



Kajian Pengendalian Banjir Di Sungai Kombi Desa Kombi Kabupaten Minahasa

Deniel J. Sakudu^{#a}, Jeffry S. F. Sumarauw^{#b}, Tiny Mananoma^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia.
^ajuselodydensa@gmail.com; ^bjeffrysumarauw@unsrat.ac.id; ^ctmananoma@yahoo.com

Abstrak

Sungai Kombi merupakan sungai yang mengalir dari pegunungan Lembean lalu melintasi desa Kombi. Pada saat intensitas hujan yang tinggi, sungai ini meluap dan membanjiri desa Kombi. Maka dilakukan penelitian dari aspek Hidrologi dan Hidraulika terkait besar debit banjir dan elevasi tinggi muka air yang potensial terjadi sehingga dapat dilakukan upaya pengendalian bencana tersebut. Analisis dimulai dengan analisis frekuensi hujan menggunakan metode Log Pearson III dengan data hujan harian maksimum dari tahun 2008 s/d 2021 yang berasal dari stasiun Klimatologi Paleloan. Penelitian ini menggunakan program komputer HEC-HMS untuk analisis hidrologi dengan metode HSS *Soil Conservation Services* serta *baseflow* menggunakan metode *recession*. Pada program ini dilakukan kalibrasi parameter – parameter untuk mendapatkan debit puncak yang mendekati data debit puncak sungai kontrol. Selanjutnya dilakukan simulasi kala ulang untuk 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun yang diinput pada program komputer HEC-RAS untuk analisis hidraulika. Dilakukan simulasi elevasi tinggi muka air terhadap penampang sungai yang telah diukur. Hasil simulasi menunjukkan adanya luapan air yang terjadi di STA 0+25, STA 0+50, STA 0+100, STA 0+125, dan STA 0+150 pada semua debit banjir kala ulang. Kemudian untuk STA 0+75, STA 0+175 dan STA 0+200 hanya mampu menampung debit kala ulang 5 tahun, lalu meluap pada kala ulang 25 tahun, kala ulang 50 tahun dan kala ulang 100 tahun.

Kata kunci: Sungai Kombi, banjir, hidraulika, HEC-HMS, HEC-RAS

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Sungai Kombi di desa Kombi merupakan salah satu sungai yang banyak ditempati oleh warga pada bantaran sungai. Akan tetapi selain memberikan banyak manfaat untuk warga, sungai ini juga dapat membawa bencana salah satunya yaitu banjir. Banjir terjadi di Sungai Kombi pada saat curah hujan yang tinggi hingga mengakibatkan air sungai meluap dan menggenangi rumah warga di sekitar bantaran Sungai. Usaha warga dalam menanggulangi kejadian banjir sudah dilakukan tetapi belum maksimal karena keterbatasan pengetahuan tentang perencanaan penanggulangan banjir. Bencana banjir tetap terjadi pada saat curah hujan yang tinggi. Oleh sebab itu diperlukan kajian pengendalian banjir yang tepat, sesuai dengan ilmu teknik sipil.

1.2 Rumusan Masalah

Intensitas hujan yang tinggi menyebabkan air sungai meluap dan mengakibatkan banjir pada sebagian daerah di desa Kombi. Dibutuhkan kajian untuk pengendalian banjir.

1.3 Batasan Penelitian

1. Lokasi yang akan ditinjau terletak pada titik meluapnya sungai Kombi di desa Kombi dengan

- jarak 200 meter dari hulu ke hilir.
2. Data hujan yang akan dipakai yaitu data hujan harian maksimum.
 3. Analisis akan menggunakan program komputer HEC-HMS untuk analisis hidrologi dan HEC-RAS untuk analisis hidraulika.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan untuk dapat mengetahui besarnya debit banjir serta elevasi tinggi muka air banjir rencana sungai Kombi di Desa Kombi dengan berbagai kala ulang.

