



Evaluasi Kapasitas Penampang Terhadap Debit Banjir Sungai Kilu Di Jembatan Kilu Kelurahan Paniki Satu Kecamatan Mapanget Kota Manado

Giovani A. Patiro^{#a}, Cindy J. Supit^{#b}, Jeffry S. F. Sumarauw^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^agpatiro18@gmail.com, ^bcindyjeanuspit@unsrat.ac.id, ^cjeffrysumarauw@unsrat.ac.id

Abstrak

Sungai Kilu adalah sungai yang mengalir melalui di Kelurahan Paniki Satu, Kecamatan Mapanget, Kota Manado, Sulawesi Utara. Penyebab utama terjadinya banjir adalah curah hujan yang tinggi dalam kurun waktu yang cukup Panjang sehingga mengakibatkan kerugian bagi masyarakat sekitar bantaran sungai Kilu lebih khusus para pengendara yang melewati jembatan kilu. Maka diperlukan upaya pengendalian banjir. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan mengetahui besarnya debit banjir dan tinggi muka air Sungai Kilu. Analisis dimulai dengan analisis frekuensi hujan menggunakan metode Log Pearson III. Data hujan yang digunakan yaitu data hujan harian maksimum di ambil dari pos MRG Talawaan pada tahun 2012 s/d 2021. Pemodelan hujan aliran pada program komputer HEC-HMS menggunakan metode HSS SCS, dan untuk kehilangan air dengan SCS Curve Number. Dilakukan kalibrasi parameter HSS SCS sebelum melakukan simulasi debit banjir dengan melakukan uji debit puncak. Parameter yang dikalibrasi adalah lag time, curve number, recession constant, initial discharge dan ratio to peak. Setelah itu dilakukan analisis debit banjir dengan parameter yang telah dikalibrasi menggunakan program komputer HEC-HMS. Debit puncak hasil simulasi setiap kala ulang dimasukkan ke dalam program komputer HEC-RAS untuk simulasi elevasi tinggi muka air dengan menggunakan data penampang yang telah diukur di lapangan. Hasil simulasi dengan menggunakan HEC-RAS didapatkan tinggi muka air untuk semua kala ulang (Q), tidak terjadi luapan air pada STA 0+25, STA 0+100, STA 0+150, dan STA 0+200. Pada STA 0+50 dan STA 0+75 terjadi luapan air untuk semua Kala ulang (Q). Dan pada STA 0+125 terjadi luapan air untuk kala ulang 25 tahun (Q25), 50 tahun (Q50), dan 100 tahun (Q100).

Kata kunci: Sungai Kilu, debit banjir, tinggi muka air, HEC-HMS, HEC-RAS

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Sungai Kilu adalah sungai yang mengalir melalui di Kelurahan Paniki Satu, Kecamatan Mapanget, Kota Manado, Sulawesi Utara. Penyebab utama terjadinya banjir adalah curah hujan yang tinggi dalam kurun waktu yang cukup Panjang sehingga mengakibatkan kerugian bagi masyarakat sekitar bantaran sungai Kilu lebih khusus para pengendara yang melewati jembatan kilu.

Maka diperlukan upaya pengendalian banjir. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan mengetahui besarnya debit banjir dan tinggi muka air Sungai Kilu.

1.2. Rumusan Masalah

Dengan didasarkan oleh latar belakang diatas dapat dirumuskan masalah untuk penelitian ini apakah penampang Sungai Kilu dapat menampung debit banjir yang dihasilkan dari intensitas curah hujan?

1.3. Batasan Penelitian

- Titik tinjau terletak di Jembatan Kilu, Kelurahan Paniki Satu, Kecamatan Mapanget dengan jarak 100 meter kearah hulu dan 100 meter kearah hilir
- Analisis hidrologi yang berhubungan dengan debit banjir rencana periode 2,5,10,25,50, dan 100 tahun
- Analisis dihitung dengan bantuan program komputer yaitu Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) untuk analisis hidrologi dan Hydrologic Engineering Center – River Analysis System (HEC – RAS) untuk analisis hidraulika

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini agar dapat mengetahui debit banjir rencana dan tinggi muka air sehingga dapat mengevaluasi apakah penampang Sungai Kilu dapat menampung debit banjir yang akan terjadi.

