



Evaluasi Kapasitas Tampung Penampang Sungai Kekewuran Di Titik Jembatan Perumahan Kharisma Koka Terhadap Debit Banjir Rencana

Rayza D. P. Tubagus^{#a}, Tiny Mananoma^{#b}, Jeffy S. F. Sumarauw^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia.
^atubagusrayza@gmail.com, ^btmananoma@yahoo.com, ^cjeffrysumarauw@unsrat.ac.id

Abstrak

Sungai Kekewuran adalah salah satu sungai di Kabupaten Minahasa yang melintasi kawasan perumahan Kharisma Koka. Sebagai kawasan perumahan yang dilintasi sungai salah satu persyaratannya ialah kondisi keadaan bebas dari banjir akibat meluapnya air sungai. Berdasarkan hal tersebut penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas tampung penampang sungai Kekewuran. Penelitian ini dilakukan di ruas sungai Kekewuran dengan Luas DAS 22 ha / 0,22 km². Untuk data curah hujan harian maksimum didapat dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan memperhatikan pos hujan yang berpengaruh terhadap DAS. Dengan metode poligon-Thiessen didapati pos hujan yang berpengaruh terhadap DAS Kekewuran ialah pos hujan Tikala-Sawangan. Selanjutnya, analisis frekuensi hujan diawali dengan penentuan tipe distribusi hujan. Pada tugas akhir ini tipe distribusi yang digunakan ialah tipe distribusi Log-Pearson III dan kemudian dilanjutkan dengan perhitungan besar hujan rencana dengan berbagai kala ulang. Debit rencana adalah debit yang dipakai sebagai dasar untuk menganalisis kapasitas tampung penampang sungai. Pada perhitungan debit rencana menggunakan metode rasional karena memiliki DAS yang relatif kecil. Selanjutnya debit rencana untuk berbagai kala ulang dimasukkan dalam program komputer HEC-RAS untuk simulasi elevasi tinggi muka air pada penampang yang telah diukur. Hasil simulasi menunjukkan bahwa semua penampang Sungai Kekewuran yang ditinjau masih bisa menampung debit banjir untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun.

Kata kunci: Sungai Kekewuran, Metode Rasional, HEC-RAS

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Sungai Kekewuran adalah salah satu sungai di Kabupaten Minahasa yang melintasi kawasan perumahan Kharisma Koka. Sebagai kawasan perumahan yang dilintasi sungai salah satu persyaratannya ialah kondisi keadaan bebas dari banjir akibat meluapnya air sungai. Untuk itu, perlu kajian terkait potensi debit banjir rencana dan kapasitas tampung dari sungai Kekewuran yang melintasi kawasan perumahan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah untuk menghindari/mengendalikan potensi kejadian banjir, maka diperlukan analisis/kajian terkait besaran debit banjir dan kapasitas tampung penampang sungai.

1.3 Batasan Penelitian

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penelitian dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

1. Lokasi yang akan diteliti adalah Sungai Kekewuran di kawasan Perumahan Kharisma Koka.
2. Analisis debit banjir maks untuk kala ulang 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun.

1.4 Tujuan Penelitian

Mendapatkan kapasitas tampung penampang sungai Kekewuran yang dapat dijadikan acuan/informasi terkait kondisi sungai untuk pengendalian banjir.

1.5 Manfaat Penelitian

Memberikan informasi dan bahan pertimbangan bagi pihak terkait tentang daya tampung maksimum sungai Kekewuran dalam periode ulang 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun sehingga dapat membantu perencanaan kegiatan pengendalian banjir.

