



Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Tougela Keluarahan Masarang Kecamatan Tondano Barat

Ivana W. Simaremare^{#a}, Jeffry S. F. Sumarauw^{#b}, Liany A. Hendratta^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^aivanasimaremare021@student.unsrat.ac.id, ^bjeffrysumarauw@unsrat.ac.id, ^clianyhendratta@unsrat.ac.id

Abstrak

Sungai Tougela adalah salah satu sungai yang berada pada Kelurahan Masarang, Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara. Sungai Tougela merupakan salah satu dari 34 sub DAS yang berada di kawasan DAS Tondano dan memiliki berbagai manfaat bagi masyarakat, termasuk irigasi, pembangunan pemukiman, dan lainnya, sehingga sungai ini dapat mengakibatkan banjir. Untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkan upaya pengendalian banjir yang dapat dilakukan dengan mengetahui debit banjir rencana. Penelitian ini dilakukan di ruas sungai Tougela dengan Luas DAS 49 ha / 0,49 km². Data curah hujan harian maksimum diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan memperhatikan pos hujan yang mempengaruhi DAS. Berdasarkan metode poligon Thiessen maka data curah hujan yang dipakai sebagai dasar perhitungan adalah pos hujan Paleloan dari tahun 2009 s/d 2023. Analisis frekuensi hujan dimulaidengan menentukan tipe distribusi hujan. Dalam penelitian ini, digunakan tipe distribusi Log-Pearson III dan kemudian dilanjutkan dengan menghitung besar hujan rencana dengan berbagai kala ulang. Perhitungan debit rencana dilakukan menggunakan metode rasional karena Luad DAS yang relatif kecil. Selanjutnya, debitrencana untuk berbagai kala ulang dimasukkan ke dalam program HEC-RAS untuk simulasi eleevasi tinggi muka air pada penampang yang telah di ukur. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penampang Sungai Tougela di titik STA 0+25 tidak terjadi luapan pada setiap kala ulang, sementara di STA 0+50 hingga STA 0+200 terjadi luapan di setiap kala ulang yaitu kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun.

Kata kunci: Sungai Tougela, metode rasional, HEC-RAS

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Sungai berperan penting dalam penyediaan air untuk kebutuhan manusia, namun ketika terjadi curah hujan yang tinggi dapat menyebabkan peningkatan debit air sehingga sungai tidak dapat menampung air lagi. Air sungai yang meluap atau yang tingginya melebihi muka air normal dapat mengakibatkan banjir di area sekitar. Sungai Tougela, terletak di Kelurahan Masarang, Kecamatan Tondano Barat Kabupaten Minahasa.

Berdasarkan informasi dari warga sekitar sungai, dan informasi dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I, setiap musim hujan Sungai Tougela sering meluap sehingga membanjiri tempat tinggal yang berada di dekat daerah sungai. Dengan melihat keadaan tersebut, maka dibutuhkan pengendalian debit banjir. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis debit banjir dan tinggi muka air di sungai Tougela.

1.2. Rumusan Masalah

Tingginya intensitas curah hujan beberapa kali memicu terjadinya banjir pada Sungai Tougela. Maka perlu dilakukan analisis terhadap besarnya debit banjir dan elevasi tinggi muka air serta tahapan pengendalian banjir perlu dilakukan.

1.3. Batasan Penelitian

1. Kajian yang dilakukan hanya pada Sungai Tougela, dengan titik kontrol terletak pada $1016^{\circ}41.240$ Lintang Utara dan $124053^{\circ}37.730$ Bujur Timur, dan titik hulu sungai terletak pada $1016^{\circ}41.490$ Lintang Utara dan $124053^{\circ}9.670$ Bujur Timur. Analisis hidrologi yang digunakan menggunakan data hujan harian maksimum.
2. Data curah hujan yang dipakai adalah data curah hujan harian maximum.
3. Kala ulang rencana dibatasi pada 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun. Penampang sungai yang ditinjau yaitu sepanjang 200 meter dari titik kontrol mengarah ke hulu Sungai Tougela.
4. Analisis dihitung dengan bantuan program komputer yaitu Hydrologic Engineering Center-River Analysis System (HEC-RAS) untuk analisis hidraulika.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besaran debit banjir dengan berbagai kala ulang dan elevasi tinggi muka air yang nantinya berpotensi terjadi pada penampang Sungai Tougela.