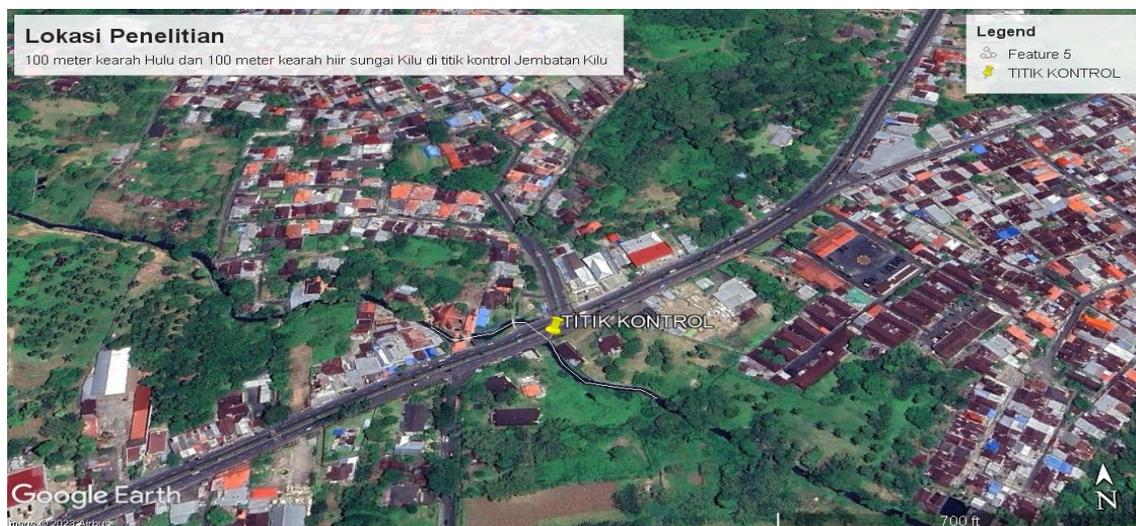
1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini agar dapat menjadi bahan referensi bagi para Peneliti-peneliti berikutnya, serta diharapkan menjadi informasi untuk instansi yang berwenang dalam melakukan penanggulangan banjir.

2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

Sungai Kilu Mengalir melalui melewati Kelurahan Paniki Satu, Kecamatan Mapanget, Kota Manado, Sulawesi Utara. Titik kontrol penelitian terletak di jembatan Kilu. Secara geografis terletak pada $1^{\circ}30'44.14''$ Lintang Utara $124^{\circ}54'53.97''$ Bujur Timur.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Google Earth)

2.2. Bagan Alir Penelitian

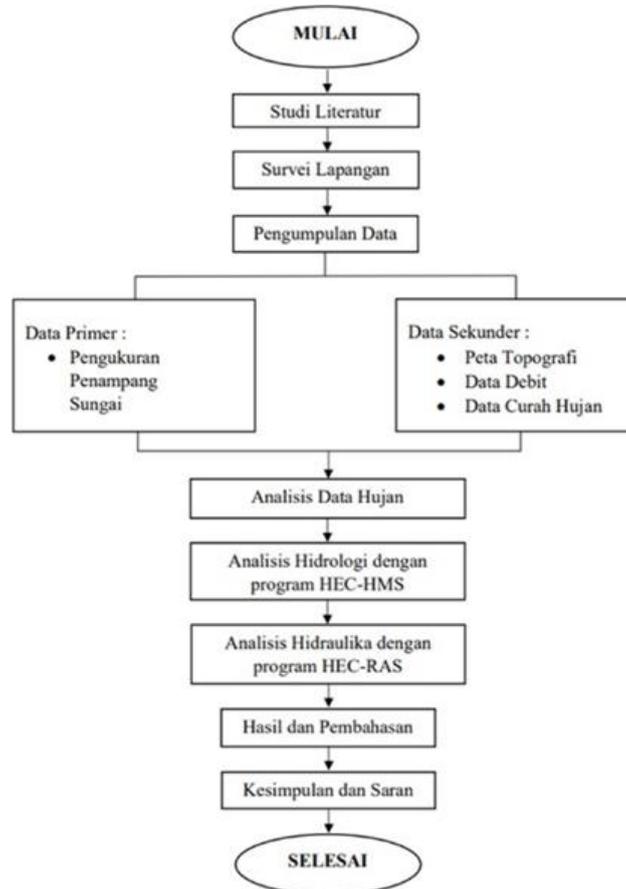
Kegiatan penelitian dilakukan menurut alur yang ditunjukkan pada Gambar 2.