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi Penelitian

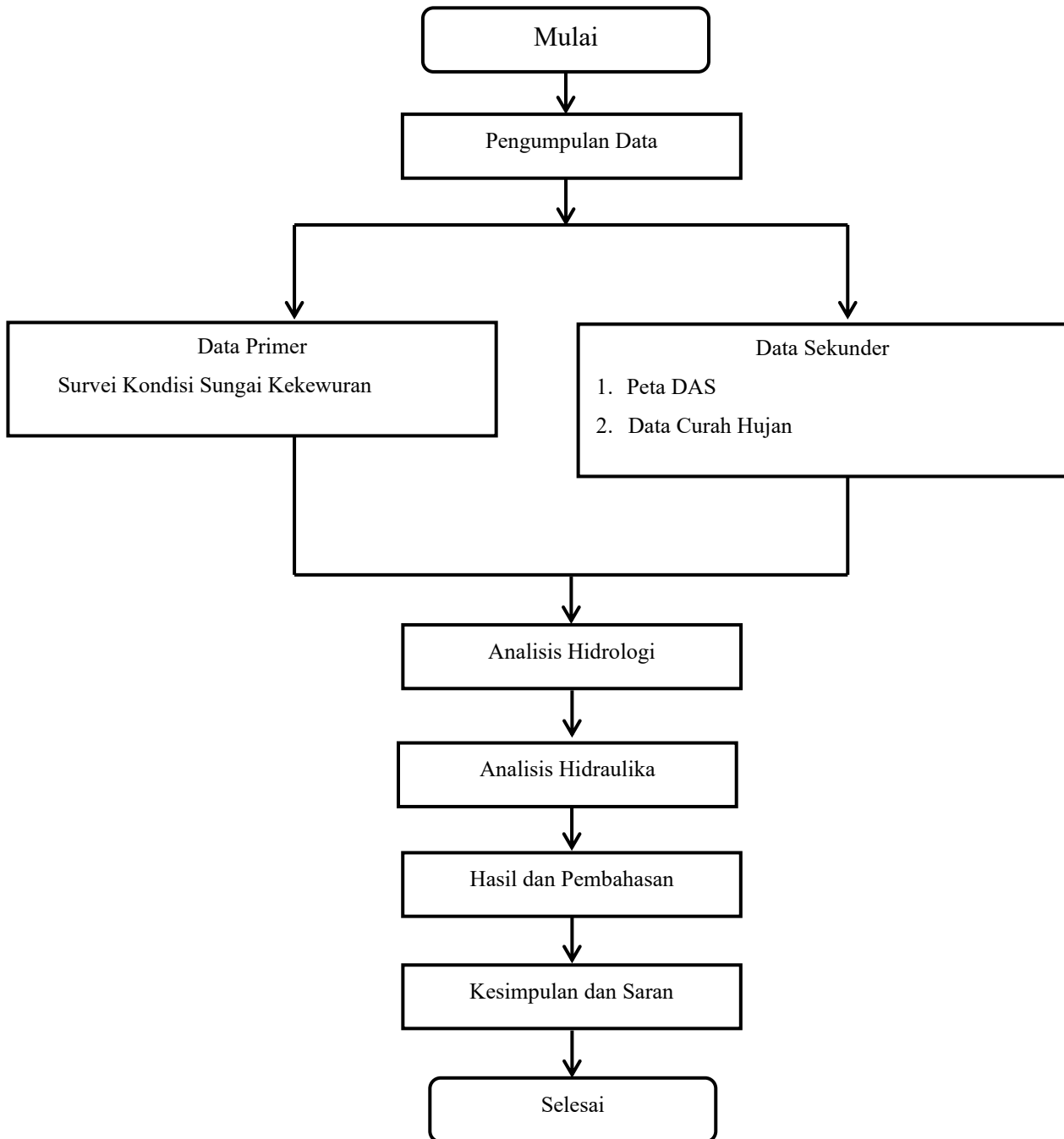
Kawasan perumahan Kharisma Koka merupakan kawasan perumahan yang ada di Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara. Lokasi penelitian berada di $1^{\circ}25'59.2''N$ $124^{\circ}51'26.18''E$.



Gambar 1. Kawasan Perumahan Kharisma Koka (Google Earth Pro, 2022)

2.2 Bagan Alir Penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan menurut alur pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3. Kajian Literatur

3.1 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan proses kontinu di mana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali lagi ke bumi. Tahapan siklus hidrologi menurut Bambang Triatmodjo diawali dengan terjadinya penguapan dari air di permukaan tanah, danau, sungai dan laut menuju atmosfer yang kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang berbentuk awan. Selanjutnya air tersebut akan jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan. Hujan yang

jatuh, sebagiannya akan tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (intersepsi) dan yang lainnya akan jatuh sampai ke permukaan tanah. Air hujan yang sampai ke permukaan tanah sebagiannya akan meresap masuk ke dalam tanah (infiltrasi) dan sebagian yang lainnya mengalir di atas permukaan tanah atau yang sering dikenal sebagai aliran permukaan (*surface runoff*) dan kemudian masuk ke sungai lalu akhirnya akan mengalir ke laut. Air yang meresap masuk ke dalam tanah sebagiannya akan mengalir ke dalam tanah (perkolasi) menjadi air tanah yang kemudian akan keluar menjadi mata air atau bahkan mengalir ke sungai. Akhir dari siklus ini aliran air di sungai akan sampai ke laut dan kemudian akan kembali ke tahap awal dan berlangsung terus menerus.