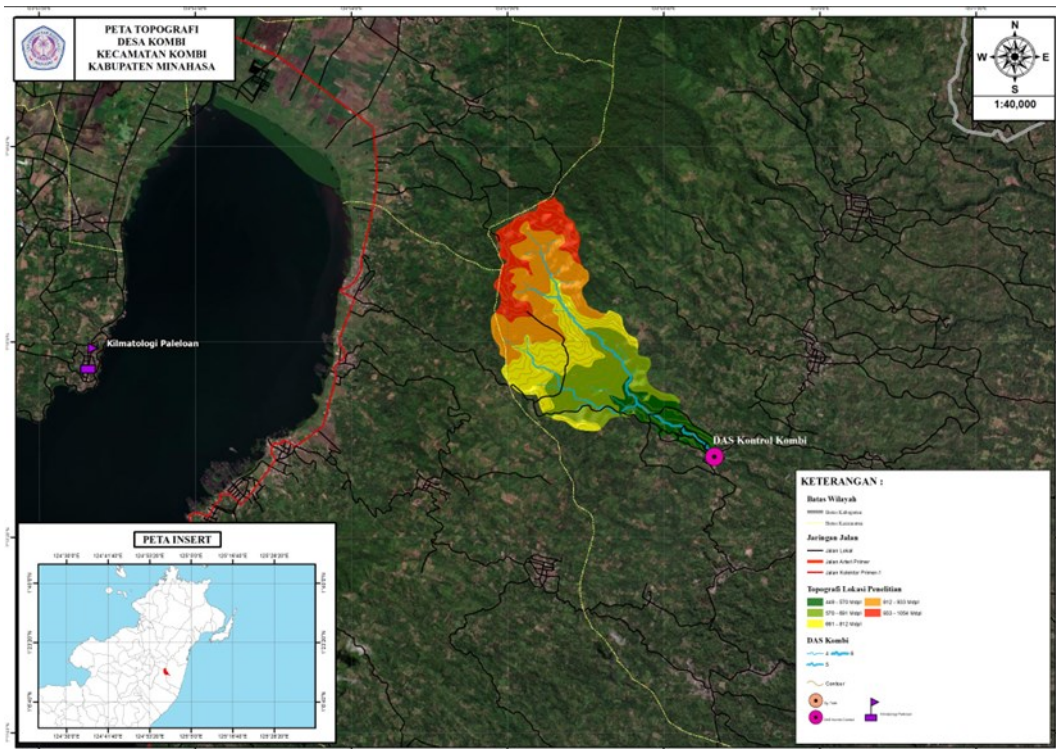
1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan acuan atau informasi untuk pihak terkait dalam mengatasi masalah banjir yang terjadi di bantaran sungai Kombi di desa Kombi.

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi Penelitian

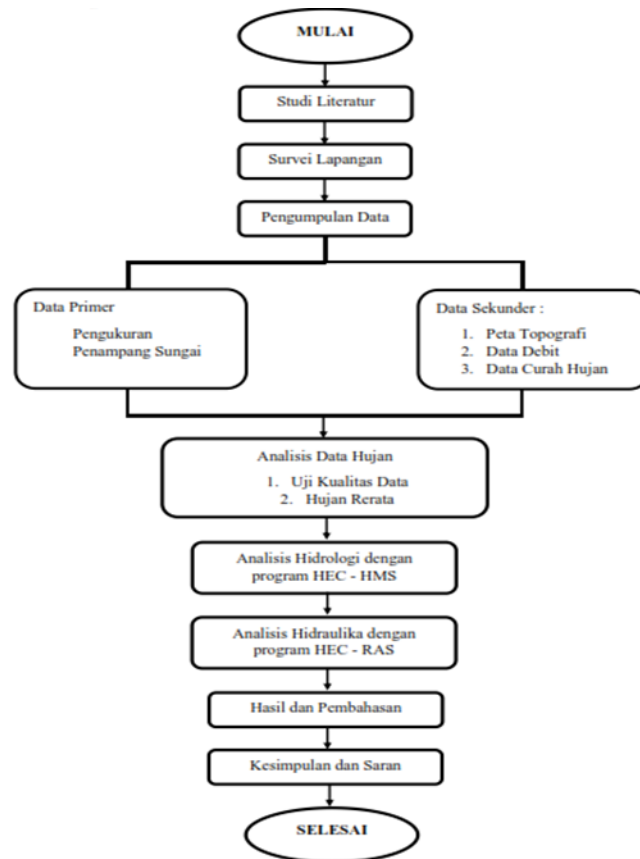
Hulu Sungai Kombi berasal dari Pegunungan Lembean mengalir melintasi Kecamatan Kombi dan menyatu dengan beberapa sungai antara lain Sungai Ranotelu dan akhirnya bermuara di Pantai Kombi (Laut Maluku). Titik kontrol lokasi penelitian terletak di samping Puskesmas lama Kombi, Desa Kombi, Kecamatan Kombi, Kabupaten Minahasa dengan titik koordinat $1^{\circ} 14' 01''$ Lintang Utara $124^{\circ} 59' 06''$ Bujur Timur.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (ArcMap 10.8)

2.2 Bagan Alir Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3. Kajian Literatur

3.1 Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah dimana semua airnya mengalir ke dalam suatu sungai yang dimaksudkan. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi yang berarti ditetapkan berdasarkan pada aliran permukaan, dan bukan ditetapkan berdasarkan pada air bawah tanah karena permukaan air tanah selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkat pemakaian. (dikutip dalam Kamase Malinda dkk, 2017).