3. Landasan Teori

3.1. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi atau daur hidrologi merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari

bumi ke atmosfer dan kemudian kembali lagi ke bumi. Neraca air tahunan diberikan dalam nilai relatif terhadap hujan yang jatuh di daratan (100%). Air di permukaan tanah, sungai, danau dan laut menguap ke udara. Uap air tersebut bergerak dan naik ke atmosfer, yang kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang berbentuk awan. Selanjutnya titik-titik air tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan. Hujan yang jatuh sebagian tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (intersepsi) dan selebihnya sampai ke permukaan tanah. Sebagian air hujan yang sampai ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan sebagian lainnya mengalir di atas permukaan tanah (aliran permukaan atau *surface runoff*) mengisi cekungan tanah, danau, dan masuk ke sungai dan akhirnya mengalir ke laut.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3.2. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah di mana 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 berdasar pada air bawah tanah karena permukaan air tanah selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkat pemakaian.

3.3. Analisis Data Oulier

Pengujian data *outlier* dilakukan untuk menentukan berapa banyak data yang menyimpang terlalu tinggi dan terlalu rendah. Hasil uji *outlier* mendapatkan bahwa tidak ada data-data curah hujan tidak ada yang menyimpang. Jika ada data yang menyimpang bisa dikarenakan kesalahan saat pencatatan data atau adanya kejadian ekstrim. Uji *outlier* memiliki 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 sekaligus koreksi data.

Rumus yang digunakan:

- $\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{n}$
- $S_{log} = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \overline{\log x})^2}{n}}$
- $CS_{log} = \frac{n}{n(n-1)(n-2)S_{log}^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \overline{X})^3$
- *Outlier* tinggi: $\text{Log } x_h = \overline{\log x} + Kn \cdot S_{log}$
- *Outlier* rendah: $\text{Log } x_l = \overline{\log x} - Kn \cdot S_{log}$

Dengan:

CS_{log} = Koefisien Kemencengan.

S_{log} = Simpangan Baku.

$\log x$ = 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.

Nilai Kn dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

Untuk nilai CS_{log} lebih dari 0,4:

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

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

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

3.4. Parameter Statistik

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

3.5. Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit maksimum pada suatu sungai dengan periode ulang tertentu. Data yang dibutuhkan untuk menentukan debit banjir rencana antara lain data curah hujan, luas catchment area dan data penutup lahan. Debit banjir rencana biasa didapatkan dengan beberapa metode antara lain metode empiris yaitu hidrograf satuan untuk menghitung besarnya debit banjir dengan bantuan program komputer HEC-HMS.

3.6. HSS-SCS

Hidrograf tidak berdimensi SCS (Soil Conservation Services) adalah hidrograf satuan sintetis dimana debit dinyatakan sebagai nisbah debit q terhadap debit puncak q_p dan waktu dalam nisbah waktu t terhadap waktu naik dari hidrograf satuan T_p .

Parameter – parameter SCS:

$$T_1 = \frac{L^{0,8} (2540 - 22,86 \text{ CN})^{0,7}}{14,104 \text{ CN} \times S^{0,5}} \quad \text{Untuk Luas Das} < 16 \text{ Km}^2$$

$$T_1 = 0,6 T_c \quad \text{Untuk luas DAS} \geq 16 \text{ km}^2$$

$$T = T_r + T_p$$

$$O_p = \frac{2,08 \times A}{T_p}$$

Menghitung *Time of Concentration* (T_c):