3.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang umumnya ditetapkan berdasarkan aliran permukaan yang daerahnya dibatasi oleh batas topografi. Bentuk Daerah Aliran Sungai (DAS) dipengaruhi oleh pola sungai yang mempunyai arti penting dalam hubungannya dengan aliran sungai. Umumnya bentuk DAS dapat dibedakan menjadi 4 (empat) bentuk yaitu aliran sungai berbentuk memanjang, radial, paralel dan kompleks.

3.3 Analisis Curah Hujan Rencana Daerah

Jika beberapa stasiun penangkar hujan berada dalam suatu daerah atau wilayah, maka kita perlu untuk mengambil nilai rata-rata dari beberapa stasiun itu untuk mendapatkan nilai curah hujan daerah. Dalam perhitungan hujan rata-rata terdapat beberapa metode yang sering digunakan, yaitu: Metode Aritmetik, Metode Polygon-Thiessen, dan Metode Isohyet.

3.4 Analisis Data Outlier

Data yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dari sekumpulan data disebut data outlier. Uji data outlier dilakukan untuk mengoreksi data sehingga dapat 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 dan rendah, koreksi data.

Rumus yang digunakan:

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{1}{n} \sum \text{Log } X_i \quad (1)$$

$$S_{log} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2} \quad (2)$$

$$CS_{log} = \frac{n \sum (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S_{log}^3} \quad (3)$$

$$\text{Outlier rendah : } \text{Log } X_l = \text{Log } \bar{X} - Kn \cdot S_{log} \quad (4)$$

$$\text{Outlier tinggi : } \text{Log } X_h = \text{Log } \bar{X} + Kn \cdot S_{log} \quad (5)$$

X_i = Nilai curah hujan maksimum

\bar{X} = Nilai rata-rata curah hujan harian maksimum

$\text{Log } X_i$ = Nilai curah hujan maksimum yang diubah kedalam nilai log

$\text{Log } \bar{X}$ = Nilai rata-rata yang diubah kedalam nilai log

S_{log} = Nilai standar deviasi yang diubah kedalam nilai log

CS_{log} = Nilai koefisien kemencengan yang diubah kedalam nilai log

3.5 Parameter Statistik

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

a) Rata – rata Hitung (*Mean*)

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum X_i \quad (6)$$

dimana :

\bar{X} = Curah hujan rata-rata kawasan
 X_1, X_2, \dots, X_i = Curah hujan yang tercatat di stasiun

b) Simpangan Baku (Standar Deviasi)

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (X_i - \bar{X})^2} \quad (7)$$

dimana :

n = Banyak data curah hujan yang tercatat
 \bar{X} = Curah hujan rata-rata kawasan
 X_1, X_2, \dots, X_i = Curah hujan yang tercatat di stasiun
 S = Standar Deviasi

c) Koefisien Kemencengan (*Skewness*)

$$C_s = \frac{n \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (8)$$

dimana :

n = Banyak data curah hujan yang tercatat
 \bar{X} = Curah hujan rata-rata kawasan
 X_1, X_2, \dots, X_i = Curah hujan yang tercatat di stasiun
 S = Standar Deviasi
 C_s = Koefisien Kemencengan

d) Koefisien Variasi

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \quad (9)$$

dimana :

\bar{X} = Curah hujan rata-rata kawasan
 S = Standar Deviasi
 C_v = Koefisien Variasi

e) Koefisien Kurtosis

$$k = \frac{\frac{1}{n} \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \quad (10)$$

dimana :

n = Banyak data curah hujan yang tercatat
 \bar{X} = Curah hujan rata-rata kawasan
 X_1, X_2, \dots, X_i = Curah hujan yang tercatat di stasiun
 S = Standar Deviasi
 C_k = Koefisien Kurtosis

3.6 Pemilihan Distribusi Probabilitas

Analisis distribusi peluang memiliki salah satu tujuan untuk menentukan besar hujan rencana dengan berbagai kala ulang (*return period*). Menurut Bambang Triatmodjo (2008), definisi dari periode ulang adalah waktu hipotetik yang diduga debit atau hujan dengan suatu besaran tertentu (X_T) akan disamai atau dilampaui satu kali dalam jangka waktu tertentu.