3.2 Analisis Curah Hujan

Sesuai dengan daur hidrologi, air yang berada di bumi ini secara langsung maupun tidak langsung berasal dari air hujan. Hujan merupakan komponen masukan yang paling penting dalam proses hidrologi karena jumlah kedalaman hujan ini yang dialihragamkan menjadi aliran di sungai, baik melalui limpasan permukaan, aliran antara, maupun sebagai aliran air tanah.

Untuk mendapatkan perkiraan besar banjir yang terjadi di suatu penampang sungai tertentu, maka kedalaman hujan yang terjadi harus diketahui pula. Yang diperlukan adalah besaran kedalaman hujan yang terjadi di seluruh DAS. Jadi tidak hanya besaran hujan yang terjadi di suatu stasiun pengukuran hujan, melainkan data kedalaman hujan dari beberapa stasiun hujan yang tersebar di seluruh DAS. Beberapa penelitian menggunakan analisis curah hujan (Supit dkk, 2013).

3.3 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 $C_{Slog} \geq 0,4$ maka: uji *outlier* tinggi, koreksi data, uji *outlier* rendah, koreksi data.
2. Jika $C_{Slog} \leq 0,4$ maka: uji *outlier* rendah, koreksi data, uji *outlier* tinggi, koreksi data.
3. Jika $-0,4 < C_{Slog} < 0,4$ maka : uji *outlier* tinggi atau rendah, koreksi data.

Rumus yang digunakan:

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

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

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

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

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

Dengan :

C_{Slog} = 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:

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

3.4 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.

3.5 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:

$$\log X = \overline{\log x} + K_{TR,CS} \times S_{\log x}$$

(11)

Dengan :

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

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

$K_{TR,CS}$ = Karakteristik dari distribusi Log Pearson Tipe III

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

3.6 Pola Distribusi Jam – jaman

Distribusi hujan jam-jaman adalah pembagi intensitas hujan yang didasari oleh pola hujan pada suatu daerah. Dalam penelitian ini digunakan pola hujan Kota Manado , Kabupaten Minahasa Utara dan Kabupaten Minahasa yang terjadi dalam waktu 7 – 10 jam (Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman Daerah Manado, Minahasa Utara dan Minahasa) .

3.7 Debit Banjir Rencana

Pemodelan hujan aliran pada 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*.

3.8 Hidrograf Satuan Sintetis

Seperti disebutkan sebelumnya, untuk menghitung hidrograf satuan diperlukan data debit terukur dan data hujan yang cukup untuk memodelkan hidrograf satuan dari suatu DAS.

3.9 Kalibrasi Model

Kalibrasi adalah suatu proses dimana nilai dari hasil perhitungan dibandingkan dengan nilai hasil observasi lapangan. Kalibrasi Parameter HSS SCS perlu dilakukan untuk mendapatkan nilai parameter HSS SCS teroptimasi dengan membandingkan hasil simulasi HEC – HMS dengan debit terukur.

3.10 Simulasi Banjir Dengan Program Komputer HEC-HMS

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

3.11 Analisis Tinggi Muka Air

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

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Data Curah Hujan

Tabel 1. Data Curah Hujan Harian Maksimum
(Balai Wilayah Sungai Sulawesi I, 2022)

No	Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)
		Klimatologi Peleloan
1	2008	71.5
2	2009	43
3	2010	67.2
4	2011	90.9
5	2012	69.8
6	2013	66.5
7	2014	110.5
8	2015	64.9
9	2016	115.5
10	2017	160.2
11	2018	126.5
12	2019	157.3
13	2020	157
14	2021	107.7

Hanya ada 1 pos hujan yang mewakili daerah tangkapan hujan untuk sungai Kombi 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.

4.2 Penentuan Tipe Distribusi Hujan

Berdasarkan syarat parameter statistik yang memenuhi. Maka, Pola distribusi hujan yang digunakan yaitu Log Pearson III.