$$T_c = \frac{0,606 (L.n)^2}{s^{0,234}}$$

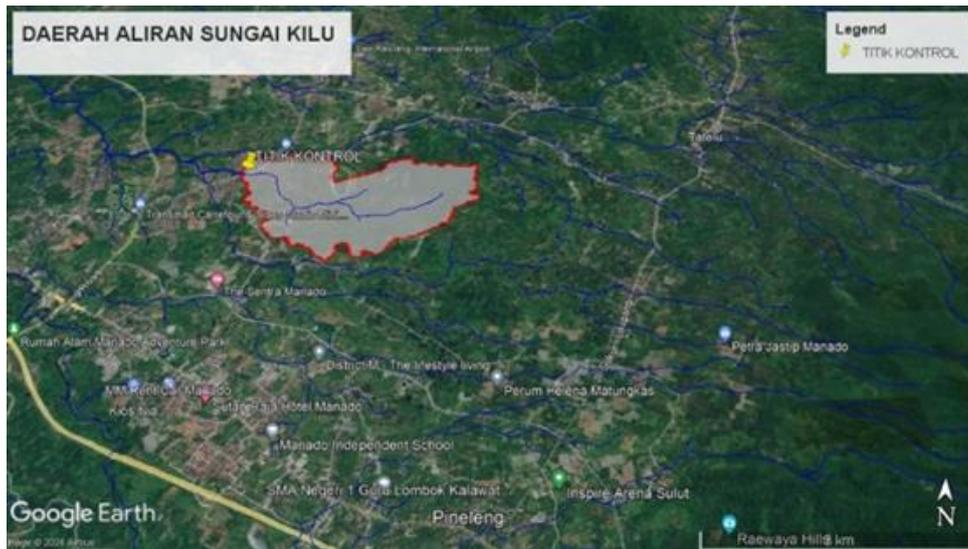
T_c = Waktu konsentrasi (jam).

- L = Panjang sungai utama terhadap titik kontrol yang ditinjau (km).
- S = Kemiringan lahan antara elevasi maksimum dan minimum
- n = Koefisien kekasaran lahan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Analisis Daerah aliran sungai

Analisis daerah aliran sungai (DAS) dilakukan untuk mengetahui luas DAS anak sungai Sario. Perhitungan DAS dilakukan dengan bantuan program computer arcgis dengan menggunakan data DEMNAS yang bersumber dari Indonesia Geospatial Portal. Sehingga diperoleh luas DAS anak sungai Sario sebesar 6,1 Km².



Gambar 3. DAS Sungai Kilo Google Earth (Sumber: Balai Wilayah Sungai Sulawesi I)

4.2. Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan di DAS Kilo dilakukan dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan periode pencatatan tahun 2012 sampai dengan tahun 2021. Pos hujan yang digunakan sebanyak 1 pos hujan, yaitu pos hujan MRG Talawaan.

Tabel 1. Data Curah Hujan Harian Maksimum (Balai Wilayah Sungai Sulawesi I; 2023)

No.	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
		MRG Talawaan
1	2012	118
2	2013	94
3	2014	94
4	2015	131
5	2016	151
6	2017	183
7	2018	102
8	2019	208
9	2020	148
10	2021	122,5

4.3. Uji Data Outlier

Hasil uji outlier data hujan harian maksimum pos hujan MRG Talawaan menunjukkan

bahwa data-data curah hujan dari pos hujan tersebut tidak ada yang menyimpang.

4.4. Penentuan Tipe Distribusi Hujan

Jenis sebaran hujan bergantung pada nilai parameter statistik yaitu rata-rata hitung atau *mean* (\bar{X}), simpangan baku (S) koefisien kemencengan (Cs), koefisien variasi (Cv) dan koefisien kurtosis (Ck). Untuk membantu perhitungan parameter untuk penentuan tipe distribusi, dibuat Tabel 2.

Tabel 2. Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	Cs = 0	0,77	Tidak Memenuhi
	Ck = 3	3,75	Tidak Memenuhi
Log Normal	Cs = Cv ³ + 3 Cv = 0,88	0,77	Tidak Memenuhi
	Ck = Cv ⁸ + 6*Cv ⁶ + 15*Cv ⁴ + 16*Cv ² + 3 = 4 = 4,42	3,75	Tidak Memenuhi
Gumbel	Cs = 1,14	0,77	Tidak Memenuhi
	Ck = 5,40	3,75	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Bila tidak ada parameter statistik yang sesuai dengan ketentuan distribusi	-	Memenuhi

4.5. Analisis Curah Hujan Rencana

Analisis curah hujan rencana dengan tipe sebaran Log Pearson tipe III. Perhitungan dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung parameter statistik.