Beberapa Distribusi peluang adalah Distribusi Normal, Distribusi Log-Normal, Distribusi Gumbel, Distribusi Log-Pearson Tipe III. Berikut ini merupakan syarat untuk penggunaan distribusi frekuensi :

1. Koefisien kemencengan ≈ 0
 Koefisien kurtosis = 3
 Maka digunakan Distribusi Normal.
2. Koefisien kemencengan = 0
 Koefisien kurtosis ≈ 3
 Maka digunakan Distribusi Log Normal
3. Koefisien kemencengan = 1,1396
 Koefisien kurtosis = 5,40023

- Maka digunakan Distribusi Gumbel
4. Koefisien kemencengan = Tidak ditentukan
 - Koefisien kurtosis = Tidak ditentukan
- Maka digunakan Distribusi Log Pearson Tipe III

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

$$I = \left(\frac{R_{24}}{24}\right) \left(\frac{24}{T_c}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (11)$$

dimana :

- R_{24} = Curah hujan maksimum dalam 24 jam
 T_c = Waktu konsentrasi

3.8 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan untuk mengalir dari satu titik terjauh dalam *catchment area* sampai pada titik yang ditinjau (titik kontrol). Perhitungan waktu konsentrasi menggunakan Rumus Hathaway,

$$T_c = \frac{0,606(L \times n)^{0,467}}{S^{0,234}} \quad (12)$$

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 *Runoff Coefficient* (C) adalah suatu nilai koefisien yang menunjukkan persentase kuantitas curah hujan yang kemudian menjadi aliran permukaan (limpasan) dari curah hujan total setelah mengalami infiltrasi. Faktor utama yang mempengaruhi nilai C adalah laju infiltrasi tanah atau persentase lahan kedap air, kemiringan lahan, tanaman penutup tanah dan intensitas hujan. Untuk menentukan koefisien pengaliran dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Koefisien Limpasan untuk Metode Rasional (McGuen, 1989)

No	Deskripsi Lahan / Karakter Permukaan	Koefisien C
1.	Bisnis	
	• Perkotaan	0,70 – 0,95
	• Pinggiran	0,50 – 0,70
2.	Perumahan	
	• Rumah Tunggal	0,30 – 0,50
	• Multiunit terpisah, terpisah	0,40 – 0,60
	• Multiunit, tergabung	0,60 – 0,75
	• Perkampungan	0,25 – 0,40
	• Apartemen	0,50 – 0,70
3.	Industri	
	Ringan	0,50 – 0,80
	Berat	0,60 – 0,90

No	Deskripsi Lahan / Karakter Permukaan	Koefisien C
4.	Perkerasan	
	Aspal dan beton	0,70 – 0,95
	Batu bata, paving	0,50 – 0,70
5.	Atap	0,75 – 0,95
6.	Halaman, tanah berpasir	
	Datar 2%	0,05 – 0,10
	Rata-rata 2%-7%	0,10 – 0,15
	Curam 7%	0,15 – 0,20
7.	Halaman, tanah berat	
	Datar 2%	0,13 – 0,17
	Rata-rata 2%-7%	0,18 – 0,22
	Curam 7%	0,25 – 0,35
8.	Halaman Kereta Api	0,10 – 0,35
9.	Taman Tempat Bermain	0,20 – 0,35
10.	Taman, pekuburan	0,10 – 0,25
11.	Hutan	
	Datar, 0-5%	0,10 - 0,40
	Bergelombang, 5-10%	0,25 – 0,50
	Berbukit, 10-30%	0,30 – 0,60

3.10 Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit maksimum pada suatu sungai dengan periode ulang tertentu. Untuk menentukan debit banjir rencana dibutuhkan data curah hujan, luas catchment area dan data penutup lahan. 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 didapati daerah pengaliran memiliki luasan yang kecil. Menurut Soemarto (1987) Metode Rasional digunakan dengan anggapan bahwa DAS memiliki :

- Intensitas curah hujan merata di seluruh DPS dengan durasi tertentu.
- Lamanya curah hujan sama dengan waktu konsentrasi dari DPS.