Tabel 2. Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	$C_s = 0$	0,344	Tidak
	$C_k = 3$	2,496	Memenuhi
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3$, $C_v = 1,22$	0,344	Tidak
	$C_k = C_v^8 + C_v^6 + 25 \cdot C_v^4 + 16 \cdot C_v^2 + 3 = 5,76$	2,496	Memenuhi
Gumbell	$C_s = 1,14$	0,343	Tidak
	$C_k = 5,40$	2,496	Memenuhi
Log Pearson III	Bila tidak ada parameter statistik yang memenuhi syarat sebelumnya	-	Memenuhi

4.3 Curah Hujan Rencana

Nilai $C_{S_{log X}}$ juga diperlukan untuk mencari nilai K. perhitungan dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung parameter statistik sehingga didapati :

$$C_{S_{log}} = -0,209 \text{ (Kemencengan negatif)}$$

Faktor frekuensi K untuk tiap kala ulang terdapat pada tabel K_{TR, C_s} untuk kemencengan negatif (Terlampir) yang ditentukan dengan menggunakan nilai $C_{S_{log X}}$ dan kala ulang dalam tahun.

Tabel 3. Nilai Cslog Terhadap Kala Ulang (Bambang Triatmodjo, 2008)

Cslog	Periode Ulang/Kala Ulang (tahun)					
	2	5	10	25	50	100
	Exceedence Probability					
-0,2	0,033	0,85	1,258	1,68	1,945	2,178
-0,2097	0,035	0,850	1,257	1,676	1,940	2,171
-0,3	0,05	0,853	1,245	1,643	1,89	2,104

Tabel 4. Curah Hujan Rencana

Kala Ulang	Curah Hujan (mm)
5 Tahun	131,92
10 Tahun	155,53
25 Tahun	184,35
50 Tahun	205,10
100 Tahun	225,23

Hasil tabel tersebut merupakan hasil perhitungan menggunakan rumus persamaan untuk tipe

sebaran Log Pearson III untuk tiap kala ulang.

4.4 Pola Distribusi Hujan Jam – Jaman

Tabel 5. 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	100
1	67,06	79,06	93,71	104,25	114,48
2	33,20	39,15	46,40	51,62	56,69
3	11,40	13,44	15,93	17,72	19,46
4	6,50	7,67	9,09	10,11	11,10
5	3,87	4,56	5,40	6,01	6,60
6	1,78	2,10	2,49	2,77	3,04
7-10	1,64	1,93	2,29	2,54	2,79
Total	125,44	147,89	175,30	195,03	214,17

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

4.5 Parameter Hasil Kalibrasi

Berikut merupakan parameter – parameter yang telah di optimasikan menggunakan program komputer HEC-HMS

Tabel 7. Parameter – Parameter Hasil Kalibrasi

<i>CN</i>	60.505
<i>Recesion Constant</i>	0.14
<i>Ratio to Peak</i>	0.04
<i>Initial discharge</i>	0.17
<i>Lag Time</i>	61.952

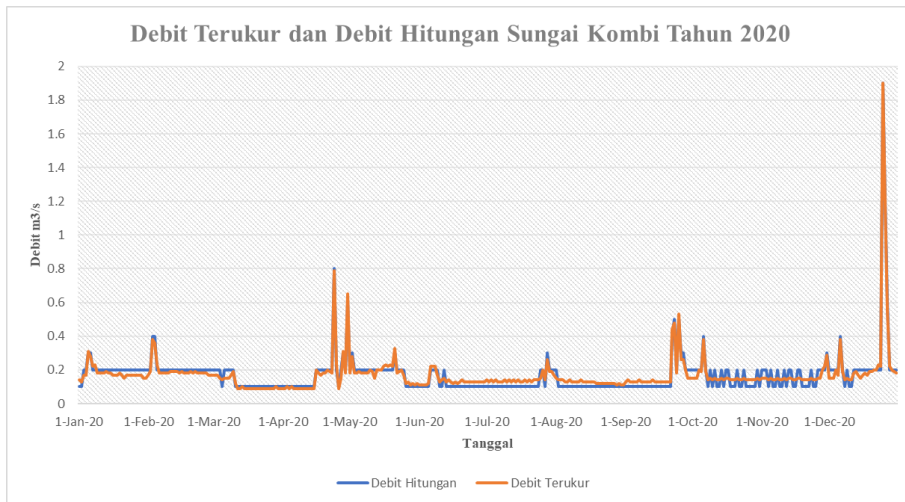
Parameter yang telah dioptimasi akan dipakai untuk simulasi debit banjir rencana menggunakan program komputer HEC-HMS.