Rata-rata hitung:

Rata – rata hitung :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \frac{1}{10} \times 13551 = 135,15$$

Simpangan Baku:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{12970,03}{10-1}} = 37,962$$

Koefisien *Skewness* (Kemencengan):

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2) \times S^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 = \frac{10}{(10-1)(10-2) \times 43,32^3} \times 319356,3 = 0,810$$

Tabel 3. Hujan Rencana Tiap Kala Ulang

TR	Log X TR	X TR
5	2,212384	163,0739
10	2,270849	18,,573
25	2,336723	217,1317
50	2,381471	240,6971
100	2,422705	264,6705

4.6. Pola distribusi Hujan Jam-jaman

Pola distribusi hujan jam-jaman merupakan pembagian intensitas hujan berdasarkan pola hujan suatu daerah. Dalam penelitian ini digunakan pola hujan Kota Manado dan sekitarnya.

Tabel 4. Pola Distribusi Hujan Manado dan Sekitarnya (Salem Haniedo Pratama, 2016)

Jam ke-	1	2	3	4	5	6	7	8
% Distribusi Hujan	55	22	8	6	3	1	3	3

4.7. Perhitungan nilai SCS Curve Number

Tabel 5. Perhitungan Nilai CN Rata-Rata DAS Sungai Kilu

Jenis Tutup Lahan	Luas (Km ²)	Presentase (%)	CN Tiap Lahan	CN
Hutan (Penutupan Baik)	7,256	99,91	77	76,957
Pemukiman (38% Kedap Air)	0,006	0,09	83	0,045
Total	7,26	100	-	77,003

Nilai CN rata – rata DAS Kilu adalah 77,003

4.8. Analisis 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. Hitung asumsi lag time awal dari DAS Sungai Kilu.

$$L = 7,26 \text{ km}^2$$

$$s = \frac{\text{Titik elevasi tertinggi} - \text{Titik elevasi terendah}}{\text{Panjang Sungai}} = \frac{261,97 \text{ m} - 84 \text{ m}}{6943 \text{ m}} = 0,026 \text{ m/m}$$

$$CN = 77,003.$$

4.9. Analisis Debit Banjir Rencana

Kalibrasi merupakan suatu proses dimana nilai hasil perhitungan dibandingkan dengan nilai hasil observasi lapangan. Kalibrasi Parameter HSS SCS perlu dilakukakn untuk mencari nilai parameter HSS SCS teroptimasi dengan membandingkan hasil simulasi HEC-HMS dengan data debit terukur. Setelah mendapatkan hasil debit hitungan dari simulasi HEC-HMS, maka dibandingkan dengan data debit terukur. Kalibrasi dilakukan pada DAS lokasi penelitian dengan data debit terukur di lapangan. Dikarenakan lokasi penelitian di titik kontrol tidak memiliki data debit terukur, maka perlu dilakukan perhitungan dengan metode analisis regional sehingga data debit Sungai Kilu di lokasi penelitian dapat diketahui.

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
01Jan2020	00:00				0.0	0.2	0.2
02Jan2020	00:00	118.00	58.83	59.17	3.7	0.0	3.7
03Jan2020	00:00	7.50	1.30	6.20	1.4	0.0	1.4
04Jan2020	00:00	18.00	2.73	15.27	1.3	0.0	1.3
05Jan2020	00:00	13.00	1.69	11.31	1.0	0.0	1.0
06Jan2020	00:00	0.00	0.00	0.00	0.3	0.0	0.3
07Jan2020	00:00	87.00	7.58	79.42	5.0	0.0	5.0
08Jan2020	00:00	3.00	0.18	2.82	1.6	0.0	1.6
09Jan2020	00:00	2.50	0.15	2.35	0.5	0.0	0.5
10Jan2020	00:00	0.50	0.03	0.47	0.1	0.0	0.1
11Jan2020	00:00	11.50	0.66	10.84	0.7	0.0	0.7
12Jan2020	00:00	2.00	0.11	1.89	0.3	0.0	0.3
13Jan2020	00:00	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
14Jan2020	00:00	12.00	0.64	11.36	0.7	0.0	0.7
15Jan2020	00:00	1.00	0.05	0.95	0.3	0.0	0.3
16Jan2020	00:00	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
17Jan2020	00:00	6.00	0.30	5.70	0.4	0.0	0.4
18Jan2020	00:00	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
19Jan2020	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
20Jan2020	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
21Jan2020	00:00	3.00	0.15	2.85	0.2	0.0	0.2
22Jan2020	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
23Jan2020	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
24Jan2020	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0

