Kurtosis

Pengukuran kurtosis dimaksudkan untuk mengukur kemencengan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal. Koefisien kurtosis digunakan untuk menentukan keruncingan kurva distribusi, dan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \quad (13)$$

dengan :

Ck = Koefisien Kurtosis

S = Standar deviasi

\bar{X} = Nilai rata-rata

N = Jumlah data

x_i = Nilai varian

3.6. Pemilihan Distribusi Probabilitas

Parameter – parameter yang digunakan sebagai langkah awal penentuan tipe distribusi adalah Cs, Cv, Ck. Kriteria pemilihan untuk tiap tipe distribusi berdasarkan parameter statistik adalah sebagai berikut:

1. Tipe Distribusi Normal

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

2. Tipe Distribusi Log Normal $C_s \approx 3C_v$
3. Tipe Distribusi *Gumbel*
 $C_s \approx 1,139; C_k \approx 5,4$

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

4. Tipe Distribusi *Log Pearson III*

Persamaan Distribusi *Log Pearson Type III*:

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

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 Type III*

$S_{\log X}$ = Standar deviasi logaritmik nilai X hasil pengamatan

3.7. Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit maksimum suatu sungai yang dihitung berdasarkan periode ulang tertentu. Penentuan debit banjir rencana memerlukan data seperti curah hujan, luas daerah tangkapan air (*catchment area*), dan data penutup lahan.

3.8. Hidrograf Satuan Sintetis Soil Conservation Services (SCS)

Hidrograf tidak berdimensi SCS (Soil Conservation Services) merupakan hidrograf satuan sintetis di mana debit dinyatakan sebagai rasio antara debit (q) dan debit puncak (qp), sementara waktu dinyatakan sebagai rasio antara waktu (t) dan waktu naik hidrograf satuan (Tp). Apabila debit puncak dan waktu keterlambatan (lag time) dari durasi hujan efektif diketahui, maka hidrograf satuan dapat diperkirakan menggunakan metode hidrograf satuan sintetis SCS.

3.9. Kalibrasi Model

Kalibrasi merupakan suatu proses di mana 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.

3.10. Simulasi Banjir Dengan Program Komputer HEC-HMS

Setelah kalibrasi, semua parameter terkalibrasi akan digunakan sebagai parameter pada komponen sub-DAS untuk perhitungan debit banjir.

3.11. Analisis Tinggi Muka Air

Analisis Tinggi muka air menggunakan program komputer *HEC-RAS* 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

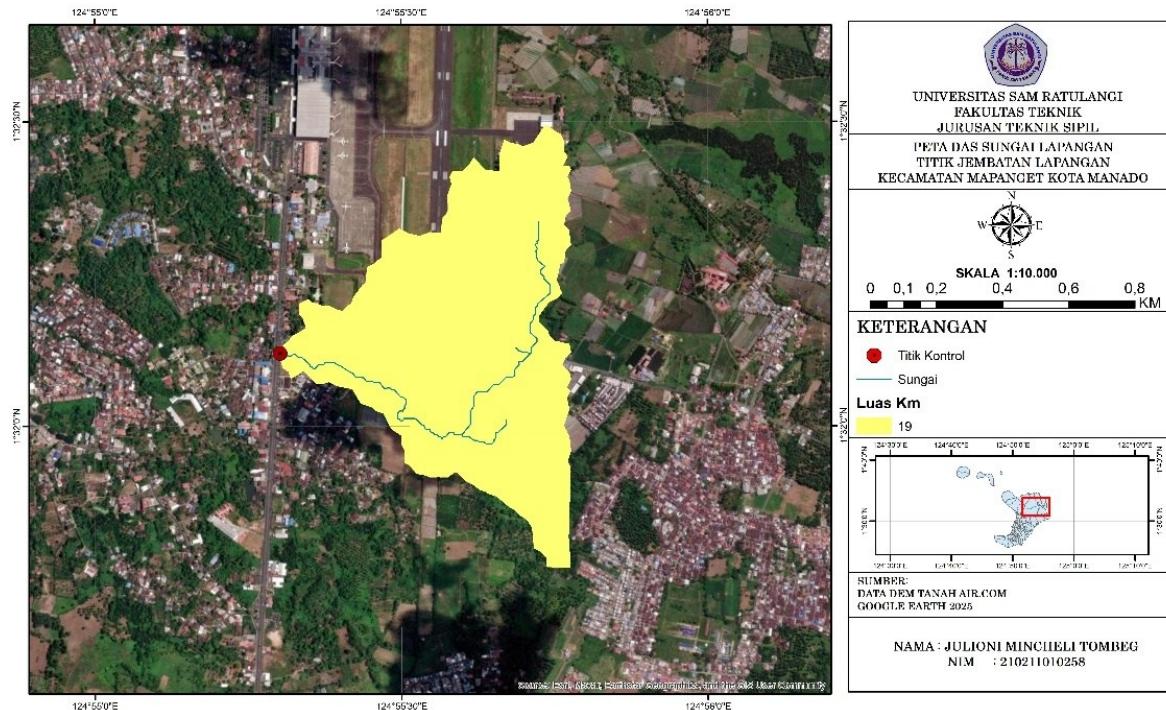
4.1 Analisis Daerah Aliran Sungai (DAS)