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat menjadi suatu sumber informasi kepada para pihak terkait mengenai besaran debit banjir di Sungai Tougela yang dapat digunakan dalam proses perencanaan pengendalian banjir pada sungai Tougela.

1.6. Lokasi Penelitian

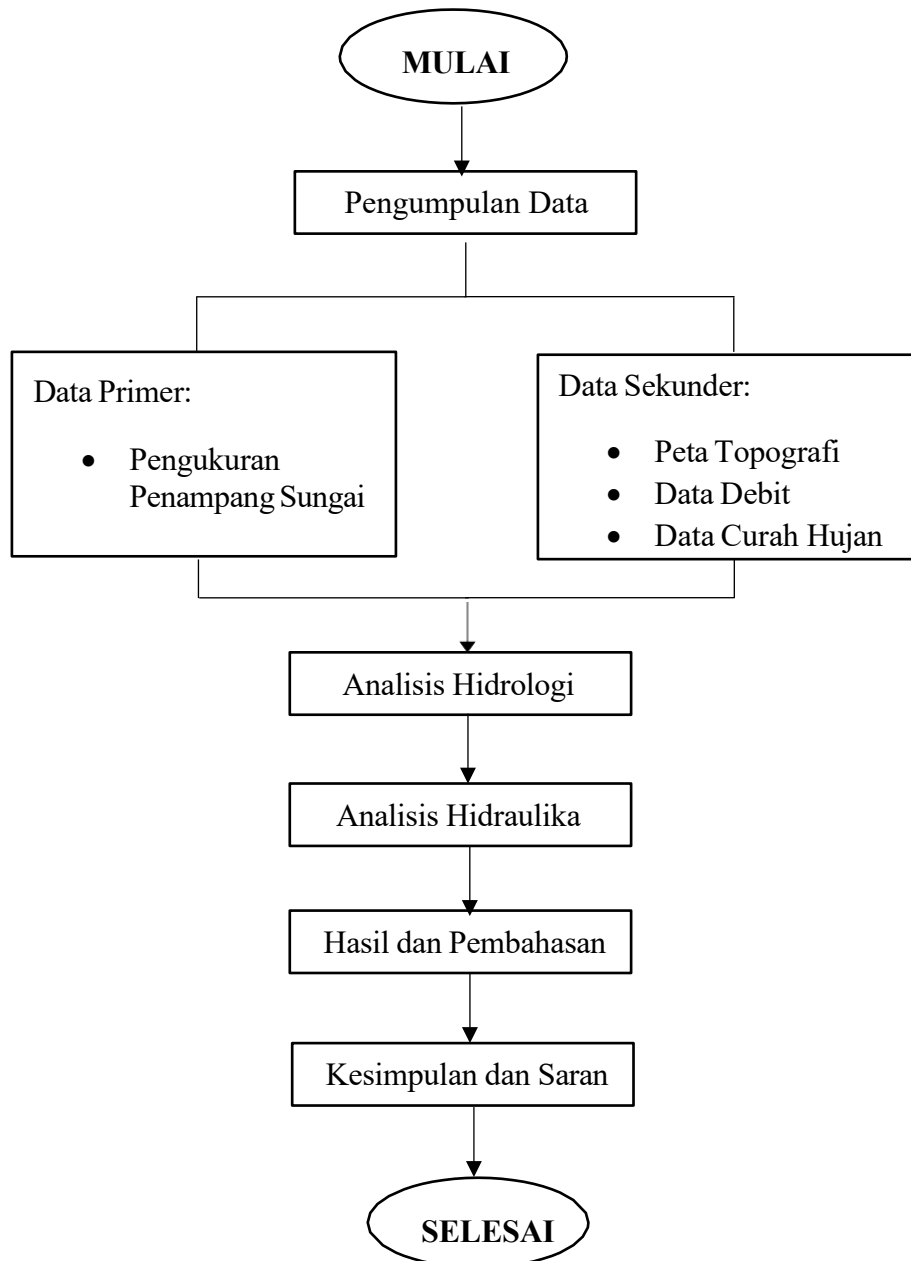
Lokasi tinjauan Studi ini terletak pada DAS Tougela tepatnya Sungai Tougela di Kelurahan Masarang Kecamatan Tondano Barat. Dengan titik kontrol terletak pada $1016^{\circ}41.240$ Lintang Utara dan $124053^{\circ}37.730$ Bujur Timur, dan Hulu sungai terletak pada $1016^{\circ}41.490$ Lintang Utara dan $124053^{\circ}9.670$ 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 yang menggambarkan pergerakan air dari bumi ke atmosfer dan kembali lagi ke bumi dalam bentuk hujan. Hal ini pun akan berlangsung secara terus-menerus.