Gambar 4. Hasil Data Debit Hitungan Anak Sungai Kilu

Tabel 6. Parameter – Parameter Hasil Kalibrasi

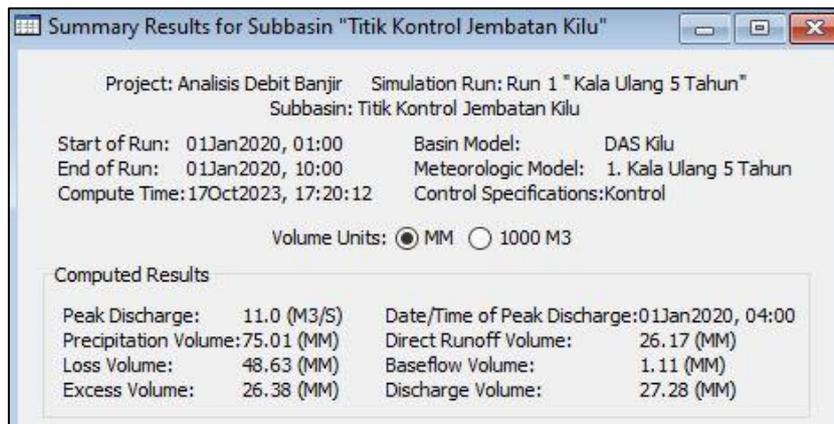
<i>CN</i>	77
<i>Recession Constant</i>	0,1
<i>Ratio to Peak</i>	0,3
<i>Initial Discharge</i>	0,19
<i>Lag Time</i>	38,380 menit



Gambar 5. Grafik Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur

4.10. Simulasi Debit Banjir dengan Program HEC-HMS

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 *computer* HEC-HMS sebagai berikut:



Gambar 6. Summary Result Kala Ulang 5 Tahun



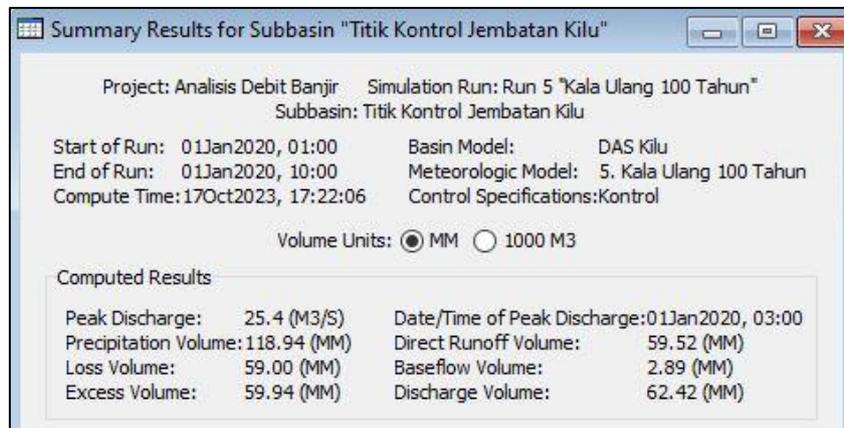
Gambar 7. Summary Result Kala Ulang 10 Tahun



Gambar 8. Summary Result Kala Ulang 25 Tahun



Gambar 9. Summary Result Kala Ulang 50 Tahun



Gambar 10. Summary Result Kala Ulang 100 Tahun

4.11. Simulasi Tinggi Muka Air dengan Program HEC-RAS

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*). Data penampang Sungai Kilu di jembatan Kilu Kelurahan Paniki Satu diambil sejauh 200 meter, yaitu 100 meter di bagian hulu jembatan dan 100 meter di bagian hilir jembatan.