Adapun rumus dari metode rasional adalah sebagai berikut:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (13)$$

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

Aliran dalam suatu saluran umumnya terbagi atas dua jenis yang pertama merupakan saluran terbuka (*open channel flow*) dan yang kedua merupakan saluran tertutup (*closed channel flow*). Saluran terbuka yang bebas dipengaruhi oleh udara yang berada di luar saluran secara langsung sehingga menghasilkan tekanan. Namun beda halnya dengan saluran tertutup yang tidak langsung dipengaruhi oleh tekanan udara. Beberapa jenis aliran yang digunakan dalam analisis tinggi muka air yaitu Aliran Tunak (*Steady Flow*) jenis aliran yang mempunyai kedalaman tetap untuk selang waktu tertentu dan Aliran Tidak Tunak (*Unsteady Flow*) jenis aliran yang

mempunyai kedalaman aliran yang berubah tidak sesuai dengan waktu.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Analisis Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai dibuat dengan bantuan aplikasi ArcGis dimana memerlukan peta DEM (*Digital Elevation Model*). Berikut merupakan gambaran DAS Kekewuran dengan luas DAS = 22 ha = 0,22 km².



Gambar 3. DAS Kekewuran

4.2 Data Curah Hujan

Pos hujan yang berpengaruh terhadap DAS Kekewuran ialah pos hujan Tikala-Sawangan. Data curah hujan harian maksimum pada pos hujan Tikala-Sawangan yang digunakan ialah data yang dicatat pada periode tahun 2008 sampai dengan tahun 2021 pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Curah Hujan Harian Maksimum Pos Hujan Tikala-Sawangan (Balai Wilayah Sungai Sulawesi I, 2022)

No	Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)
1	2008	130,80
2	2009	100,30
3	2010	123,00
4	2011	-
5	2012	110,00
6	2013	180,40
7	2014	170,70
8	2015	90,00
9	2016	90,70
10	2017	180,00
11	2018	76,00
12	2019	130,00
13	2020	121,00
14	2021	175,00

4.3 Penentuan Tipe Distribusi Hujan

Berdasarkan hasil-hasil parameter statistik yang didapat dan berdasarkan syarat penentuan tipe distribusi hujan. Maka, pola distribusi hujan yang digunakan yaitu Log Pearson III.

Tabel 3. Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Yang Didapat	Keterangan
Normal	$C_s = 0,0000$	0,2771	Tidak Memenuhi
	$C_k = 3,0000$	0,0011	Tidak Memenuhi
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v = 0,8766$	0,2771	Tidak Memenuhi
	$C_k = C_v^8 + C_v^6 + 25 C_v^4 + 16 C_v^2 + 3 = 4,3968$	0,0011	Tidak Memenuhi
Gumbell	$C_s = 1,1400$	0,2771	Tidak Memenuhi
	$C_k = 5,4000$	0,0011	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	157,92
10 Tahun	181,15
25 Tahun	210,72
50 Tahun	232,90
100 Tahun	255,33

4.5 Data Debit Hasil Perhitungan dan Data Debit Terukur

Tabel 5 merupakan besar debit rencana untuk berbagai kala ulang yang dianalisis menggunakan metode rasional.

Tabel 5. Debit Rencana

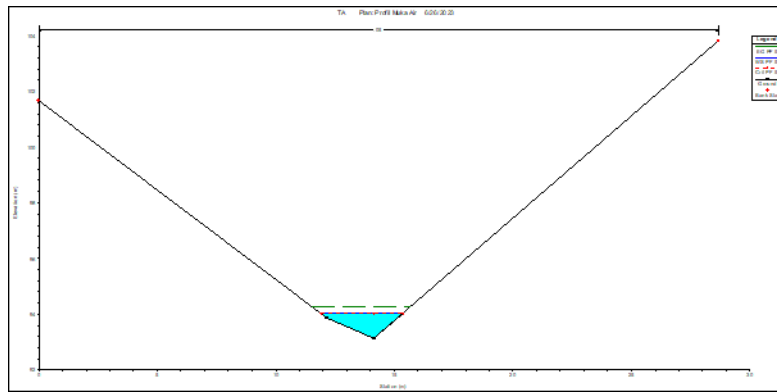
Kala Ulang	Debit Rencana (m ³ /s)
5 Tahun	2,16
10 Tahun	2,48
25 Tahun	2,88
50 Tahun	3,18
100 Tahun	3,49