3.2. Daerah Aliran Sungai

Daerah aliran sungai (DAS) adalah daerah yang dikelilingi oleh punggung punggung gunung atau bukit yang menjadi tempat pengumpulan air hujan. Air hujan yang terkumpul akan mengalir dari hulu ke hilir melalui sungai-sungai kecil ke sungai utama. Untuk menentukan batas DAS sangat diperlukan peta topografi, peta topografi umumnya dapat menggambarkan permukaan bumi secara detail, baik itu lembah, sungai, gunung, jalan, dan tata guna lahan serta menampilkan garis-garis kontur untuk menunjukkan ketinggian atau elevasi dari atas permukaan laut.

3.3. Analisis Curah Hujan

Jika beberapa stasiun penangkar hujan dalam suatu wilayah, diperlukan perhitungan nilai rata-rata dari data yang diperoleh di masing-masing stasiun untuk menentukan curah hujan wilayah tersebut. Beberapa metode yang umum digunakan dalam menghitung curah hujan rata-rata meliputi Metode Aritmetika, Metode Poligon Thiessen, dan Metode Isohyet.

3.4. Analisis Outlier

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

Uji data *outlier* mempunyai 3 syarat, yaitu:

1. Jika $Cs_{\log} \geq 0,4$ 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:

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

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

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

- *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 <i>outlier test K value</i>) tergantung dari jumlah data yang dianalisis.
$\text{Log } X_h$	=	<i>Outlier</i> tinggi.
$\text{Log } X_l$	=	<i>Outlier</i> 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

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 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)

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.

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

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. Pengukuran kemencengan adalah mengukur seberapa besar suatu kurva frekuensi dari suatu distribusi tidak simetris atau menceng.

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

Dengan :

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

d) Kofisien Variasi

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara deviasi standar 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.

3.6. Pemilihan Distribusi Probabilitas

Analisis hidrologi terhadap data curah hujan yang ada harus sesuai dengan tipe distribusi datanya. Masing – masing tipe distribusi memiliki sifat – sifat yang khusus sehingga tiap data hidrologi harus diuji kesesuaiannya dengan sifat masing – masing tipe distribusi tersebut. 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 $Cs \approx 3Cv$
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:

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

Dengan :

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

$\overline{\log \bar{X}}$ = 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. Intensitas Curah Hujan

Nilai intensitas curah hujan digunakan untuk menghitung debit banjir rencana (design flood) apalagi jika menggunakan metode rasional. Berikut rumus menghitung intensitas curah hujan dengan rumus Mononobe.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left[\frac{24}{T_c} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (12)$$

Dimana

I = Intensitas curah hujan selama *time of concentration* (mm/jam)

T_c = Waktu konsentrasi

R_{24} = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

3.8. Waktu Konsentrasi

Waktu Konsentrasi (T_c) merupakan waktu perjalanan yang diperlukan untuk mengalir dari titik terjauh dalam daerah tangkapan hingga mencapai titik tertentu yang diamati (titik kontrol). Perhitungan waktu konsentrasi ini dilakukan menggunakan rumus Hathaway,

$$T_c = \frac{0,606 (l \times n)^{0,467}}{S^{0,234}}$$

dimana :

L = Jarak dari titik terjauh di DAS ke titik kontrol

n = Koefisien kekasaran lahan

S = Kemiringan lahan antara elevasi maksimum dan minimum

3.9. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran atau biasa disebut *Runoff Coefficient* (C) adalah nilai koefisien curah hujan yang berubah menjadi aliran permukaan (limpasan) dari curah hujan total setelah mengalami infiltrasi. Nilai koefisien C dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, seperti laju infiltrasi, area kedap air, tingkat kemiringan lahan serta intensitas curah hujan. Perubahan tata guna lahan merupakan salah satu kondisi batas utama yang memengaruhi banyak proses hidrologi. (Sumarauw & Ohgushi, 2012).