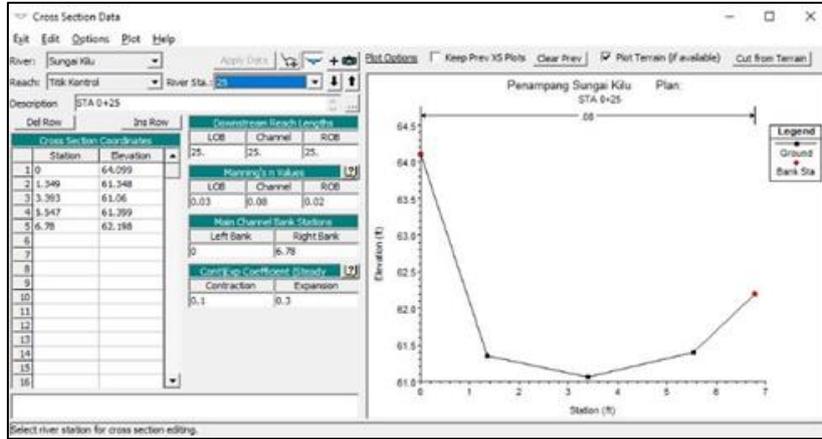
5. Kesimpulan

Hasil simulasi dengan menggunakan HEC-RAS didapatkan tinggi muka air untuk semua

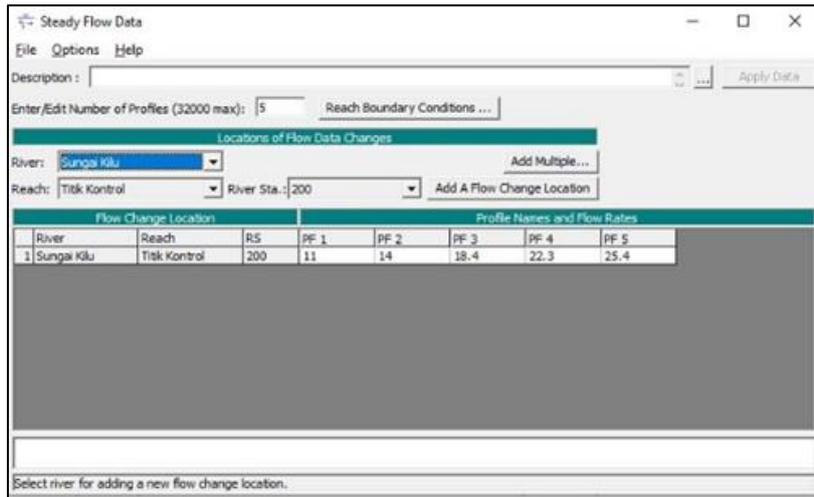
kala ulang (Q), tidak terjadi luapan air pada STA 0+25, STA 0+100, STA 0+150, dan STA 0+200. Pada STA 0+50 dan STA 0+75 terjadi luapan air untuk semua kala ulang (Q). Pada STA 0+125 terjadi luapan air untuk kala ulang 25 tahun (Q25), 50 tahun (Q50), dan 100 tahun (Q100).

6. Saran

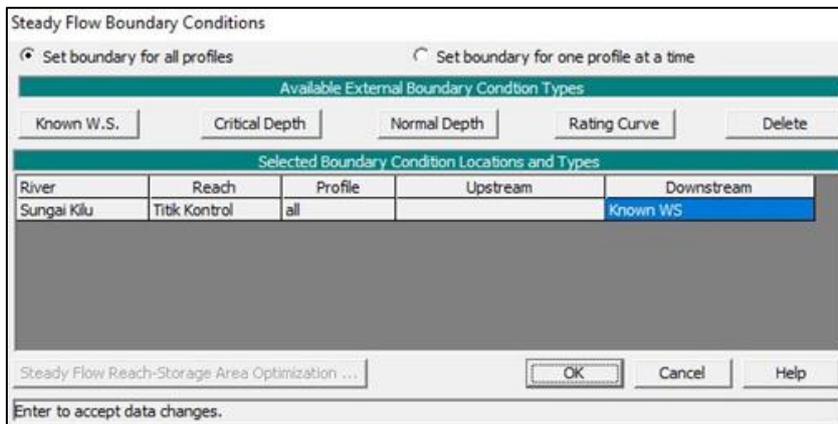
Dari hasil penelitian diatas adalah membangun tanggul di setiap titik yang ditinjau diatas dengan tinggi jagaan 0,6 m untuk mencegah peluapan air sungai ke daerah – daerah yang berada di sekitar sungai.