Analisa daerah aliran sungai (DAS) dilakukan untuk mengetahui luas DAS Lapangan. Perhitungan DAS dilakukan dengan bantuan program *computer Arc-gis* dengan menggunakan data yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I. Sehingga diperoleh luas DAS Lapangan sebesar 19 km².

4.2 Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan DAS Lapangan dilakukan dengan menggunakan data curah hujan harian

maksimum yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan periode pencatatan tahun 2009 sampai dengan tahun 2023. Pos hujan yang digunakan yaitu Pos Hujan Talawaan. Berikut merupakan data hujan harian maksimum dari tahun 2009 sampai 2023.



Gambar 3. DAS Lapangan (*ArcGIS* 10.8, Data DEM www.tanahair.go.id)

4.3 Analisis Data Outlier

Pos hujan yang mewakili daerah tangkapan hujan untuk DAS Lapangan di titik koordinat dan setelah melakukan uji outlier, tidak ada data hujan yang menyimpang terlalu tinggi ataupun terlalu rendah sehingga tidak perlu dilakukan koreksi dari data yang sudah ada.

4.4 Penentuan Tipe Distribusi Hujan

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.

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

No.	Tahun	Data Hujan Harian Maksimum
1	2009	106
2	2010	110
3	2011	141,5
4	2012	118
5	2013	94
6	2014	94
7	2015	131
8	2016	151
9	2017	183
10	2018	102

No.	Tahun	Data Hujan Harian Maksimum
11	2019	109
12	2020	148
13	2021	122,5
14	2022	107,5
15	2023	118

Tabel 2. Penentuan Jenis Sebaran Data

1. Tipe Distribusi Normal			
Syarat: $C_s \approx 0$; $C_k = 3$			
C_s	1,132	Kontrol	Tidak Memenuhi
C_k	4,610	Kontrol	Tidak Memenuhi
Jadi, data di atas tidak memenuhi kriteria sebagai Tipe Distribusi Normal.			
2. Tipe Distribusi Log Normal			
Syarat: $C_s \approx C_v^3 + 3*C_v$; $C_k \approx C_v^8 + 6*C_v^6 + 15*C_v^4 + 16*C_v^2 + 3$			
C_s (Hitung)	0,611	Kontrol	Tidak Memenuhi
C_k (Hitung)	3,672	Kontrol	Tidak Memenuhi
Jadi, data di atas tidak memenuhi kriteria sebagai Tipe Distribusi Normal.			
3. Tipe Distribusi Gumbell			
Syarat: $C_s \approx 1,14$; $C_k \approx 5,40$			
C_s	1,132	Kontrol	Tidak Memenuhi
C_k	4,610	Kontrol	Tidak Memenuhi
Jadi, data di atas tidak memenuhi kriteria sebagai Tipe Distribusi Normal.			
4. Tipe Distribusi Log Pearson III			
Karena Tidak ada Tipe distribusi yang memenuhi kriteria diatas, maka digunakan tipe distribusi Log Pearson III			