Tabel 1. Koefisien Limpasan untuk Metode Rasional

Jenis Tata guna Tanah	Koefisien C		
	Loam Berpasir	Lempung Siltloam	Lempung Padat
Hutan			
• Kemiringan 0 – 5 %		0,30	0,40
• 5 – 10 %	0,10	0,35	0,50
• 10 – 30 %	0,25	0,50	0,60
	0,30		
Padang Rumput/semak-semak			
• Kemiringan 0 – 5 %	0,10	0,30	0,40
• 5 – 10 %	0,15	0,35	0,55
• 10 – 30 %	0,20	0,40	0,60
Tanah Pertanian			
• Kemiringan 0 – 5 %	0,30	0,50	0,60
• 5 – 10 %	0,40	0,60	0,70
• 10 – 30 %	0,50	0,70	0,80

3.10. Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana merupakan debit maximum di suatu sungai yang dihitung berdasarkan periode ulang tertentu. Untuk menentukan debit banjir rencana diperlukan data curah hujan, luas daerah tangkapan air serta kondisi tutupan lahan. Debit banjir rencana digunakan sebagai acuan dalam menganalisis kapasitas tampung penampang sungai dan memberikan informasi penting terkait kondisi sungai untuk keperluan pengendalian banjir. Banyak metode-metode yang digunakan untuk mengetahui nilai debit banjir rencana, antara lain : Metode Analisis Probabilitas Frekuensi Banjir, Metode Rasional, Metode Analisis Regional, Metode Puncak Banjir di Atas Ambang, Metode Empiris, dan Metode Analisis Regresi.

3.11. Metode Rasional

Metode ini digunakan apabila daerah pengaliran memiliki luasan yang kecil. Metode Rasional digunakan dengan anggapan bahwa DAS memiliki :

- Luas DAS < 200 – 300 hektar.
- Memiliki waktu konsentrasi (t_c) < 1 jam.
- Intensitas curah hujan merata di seluruh DPS dengan durasi tertentu.

Adapun rumus dari metode rasional adalah sebagai berikut:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (12)$$

dimana :

- Q = Debit Rencana (m^3/det)
 C = Koefisien Limpasan
 I = Intensitas Curah Hujan (mm/jam)
 A = Luas Daerah Aliran Sungai (km^2)