4.6 Data Debit Hasil Perhitungan dan Data Debit Terukur

Grafik pada Gambar 3 adalah perbandingan dari data debit hasil perhitungan dan debit terukur, dimana nilai debit puncaknya sudah mendekati.

4.7 Hasil Simulasi Banjir dengan Program Komputer HEC-HMS

Hasil simulasi berikut ini menggunakan data hujan jam – jaman yang telah dihitung sebelumnya lalu dimasukkan ke program HEC-HMS.



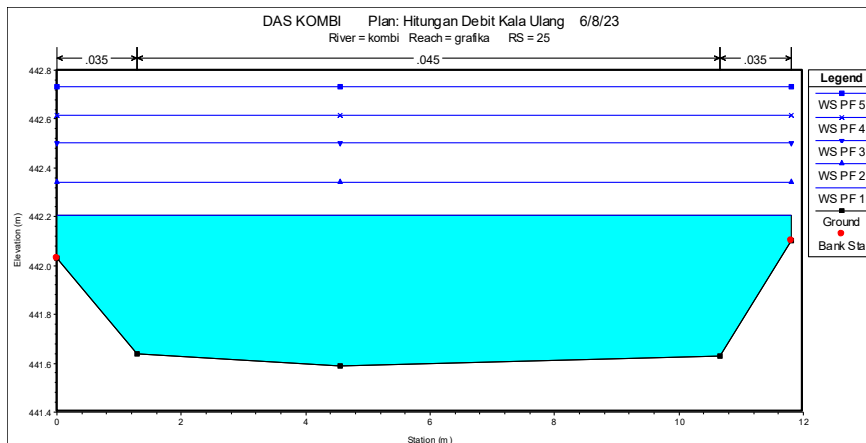
Gambar 3. Grafik Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur

Tabel 8. Debit Banjir Rencana Tiap Kala Ulang

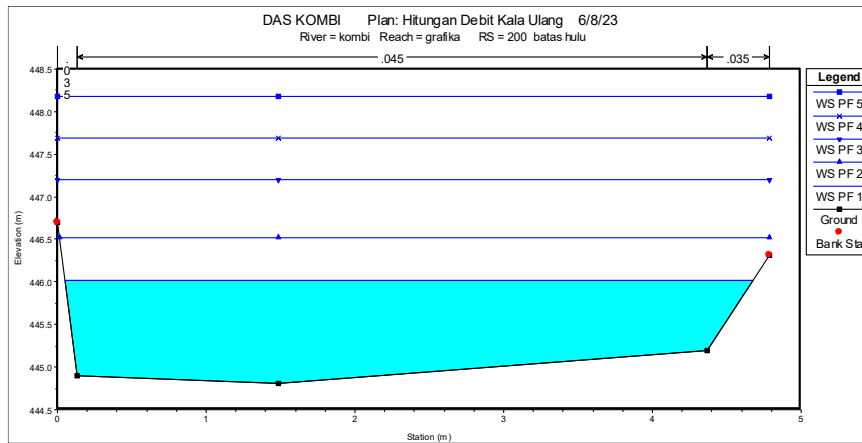
Kala Ulang	Debit (m ³ /s)
5 Tahun	14.80
10 Tahun	20.80
25 Tahun	28.70
50 Tahun	34.70
100 Tahun	41.10

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

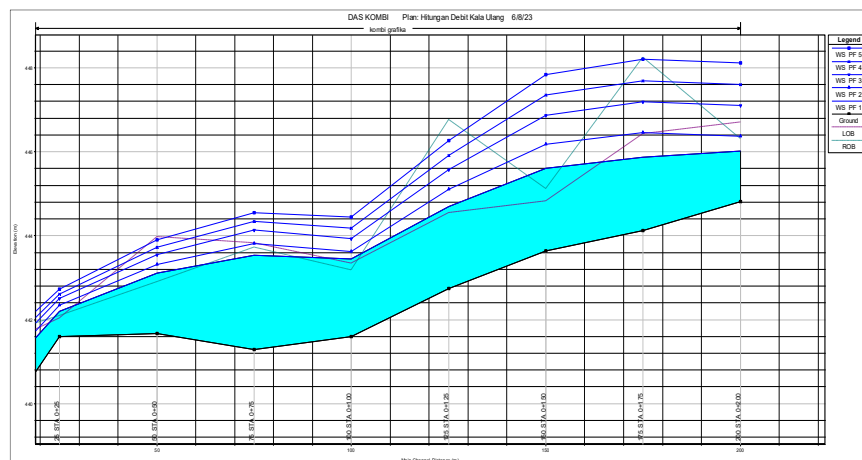
Data debit banjir rencana yang telah didapati dari program HEC-HMS kemudian dimasukkan kedalam program HEC-RAS dengan penampang sungai yang telah diukur secara langsung, sehingga mendapatkan hasil pada Gambar 4 sd. Gambar 6.