4.5 Analisis Curah Hujan Rencana

Nilai C_{SlogX} juga diperlukan untuk mencari nilai K. perhitungan dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung parameter statistik sehingga didapatkan : $C_{Slog} = 0,733$. Faktor frekuensi K untuk tiap kala ulang terdapat pada tabel K_T untuk kemencengan negatif ditentukan dengan menggunakan nilai C_{SlogX} dan kala ulang dalam tahun.

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

C_{Slog}	Periode Ulang/Kala Ulang (Tahun)				
	5	10	25	50	100
<i>Exceedance Probability</i>					
0,2	0,83	1,301	1,818	2,159	2,472
0,733	0,798	1,349	1,994	2,436	2,856
0,1	0,836	1,292	1,785	2,107	2,4

Selanjutnya adalah perhitungan hujan kala ulang 5 tahun:

$$\log X_{TR} = Y + K \cdot S_{logX}$$

$$= 2,03 + (0,798) \times 0,082$$

$$= 2,146$$

$$X_{TR} = 10^{2,146}$$

$$= 139,852 \text{ mm}$$

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

Tabel 4. Nilai Curah Hujan Rencana

Kala Ulang (TR)	Curah Hujan (mm)
5 Tahun	139,852
10 Tahun	155,210
25 Tahun	175,343
50 Tahun	190,639
100 Tahun	206,384

4.6 Pola Distribusi Hujan Jam – Jaman

Tabel 5. Curah Hujan Rencana Berdasarkan Pola Distribusi Hujan Manado, Minahasa Utara dan Minahasa (Sumarauw Jeffry Swingly Frans, 2017)

Jam Ke-	1	2	3	4	5	6	7-10
% Distribusi Hujan	50,83	25,17	8,64	4,93	2,93	1,35	1,24

Tabel 6. Distribusi Hujan Rencana Berbagai Kala Ulang

Jam Ke	Kala Ulang (Tahun)				
	P (mm)	5	10	25	50
1	71,09	78,89	89,13	96,90	104,91
2	35,20	39,07	44,13	47,98	51,95
3	12,07	13,39	15,13	16,45	17,81
4	6,89	7,65	8,64	9,40	10,17
5	4,10	4,55	5,14	5,59	6,05
6	1,89	2,10	2,37	2,57	2,79
7	3,40	3,77	4,26	4,63	5,02
8-10	1,73	1,92	2,17	2,36	2,56
Total (mm)	136,37	151,35	170,98	185,89	201,25

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

4.7 Perhitungan Nilai SCS Curve Number

Nilai *CN* rata – rata untuk DAS Lapangan didapat dengan menjumlahkan hasil kali antara nilai *CN* tiap tutup lahan dengan persentase luas lahan terhadap luas total.

Tabel 7. Perhitungan Nilai CN Rata – Rata DAS Toubeke (Analisis Data, 2025)

Jenis Tutup Lahan	Luas (Km)	Presentase (%)	CN Tiap Lahan	CN
Hutan	14,01	73,74	77	56,78
Pemukiman	4,99	26,26	81	21,27
Total	19,00	100	-	78,05

Nilai *CN* rata – rata DAS Lapangan adalah 78,05.

4.8 Analisis Banjir Rencana

Pemodelan hujan aliran pada program komputer *HEC – HMS* akan menggunakan metode HSS *Soil Conservation Service*, dan untuk kehilangan air dengan *SCS Curve Number (CN)*. Untuk aliran dasar (*baseflow*) akan menggunakan metode *recession*.