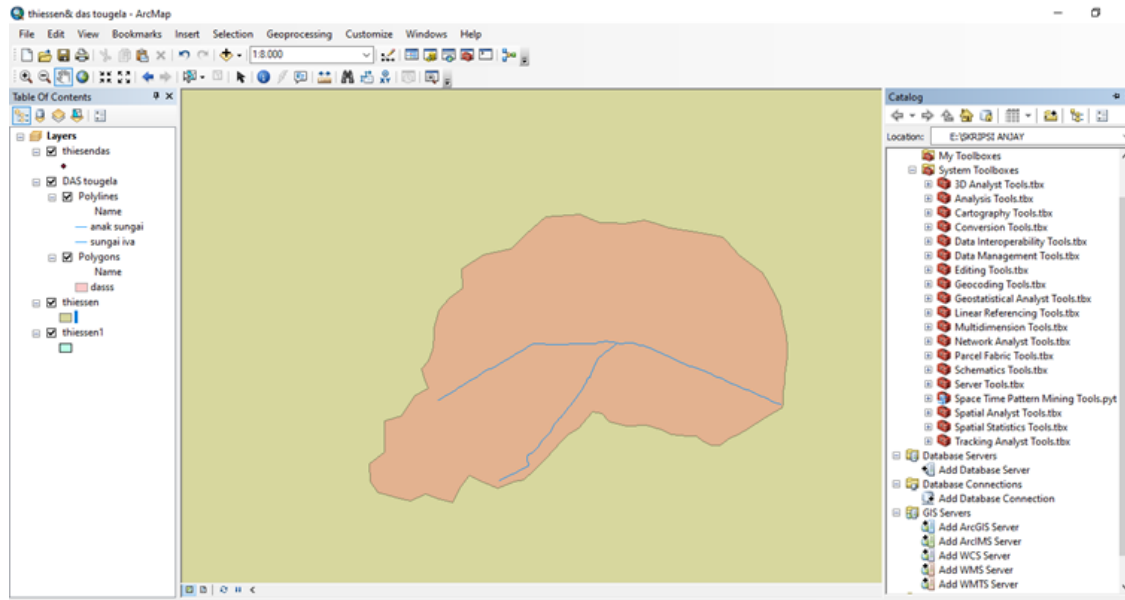
3.12. Analisis Tinggi Muka Air

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 Analisis Data Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai dibuat dengan bantuan aplikasi ArcGis dimana memerlukan peta DEMNAS (*Digital Elevation Model National*). Berikut merupakan DAS Tougela dengan luas DAS = 49 ha = 0,49 km².



Gambar 3. DAS Tougela

4.2 Data Curah Hujan

Analisis curah hujan di DAS Tougela 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 berpengaruh terhadap DAS Tougela yaitu pos hujan Paleloan. Berikut merupakan data hujan harian maksimum dari tahun 2009 sampai 2023.

Tabel 2. Data Curah Hujan Harian Maksimum Pos Hujan Paleloan

No.	Tahun	Data Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
1.	2009	31.60
2.	2010	67.20
3.	2011	90.90
4.	2012	69.80
5.	2013	66.50
6.	2014	110.50
7.	2015	64.90
8.	2016	115.50
9.	2017	51.27
10.	2018	43.45
11.	2019	39.47
12.	2020	68.26
13.	2021	106.10
14.	2022	134.17
15.	2023	118.40

4.3 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 3. Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	$C_s = 0$ $C_k = 3$	0,271 2,45	Tidak Memenuhi
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3.C_v = 1,22$ $C_k = C_v^8 + C_v^6 + 25C_v^4 + 16C_v^2 + 3 = 5,76$	1,28 6,09	Tidak Memenuhi
Gumbell	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,40$	0,27 2,45	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Bila tidak ada parameter statistik yang memenuhi syarat sebelumnya	-	Memenuhi

4.4 Curah Hujan Rencana

Tabel 4 merupakan besar hujan rencana untuk berbagai kala ulang yang dianalisis menggunakan pola sebaran Log Pearson III.

Tabel 4. Curah Hujan Rencana

Kala Ulang	Curah Hujan (mm)
5 Tahun	3.614
10 Tahun	4.151
25 Tahun	4.837
50 Tahun	5.353
100 Tahun	5.875

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

Analisis Hidraulika menggunakan program komputer HEC-RAS dilakukan dengan data masukkan yaitu data debit puncak dari perhitungan Rasional. Gambar 4 dan Gambar 5 adalah potongan melintang dan potongan memanjang hasil dari simulasi elevasi tinggi muka air pada penampang yang telah diukur dengan memasukkan debit banjir rencana kala ulang 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun.

5. Kesimpulan dan Saran

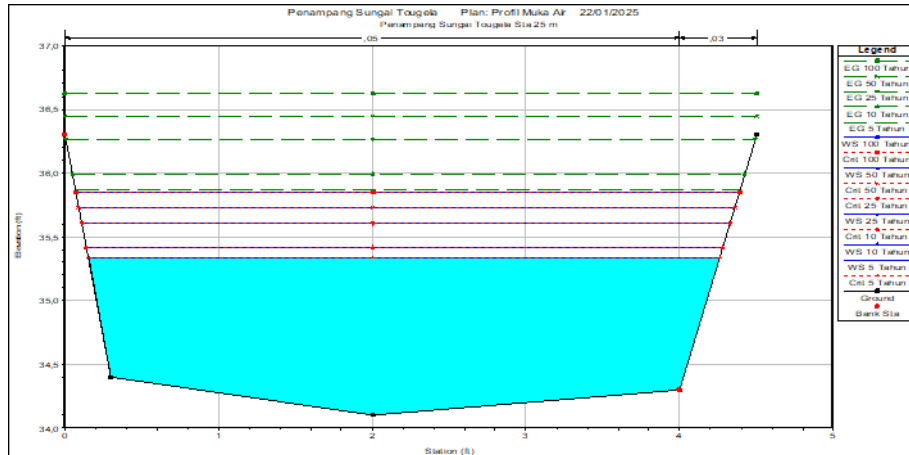
5.1 Kesimpulan

Debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun (Q_5) = 3.614 m³/det, kala ulang 10 tahun (Q_{10}) = 4.151 m³/det, kala ulang 25 tahun (Q_{25}) = 4.837 m³/det, kala ulang 50 tahun (Q_{50}) = 5.353 m³/det, dan kala ulang 100 tahun (Q_{100}) = 5.875 m³/det.

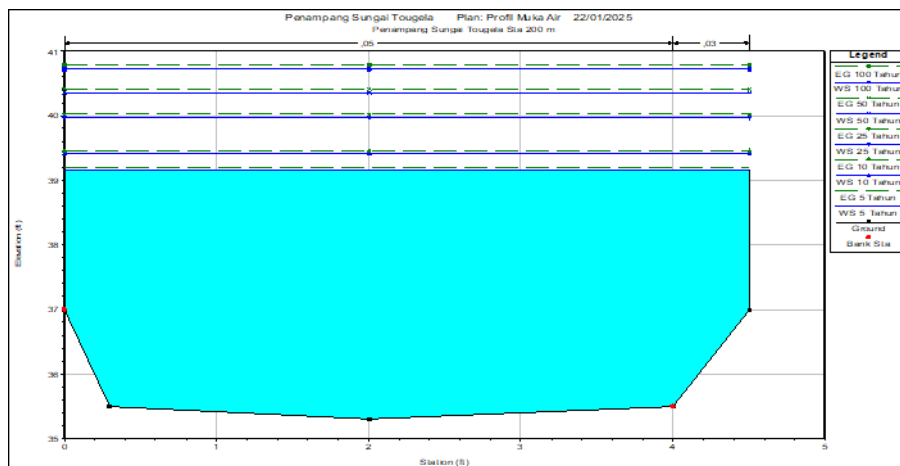
Dari hasil simulasi menunjukkan tidak terjadi luapan pada STA 0+25 di setiap kala ulang, sementara di STA 0+50 hingga STA 0+200 terjadi luapan di setiap kala ulang yaitu kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun

5.2 Saran

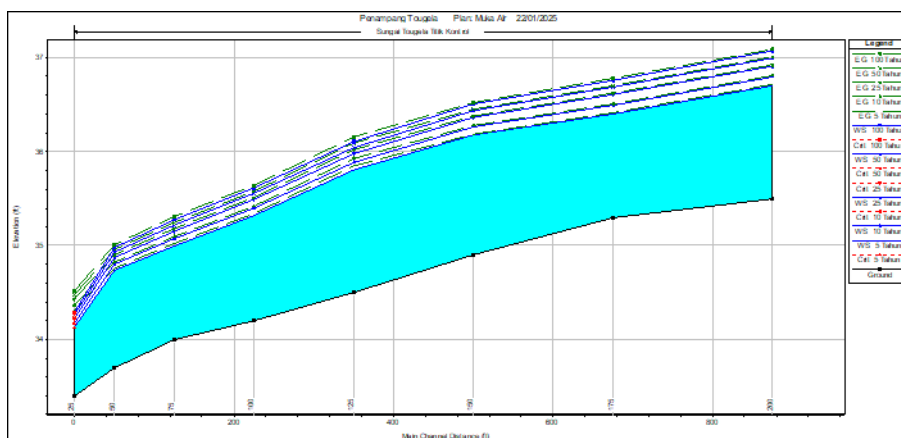
Setiap titik sungai yang meluap agar dapat dibuat dan menambah lahi tinggi tanggul dan wilayah yang dilalui sungai sebaiknya memperhatikan area hijau sebagai daerah resapan. Hal ini bertujuan untuk mengurangi potensi banjir akibat meluapnya air sungai, karena dengan adanya area resapan, lebih sedikit air yang mengalir ke sungai melalui aliran permukaan.



Gambar 4. Rangkuman Tinggi Muka Air Sta. 0+ 025 m



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



Gambar 6. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang

Referensi

- Asyifa, A., & Saputra, A. A. (2022). Analisis Debit Dan Tinggi Muka Air Banjir Banjarsari Daerah Aliran Sungai Juwana Dengan Metode Hss Scs. *Jurnal Karkasa*, 8(1), 1–7.
<https://jurnal.poltekstpaul.ac.id/index.php/jkar/article/view/464%0Ahttps://jurnal.poltekstpaul.ac.id/index.php/jkar/article/download/464/346>
- Triadmodjo, B., 2008, *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta
- Fauzi, M. R. (2022). *Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Debit Banjir Pada Daerah Aliran Sungai Cilangla (Analysis Effect of Land Cover Change on Flood Discharge in Cilangla Watershed)*.
- Geofisika, S., Geofisika, D., Matematika, F., Ilmu, D. A. N., Alam, P., & Hasanuddin, U. (2022). *Analisis Debit Banjir Akibat Perubahan Tutupan Muh . Reza Zaputra*.
- Ilham, M., & Dwi Refika, C. (2023). Analisis Debit Banjir Dengan Metode HSS SCS Dan Metode Melchior di Sungai Krueng Meureudu. *Journal of The Civil Engineering Student* , 5(1), 92–98.
<https://www.in>
- Isa, M., Sumarauw, J., & Hendratta, L. (2020). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air. *Jurnal Sipil Statik*, 8(4), 591–600. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/29979>
- Kereh, I. E., Alex, B., & Umarauw, J. S. F. (2018). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Palaus Di Kelurahan Lowu I Kabupaten Minahasa Tenggara. *Jurnal Sipil Statik*, 6(4), 235–346.
- 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.
- La'la, M. (2022). Profil Aliran Air Sarat Sedimen Dan Pengaruhnya Terhadap Proses Sedimentasi Sungai. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 12(3), 179–190.
<https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/jime/article/view/46686%0Ahttps://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/jime/article/view/46686/41682>
- 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%0Ahttps://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/tekno/article/download/44176/40317>
- Multazam, I., & Pamungkas², J. A. (2019). *Studi Perencanaan Embung Sungai Majeng Kecamatan Batulappa Kabupaten Pinrang*.
- Porajouw, A. M., Mananoma, T., & Tangkudung, H. (2019). Analisis Sistem Drainase Di Kelurahan Tikala Kumaraka Kota Manado. *Jurnal Sipil Statik*, 7(12), 1593–1604.
- Soemarto, CD., 1999, *Hidrologi Teknik*, Edisi ke-2, Erlangga, Jakarta.
- Soewarno. (2014). *Aplikasi metode Statistika Untuk Analisis Data Hidrologi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sumarauw, J. S. F., & Ohgushi, K. (2012). Analysis on curve number, land use and land cover changes in the Jobaru River basin, Japan. *ARP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 7(7), 787–793.
- Suripin., 2002., *Pelestarian Sumber daya Tanah dan Air*, Andi Offset Yogyakarta.
- TARIGAN, B. S. (2020). *Analisis Debit Banjir Rencana Sungai Deli Di Kecamatan Medan Johor*.
- Upomo, T. C., & Kusumawardani, R. (2016). Pemilihan Distribusi Probabilitas Pada Analisa Hujan Dengan Metode Goodness of Fit Test. *Jurnal Teknik Sipil Dan Perencanaan*, 18(2), 139–148.
<https://doi.org/10.15294/jtsp.v18i2.7480>.
- Widyawati, W., Yuniarti, D., & Goejantoro, R. (2021). Analisis Distribusi Frekuensi dan Periode Ulang Hujan. *Eksponensial*, 11(1), 65. <https://doi.org/10.30872/eksponensial.v11i1.646>.