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

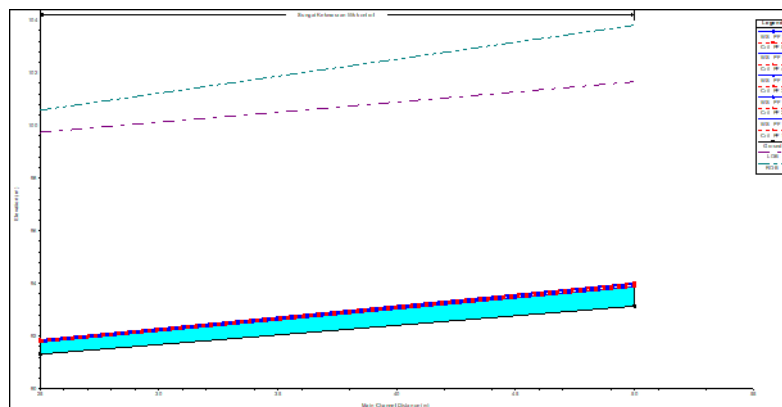
Gambar 4 dan Gambar 5 adalah potongan melintang dan potongan memanjang hasil dari simulasi elevasi tinggi muka air pada penampang yang telah diukur dengan memasukkan debit banjir rencana kala ulang 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan besar debit rencana untuk : kala ulang 5 tahun = 2,16 m³/detik; kala ulang 10 tahun = 2,48 m³/detik; kala ulang 25 tahun = 2,88 m³/detik; kala ulang 50 tahun = 3,18 m³/detik; kala ulang 100 tahun = 3,49 m³/detik. Dari hasil analisis besar debit rencana tersebut selanjutnya dimasukkan pada aplikasi HEC-RAS, dimana hasil simulasinya menunjukkan bahwa kapasitas tampung Sungai Kekewuran masih bisa menampung debit banjir untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun.



Gambar 4. Tinggi Muka Air Potongan Melintang Sta 0+50 untuk Q_{100}



Gambar 5. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Kekewuran

Referensi

- Bambang, Triatmodjo. (2008). Hidrologi Terapan. Beta Offset, Yogyakarta.
- Ersin, Seyhan. 1990. Dasar-Dasar Hidrologi. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Kapantow, Billy, Tiny Mananoma, Jeffry S. F. Sumarauw. 2017. Analisis Debit dan Tinggi Muka Air Sungai di Kawasan Holland Village. Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.1 Februari 2017 (21-29) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Makal, Ariel Pribody., Tiny Mananoma, Jeffry S. F. Sumarauw. 2020. Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Kawangkoan di Desa Kawangkoan Kecamatan Kalawat Kabupaten Minahasa Utara. Jurnal Sipil Statik Vol.8 No.3 Mei 2020 (283-292) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Maweikere, Nadia C., Jeffry S. F. Sumarauw, Cindy J. Supit. 2022. Analisis Tinggi Muka Air Banjir Sungai Bailang Di Lorong Symphony Kelurahan Sumompo Kota Manado. TEKNO – Volume 20 Nomor 82 – Desember 2022, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- McCuen, Richard H., 1989. Hydrologic Analysis and Design. Prentice Hall
- Meruntu, Philips Alexander, Jeffry S. F. Sumarauw, Tiny Mananoma. 2019. Analisis Kapasitas Penampang Sungai Tingkulu di Kecamatan Tikala Kota Manado. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No. 4 April 2019 (379-388) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Nadia, Kivani., Tiny Mananoma, Hanny Tangkudung. 2019. Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Tembran Di Kabupaten Minahasa Utara. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.6 Juni 2019 (703-710) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Oroh, Ficky, Tiny Mananoma, Hanny Tangkudung. 2019. Evaluasi Kapasitas Penampang Terhadap Debit Banjir Sungai Tondano Di Jembatan Ringroad. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No. 9 September 2019 (1159-1168) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Palit, Isabella E.G., Jeffry S. F. Sumarauw, Hanny Tangkudung. 2022. Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Tikala Di Titik Jembatan Gantung Kelurahan Tikala Ares Kecamatan Tikala. TEKNO – Volume 20 Nomor 82 – Desember 2022, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Rapar, Sharon M. E., Tiny Mananoma, E. M. Wuisan, Alex Binilang. 2014. Analisis Debit Banjir Sungai Tondano Menggunakan Metode HSS Gama I Dan HSS Limantara. Jurnal Sipil Statik Vol.2 No.1 Januari 2014 (13-21) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Rivaldy, Dandy Ramdan, Tommy Jansen, Jeffry S. F. Sumarauw. 2018. Evaluasi Kapasitas Penampang

Sungai Tugurara Kota Ternate Terhadap Debit Banjir. *Jurnal Sipil Statik* Vol.6 No. 6 Juni 2018 (397-410)
ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
Soemarto C. D. 1987. *Hidrologi Teknik*. Usaha Nasional, Surabaya, Jakarta.
Soewarno. 1993. *Hidrologi*. Jakarta.
Ven, Te Chow. 1985. *Hidrolika Saluran Terbuka*. Erlangga. Jakarta