Asumsi *lag time* awal dari DAS Lapangan dengan data parameter DAS sebagai berikut:

$$L = 1190 \text{ m}$$

$$S = 0,02 \text{ m/m}$$

$$CN = 78,05$$

Perhitungan dilakukan sebagai berikut :

$$T_l = \frac{L^{0,8}(2540-22,86 CN)^2}{14,104 CN \times s^{0,5}}$$

$$T_l = \frac{1,19^{0,8}(2540-22,86 \times 78,05)^2}{14,104 \times 78,05 \times 0,02^{0,5}}$$

$$= 0,92 \text{ Jam} = 55,2 \text{ Menit}$$

Selanjutnya, menghitung debit di Sungai Lapangan dengan menggunakan metode analisis regional. Didapatkan data debit rata-rata Sungai Lapangan tahun 2023 adalah $2,45 \text{ m}^3/\text{det}$. Debit ini akan digunakan sebagai *initial discharge* pada program komputer HEC-HMS.

4.9 Parameter Hasil Kalibrasi

Parameter yang telah dioptimasi menggunakan program komputer HEC-HMS dikarenakan hasil kalibrasi debit puncak sama dengan $19,9 \text{ m}^3/\text{det}$ yang melebihi nilai debit terukur $12,7 \text{ m}^3/\text{det}$. Dengan metode *Trial and Error* pada parameter yang ada akan diperoleh debit hasil yang memenuhi ketentuan. Parameter hasil kalibrasi ditampilkan dalam Tabel 8. Parameter yang telah dioptimasi akan dipakai untuk simulasi debit banjir rencana menggunakan program komputer HEC-HMS.

Tabel 8. Parameter – Parameter Hasil Kalibrasi

CN	77
Recession constant	0,1
Ratio to Peak	0,3
Initial Discharge	2,45
Lag Time	55,47

4.10 Data Debit Hasil Perhitungan dan Data Debit Terukur

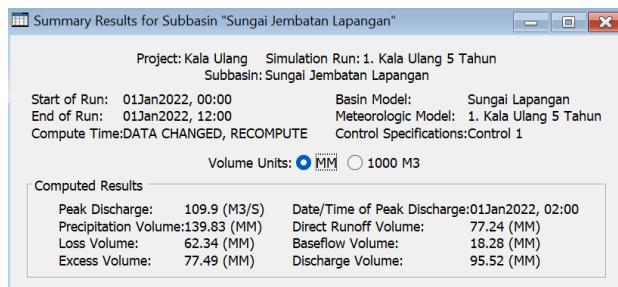
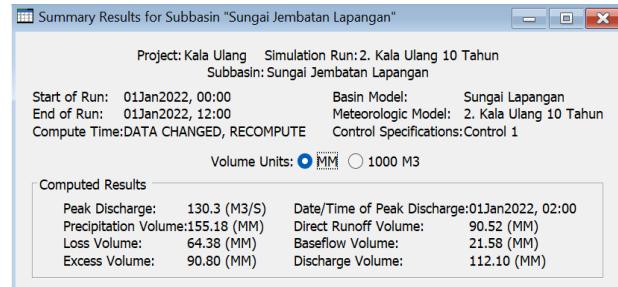
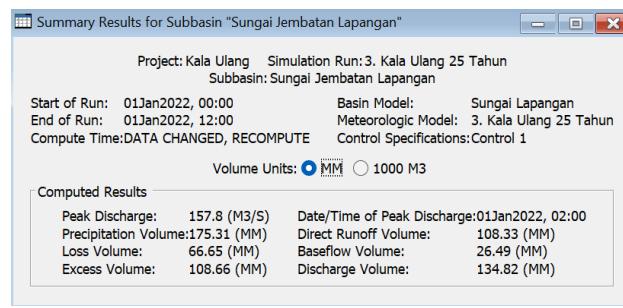
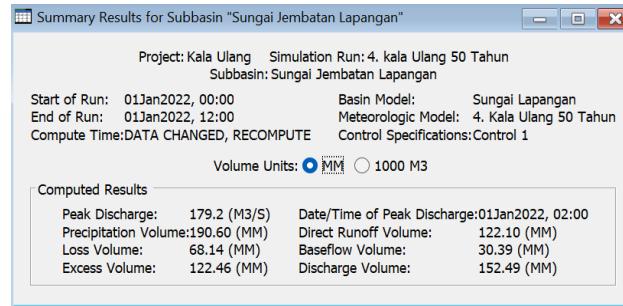
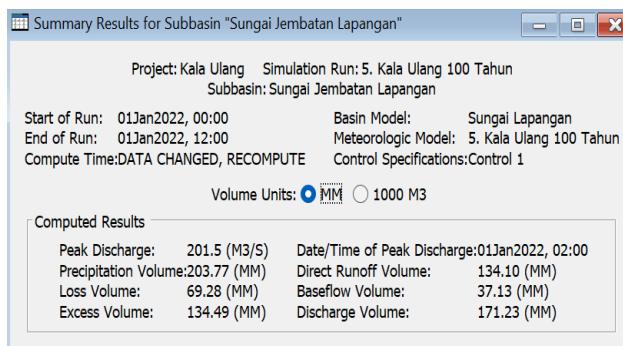


Gambar 4. Grafik Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur

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

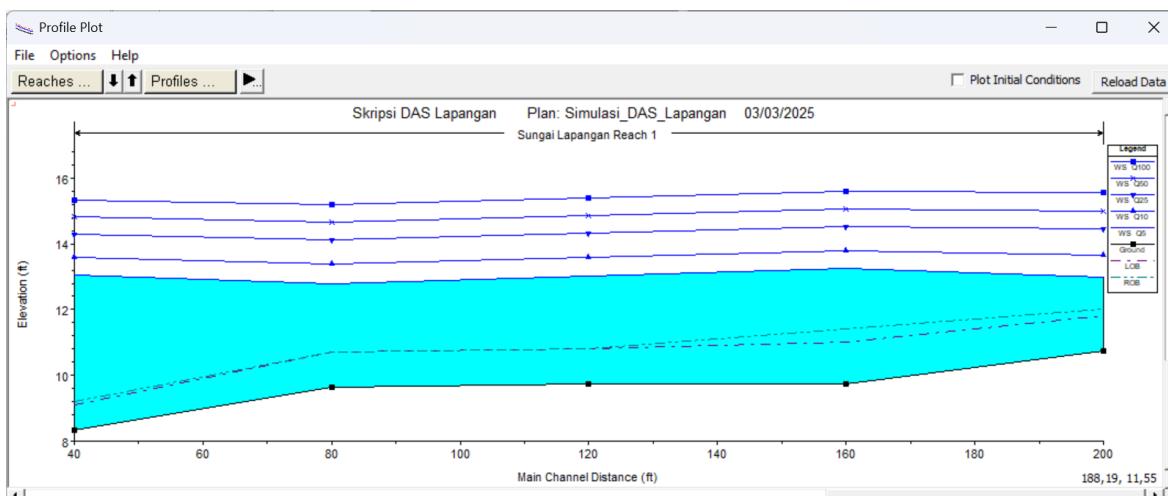
4.11 Simulasi Debit Banjir dengan Program Komputer HEC-HMS

Setelah kalibrasi, 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 komputer HEC-HMS sebagai berikut:

**Gambar 5.** Summary Result Kala Ulang 5 Tahun**Gambar 6.** Summary Result Kala Ulang 10 Tahun**Gambar 7.** Summary Result Kala Ulang 25 Tahun**Gambar 8.** Summary Result Kala Ulang 50 Tahun**Gambar 9.** Summary Result Kala Ulang 100 Tahun

4.12 Simulasi Tinggi Muka Air dengan Program Komputer HEC-RAS

Analisis Hidraulik 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+40, STA 0+80, STA 0+120, STA 0+160, STA 0+200 pada debit banjir kala ulang 5 tahun (Q_5), 10 tahun (Q_{10}), 25 tahun (Q_{25}), 50 tahun (Q_{50}), 100 tahun (Q_{100}).



Gambar 10. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Lapangan

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun = $109,9 \text{ m}^3/\text{det}$, kala ulang 10 tahun = $130,3 \text{ m}^3/\text{det}$, kala ulang 25 tahun = $157,8 \text{ m}^3/\text{det}$, kala ulang 50 tahun = $179,2 \text{ m}^3/\text{det}$, dan kala ulang 100 tahun = $201,5 \text{ m}^3/\text{det}$. Hasil simulasi program *HEC-RAS* menunjukkan luapan air yang terjadi pada STA 0+40 sampai STA 0+200 untuk semua kala ulang.

5.2 Saran

Setelah dilakukan penelitian mengenai tinggi muka air banjir Sungai Lapangan di titik Jembatan Lapangan, Kecamatan Mapanget, maka disarankan untuk menambah tinggi talud di antara STA 0+40 hingga STA 0+200 agar dapat mencegah air meluap ke daerah-daerah yang berada di sekitar sungai.

Referensi

- Bambang, Triatmodjo. 2008. Hidrologi Terapan. *Betta Offset*, Yogyakarta.
- Chow, V.T., Maidment, D.R., Mays, 1988. *Applied Hydrology*. Singapore: McGraw-Hill.
- Hanson, T. L., & Johnson, H. P. (1964). *Unit hydrograph methods compared*. *Transactions of the ASAE*, 7(4), 448-0451.
- Hartini, E. (2017). Modul Hidrologi & Hidrolik Terapan. *Universitas Dian Nuswantoro Semarang*, 94.
- Hendratta, L. A., Laurentia, S. C., Koh, D., Mangangka, I., Thambas, A., Sumanti, F., & Monica, L. (2024). Tondano Lake Management-Environmental Issues and Integrated Counter Measurements. *Environment and Ecology Research*, 12(5), 480–491. <https://doi.org/10.13189/eer.2024.120502>
- Hendratta, L. A., Ratu, Y. A., Laurentia, S. C., Koh, D. K., & Monica, L. (2024). *Sedimentation Analysis Study in Lake Tondano Due to the Development of the Surrounding Area*. <https://doi.org/10.2174/0118741495347671240910115151>
- Kairupan, S. D., Sumarauw, J. S. F., & Hendratta, L. A. (2024). Analisis Kapasitas Penampang Terhadap Debit Banjir Anak Sungai Tikala. 22(88).
- Mawikere, N. C., Sumarauw, J. S. F., & Supit, C. J. (2022). Analisis Tinggi Muka Air Banjir Sungai Bailang Di Lorong Simphony Kelurahan Sumompo Kota Manado. *Tekno*, 20, 787–796.

- [https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/tekno/article/view/44176%0A](https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/tekno/article/view/44176)<https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/tekno/article/download/44176/40317>
- Sakudu, D. J., Sumarauw, J. S. F., & Mananoma, T. (2023). *Kajian Pengendalian Banjir Di Sungai Kombi Desa Kombi*. 21(85).
- 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, J. S. F. (2017). Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman Daerah Manado, Minahasa Utara dan Minahasa. *Jurnal Sipil Statik*, 5(10), 669–678.
- Sumarauw, Jeffry. 2017. Hidrograf Satuan Sintetis. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sumarauw, J. S. F., & Ohgushi, K. (2012). Analysis on curve number, land use and land cover changes in the Jobaru River basin, Japan. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 7(7), 787–793.
- Supit, C. J. (2009). *The Impact Of Water Projects On River Hydrology*.
- Syaloom, V., Jeffry, M., Sumarauw, S. F., & Hendratta, L. A. (2020). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Taler Di Kelurahan Papakelan Kecamatan Tondano Timur Kabupaten Minahasa. *Jurnal Sipil Statik*, 8(4), 539–544.
- Talumepa, M. Y., Tanudjaja, L., & Sumarauw, J. S. F. (2017). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Lombagin Kabupaten Bolaang Mongondow. *Tekno*, 17(71), 699–710.
- Tampi, A. C., Sumarauw, J. S. F., & Supit, C. J. (2023). Analisis Tinggi Muka Air Banjir Sungai Paniki. *Borgo, Di Desa Minahasa, Tanawangko Kabupaten*, 21(85).
- US Army Corps of Engineers. (2016). HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual. *Hydrologic Engineering Center, February*, 547.