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



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



Gambar 6. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Kombi

5. Kesimpulan

Debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun = $0,6 \text{ m}^3/\text{det}$, kala ulang 10 tahun = $1,4 \text{ m}^3/\text{det}$, kala ulang 25 tahun = $2,7 \text{ m}^3/\text{det}$, kala ulang 50 tahun = $4,1 \text{ m}^3/\text{det}$, kala ulang 100 tahun = $5,8 \text{ m}^3/\text{det}$. Analisis HEC-RAS menunjukkan luapan banjir hanya terjadi pada STA 0+025 untuk kala ulang 25, 50 dan 100 tahun. Dan untuk STA lainnya untuk tiap kala ulang masih mampu untuk menahan debit banjir. Maka dari itu diperlukan adanya pembangunan talud di bantaran sebelah kanan sungai terkhususnya pada STA 0+025 untuk menanggulangi banjir dan melakukan perawatan rutin pada sungai seperti pembersihan rumput dan sampah karena hal tersebut dapat mempengaruhi kapasitas tampungan air.

Referensi

- Abdulhalim, Dwiki Fahrezi., Lambertus Tanudjaja. Jeffry S. F. Sumarauw. 2018. Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Talawaan di Titik 250 m Sebelah Hulu Bendung Talawaan. Jurnal Sipil Statik, Vol. 6, No. 5, Mei 2018 (269-276), Hal. 269, ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1 (2023). Data Debit Harian Sungai Taler – Papakelan. Manado.
- Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1 (2023). Data Hujan Harian Pos Klimatologi Tondano - Paleloan., Manado.
- Kamase, Malinda., Liany A., Hendrata, Jeffry S. F. Sumarauw. 2017. Analisis Debit dan Tinggi Muka Air Sungai Tondano di Jembatan Desa Kuwil Kecamatan Kalawat. Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.4 Juni 2017 (175-185) ISSN: 2337-6432, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Makal, Ariel Pribady., 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.

- Mamuaya, Frana L., Jeffry S. F. Sumarauw, Hanny Tangkudung. 2019. Analisis Kapasitas Penampang Sungai Roong Tondano Terhadap Bernagai Kala Ulang Banjir. *Jurnal Sipil Statik* Vol.7 No.2 Februari 2019 (179-188) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Mawikere, Nadia. C., Jeffry S. F. Sumarauw, Cindy J. Supit. 2022. Analisis Tinggi Muka Air Banjir Sungai Bailang di Lorong Simphony Kelurahan Sumompo Kota Manado. *Tekno – Volume 20 Nomor 82 – Desember 2022* ISSN: 0215-9617, 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* ISSN: 0215-9617, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sumarauw, Jeffry. 2013., Hujan. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sumarauw, Jeffry. 2017., Analisis Frekwensi Hujan. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sumarauw, Jeffry. 2017., Hidrograf Satuan Sintesis. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sumarauw, Jeffry. 2017., Pola Distribusi Hujan Jam – Jaman Daerah Manado, Minahasa Utara dan Minahasa. *Jurnal Sipil Statik* Vol.5 No.10 Desember 2017 (669-678) ISSN: 2337-6732, Manado.
- Sumarauw, Jeffry. 2018., HEC-HMS. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Supit, Cindy J. 2013., The Impact Of Water Projects On River Hydrology. *Jurnal Tekno-Sipil* Vol. 11 No. 59 Agustus 2013 (56-61) ISSN: 0215-9617, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Talumepa, Marcia Yosua., Lambertus Tanudjaja, Jeffry S. F. Sumarauw. 2017. Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Sangkub Kabupaten Bolaang Mangondow Utara. *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 5, No. 10, Desember 2017 (699-710), Hal. 700, ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Welliang, Aditya Hadipradana., Jeffry S. F. Sumarauw, Tiny Mananoma. 2019. Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Lombagin Kabupaten Bolaang Mongondow. *Jurnal Sipil Statik*, Vol.17, No.71, Desember 2019 (1-8), Hal. 1-7, ISSN: 2337-6732, ISSN : 0215-9617, Universitas Sam Ratulangi, Manado.