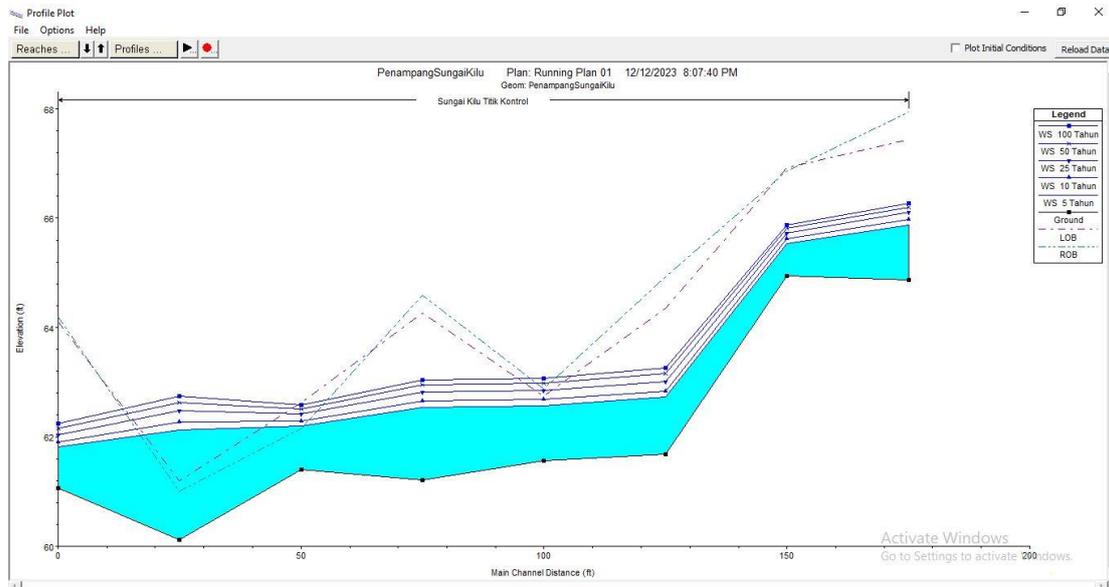
Gambar 11. Data Penampang Sungai STA 0+25



Gambar 12. Pengisian Data Debit



Gambar 13. Pengisian Reach Boundary Conditions



Gambar 14. Rangkuman Elevasi Tinggi Muka Air Profil Memanjang Sungai Klu di Titik Kontrol

Tabel 6. Parameter – Parameter Hasil Kalibrasi

TR	Log X TR	X TR
5	2,212384	163,0739
10	2,270849	18,,573
25	2,336723	217,1317
50	2,381471	240,6971
100	2,422705	264,6705

Referensi

_____.*Data Hujan Harian Pos Hujan Talawaan*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado 2023.

_____.*Data Debit Harian Sungai Bailang*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado 2023.

_____.*Hydrologic Engineering Center – Hydrograph Modeling System Technical 6.0 Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA. 2000.

_____.*Hydrologic Engineering Center – River Analysis System Technical 5.0 Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA. 2016.

Bambang Triatmodjo. 2008. *Hidrologi Terapan*. Betta Offset, Yogyakarta. 2008.

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.

Salem, Haniedo P., Jeffry S. F. Sumarauw, E. M. Wuisan, 2016. *Pola Distribusi Hujan Jam – Jaman Di Kota Manado Dan Sekitarnya*. Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.3 Maret 2016 (203-210) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Seyhan, Ersin. 1990. *Dasar-dasar Hidrologi*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Sri Harto. 1993. *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

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 Sintetis*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Sumarauw, Jeffry. 2018. *HEC-HMS*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Sumarauw, J. S., Mananoma, T., & Pandey, S. V. (2023). Cross-Sectional Engineering for Lombagin River Flood Management, Bolaang Mongondow Regency. *Tuijin Jishu/Journal of Propulsion Technology*, 44(6), 3244-3263.

Talumepa, Marcio Yosua. Lambertus Tanudjaja. Jeffry S. F. Sumarauw. 2018. *Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Sangkub Kabupaten Bolaan Mongondow Utara*. Jurnal Sipil Statik Vol.5, No.10,

Desember 2017 (699-719), ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
Tulandi, Andre Felix. Liany Hendratta. Jeffry Sumarauw. 2019. *Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Kalawing di Kelurahan Malendeng Kota Manado*. Jurnal Sipil Statik, Vol.7, No.12, Desember 2019 (1681-1682), Hal. 1684, ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado