



Kajian Pengendalian Banjir Sungai Ranowangko, Kecamatan Tombariri, Sulawesi Utara

Anggie G. M. Rantung^{#a}, Jeffry S. F. Sumarauw^{#b}, Tiny Mananoma^{#c}

^{#Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia}
^aanggierrantung@yahoo.co.id; ^bjeffrysumarauw@unsrat.ac.id; ^ctmananoma@yahoo.com

Abstrak

Sungai Ranowangko adalah salah satu Sungai terpanjang di Sulawesi Utara, yang alirannya melewati beberapa kelurahan di Kota Tomohon dan sebagian desa di Kabupaten Minahasa. Beberapa Tahun yang lalu hujan deras mengakibatkan debit air di Sungai Ranowangko meningkat. Luapan air di sungai menggenangi pemukiman warga di sekitar daerah aliran sungai Ranowangko. Dengan demikian perlu dilakukan analisis debit banjir dan Tinggi muka air. Analisis dimulai dengan analisis frekuensi hujan menggunakan metode Log Pearson III. Data hujan yang digunakan yaitu data hujan harian maksimum yang di ambil dari pos Klimatologi hujan Malalayang – kakaskasen dan Tara – Tara pada tahun 2008 s/d 2021. Pemodelan hujan aliran dilakukan pada program komputer HEC-HMS menggunakan metode HSS Soil Conservation Service serta baseflow menggunakan metode recession. 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. Hasil debit puncak menunjukkan 219 m³ /det. Setelah itu dilakukan analisis debit banjir dengan parameter yang sudah dikalibrasi menggunakan program komputer HEC-HMS. Debit puncak hasil simulasi setiap kala ulang dimasukkan dalam program komputer HEC-RAS untuk simulasi elevasi tinggi muka air dengan menggunakan data penampang yang telah diukur di lapangan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa semua penampang melintang dari sta 0+25 sampai 0+200 tidak dapat menampung debit banjir untuk semua kala ulang rencana.

Kata kunci: Sungai Ranowangko; Banjir; HEC-HMS; HEC-RAS

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Sungai Ranowangko Merupakan salah satu Sungai terpanjang di Sulawesi utara, Aliran Sungai Ranowango mengairi Kota Tomohon dan sebagian Desa di Kabupaten Minahasa. Sungai ini bermuara di laut Sulawesi tepatnya di Desa Ranowangko, Kecamatan Tombariri, Kabupaten Minahasa. Beberapa tahun yang lalu, hujan deras mengakibatkan debit air di sungai Ranowangko meningkat. Luapan air sungai menggenangi pemukiman warga di sekitar aliran sungai Ranowangko di desa Ranowangko.

Dengan demikian maka perlu dilakukan pengendalian debit banjir di sungai tersebut agar dapat mencegah berbagai resiko yang nantinya mengakibatkan berbagai kerugian bagi Masyarakat.

1.2 Rumusan Masalah

Tingginya intensitas hujan mengakibatkan meluapnya air dan menggenangi pemukiman warga di sekitar daerah aliran sungai (DAS) sehingga perlu dilakukan kajian dalam upaya pengendalian banjir.

1.3 Batasan Penelitian

- Titik tinjau terletak pada Jembatan Tanawangko Desa Ranowanko Kecamatan Tombariri Sulawesi Utara, dengan jarak 200 meter masing-masing 100 meter ke arah hulu dan ke arah hilir
- Analisa hidrologi menggunakan data hujan harian maksimum
- Analisa menggunakan program HEC-HMS untuk analisis hidrologi dan HEC-RAS untuk analisis hidraulika
- Kala ulang rencana dibatasi pada 5,10,25,50, dan 100 tahun

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besaran debit banjir dengan berbagai kala ulang dan elevasi tinggi muka air yang berpotensi terjadi pada penampang sungai Ranowanko Kecamatan Tombariri

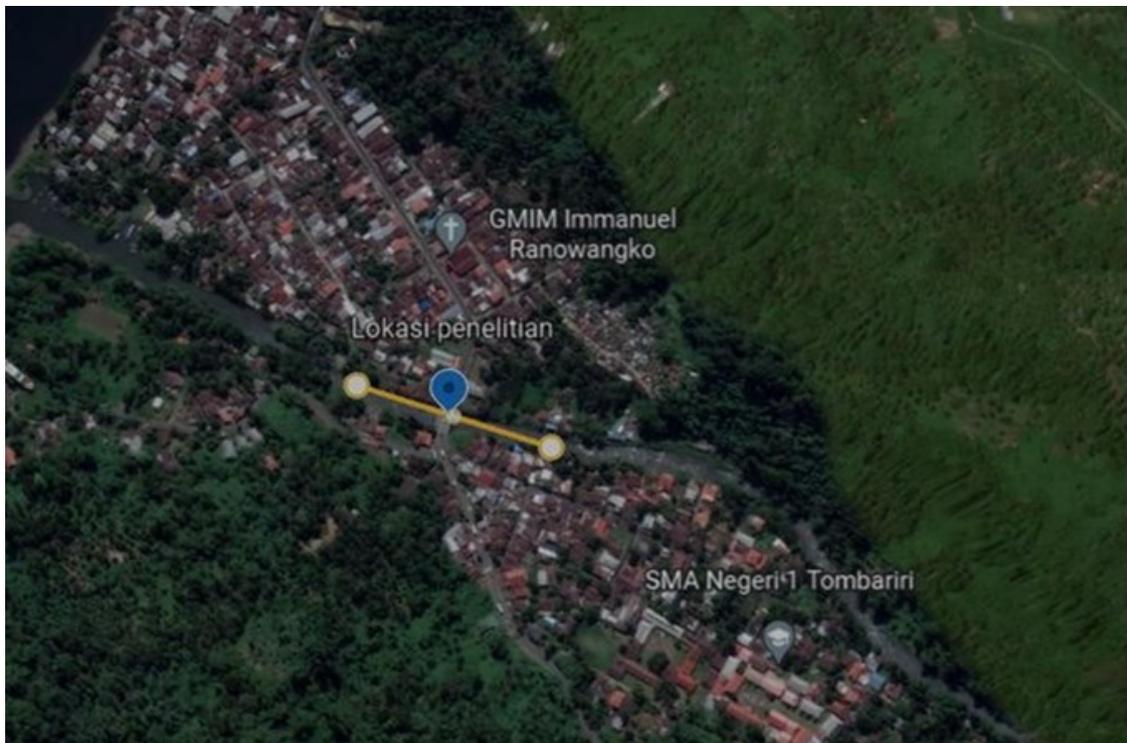
1.5 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini manfaat yang diharapkan yaitu agar dapat menjadi bahan informasi maupun pertimbangan bagi instansi terkait yang berwenang untuk melakukan penanggulangan banjir di sungai Ranowanko

2. Metode Penelitian

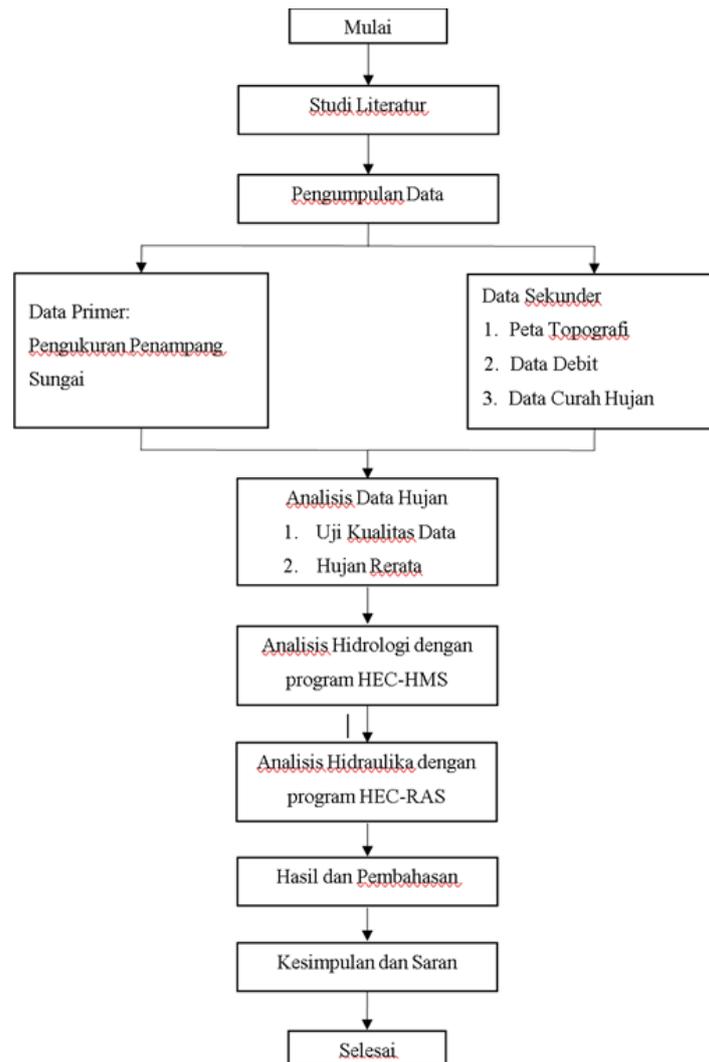
2.1 Lokasi Penelitian

Sungai Ranowanko terletak di Desa Ranowanko Kecamatan Tombariri, Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara. Titik control penelitian terletak di jembatan Tanawangko Desa Ranowanko. Secara geografis terletak pada 1°23'27"Lintang Utara 124°40'40"Bujur Timur.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Google Earth)

2.2 Bagan Alir Penelitian



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3. Landasan Teori

3.1 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi atau daur hidrologi merupakan proses kontinu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali lagi ke bumi. 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 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. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir ke dalam tahanan (perkolasi) mengisi air tanah yang kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai. Akhirnya aliran air di sungai akan sampai ke laut.

3.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)

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 di

tetapkan berdasarkan aliran permukaan, dan bukan ditetapkan pada air bawah tanah kerana permukaan air tanah selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkat pemakaian.

3.3 Analisis Data Outlier

Pengujian data Outlier dilakukan untuk menentukan berapa banyak data yang menyimpang terlalu tinggi dan terlalu rendah dari sekumpulan data sehingga baik untuk digunakan pada analisis selanjutnya. Hasil outlier mendapatkan bahawa 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 atau rendah, koreksi data.

Rumus yang digunakan:

- $\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{n}$
- $S_{log} = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \overline{\log x})^2}{N-1}}$
- $Cs_{log} = \frac{N}{(N-1)(N-2)S_{log}^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3$
- *Outlier* tinggi: $\log x_h = \overline{\log x} + Kn \cdot S_{log}$
- *Outlier* rendah: $\log x_l = \overline{\log x} - Kn \cdot S_{log}$

Dengan:

Cs_{log} = Koefisien Kemenangan.

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.

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 Statik

Parameter Statik 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 curah hujan, luas *catchment* area dan data penutup lahan. Debit banjir rencana biasa didapatkan dengan beberapa metode, antara lain metode empiris yaitu hidrograf satuan.

3.6 HSS-SCS

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

Parameter – parameter SCS :

$$T_1 = \frac{L^{0,8} (2540 - 22,86 CN)^{0,7}}{14,104 CN \times s^{0,5}} \quad \text{Untuk luas DAS} < 16 \text{ km}^2$$

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

$$T_p = \frac{T_r}{2} + T_1$$

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

Menghitung *Time of Concentration* (T_c) :

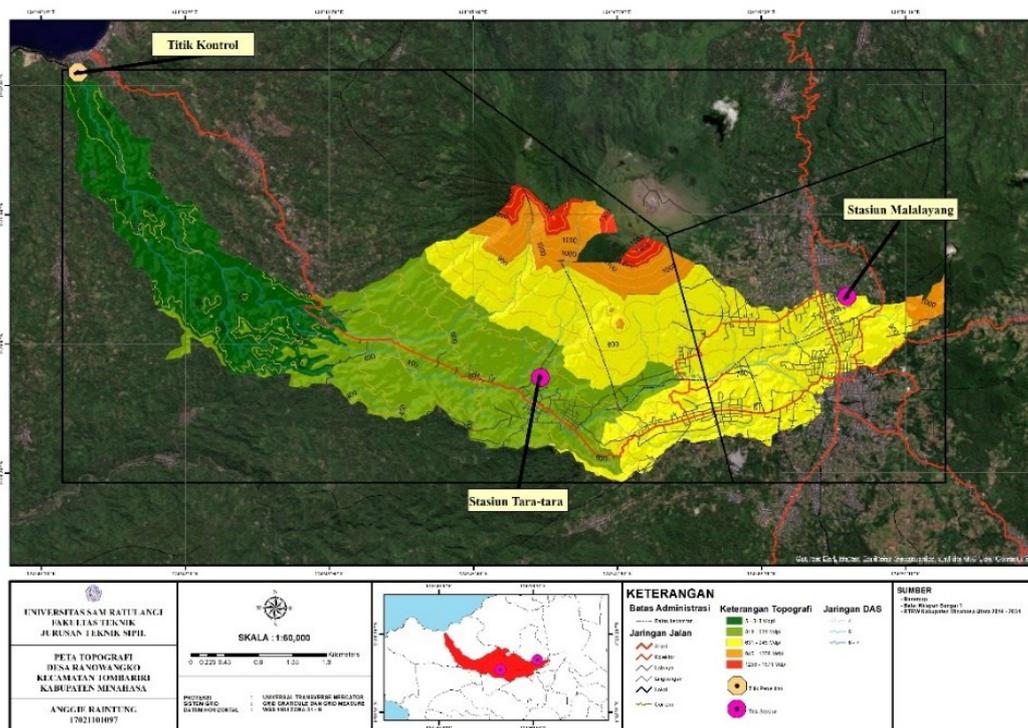
$$T_c = \frac{0,606 (L.n)^{0,467}}{s^{0,234}}$$

T_c = Waktu konsentrasi (jam).
 L = Panjang sungai utama terhadap titik kontrol yang ditinjau (km).
 S = Kemiringan lahan antara elevasi maksimum dan minimum (m/m)
 n = Koefisien kekasaran lahan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Analisis Daerah aliran sungai

Analisis daerah aliran sungai (DAS) dilakukan untuk mengetahui luas DAS Ranowangko. Perhitungan DAS dilakukan dengan bantuan program computer arcgis dengan menggunakan data yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I. Sehingga diperoleh luas DAS Ranowangko sebesar 70.70 km.



Gambar 3. DAS Ranowangko (ArcGIS 10.8, Data DEM www.tanahair.com)

4.2 Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan di DAS Ranowangko dilakukan dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum yang bersumber dari balai wilayah Sungai Sulawesi I dengan periode pencatatan tahun 2008 sampai 2021. Pos Hujan yang digunakan sebanyak 2 pos hujan MRG

Ranowanko Tara-Tara dan MRG Malalayang-Kakaskasen. Berikut adalah data hujan harian maksimum tiap pos hujan dari tahun 2008 sampai 2021.

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

Tahun	Ranowanko Tara Tara	Kakaskasen
	(mm)	(mm)
2008	117,00	80,00
2009	98,00	38,00
2010	156,00	65,00
2011	158,00	92,00
2012	136,00	42,00
2013	80,80	157,00
2014	196,50	145,00
2015	112,40	204,00
2016	102,00	95,00
2017	92,00	96,00
2018	105,50	100,00
2019	68,50	104,00
2020	107,00	76,00
2021	135,00	165,00

4.3 Uji Data Outlier

Hasil uji outlier data hujan harian maksimum pos hujan MRG Ranowanko Tara-Tara dan MRG Malalayang-Kakaskasen mendapatkan bahwa data-data curah hujan dari kedua pos hujan tidak ada yang menyimpang.

4.4 Penentuan tipe Distribusi Hujan

Jenis sebaran hujan bergantung pada nilai parameter statistic yaitu rata – rata hitung atau *mean* (\bar{x}), simpangan baku (S), koefisien kemencengan (Cs), koefisien variasi (Cv) dan koefisien kurtosis (Ck). Penentuan tipe distribusi adalah dengan melihat kecocokan nilai dari parameter statistic Cs, Cv, dan Ck dengan syarat untuk tiap tipe distribusi Penentuan jenis sebaran disajikan dalam Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	$C_s = 0$	0.678	Tidak Memenuhi
	$C_k = 3$	3.378	Tidak Memenuhi
Log Normal	$C_s = Cv^3 \cdot 3 \cdot Cv = 1.152$	0.678	Tidak Memenuhi
	$C_k = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3 = 5.452$	3.378	Tidak Memenuhi
Gumbel	$C_s = 0.678$	0.678	Tidak Memenuhi
	$C_k = 3.378$	3.378	Tidak Memenuhi
Log Person III	Bila Tidak ada parameter statistic yang sesuai dengan ketentuan distribusi sebelumnya	-	Tidak Memenuhi

4.5 Analisis Curah Hujan Rencana

Analisis curah hujan rencana dihitung menggunakan tipe sebaran log pearson III. Perhitungan dilakukan dengan menghitung Parameter Statistik terlebih dahulu. Rata-Rata Hitung:

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i = \frac{1}{14} \times 28,032 = 2,00232$$

Simpangan Baku:

$$S_{logX} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,336}{14-1}} = 0,160$$

Koefisien *Skewness* (Kemencengan):

$$C_{Slog} = \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot (S_{logx})^3} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3$$

$$= \frac{14}{(14-1)(14-2) \cdot (0,160)^3} \times (-0,005) = -0,102 \text{ (Kemencengan negatif)}$$

Tabel 3. Hujan Rencana Tiap Kala Ulang

Kala Ulang (TR)	Log X _{TR}	X _{TR} (mm)
5 Tahun	2.13829	137.4970
10 Tahun	2.20637	160.8328
25 Tahun	2.2779	189.6543
50 Tahun	2.3271	212.3967
100 Tahun	2.3639	231.1871

4.6 Pola distribusi Hujan Jam-jaman

Pola distribusi jam-jaman merupakan pembagian intensitas hujan berdasarkan pola hujan suatu daerah. Dalam penelitian ini digunakan pola hujan dari daerah sekitar yaitu hujan daerah minahasa dan sekitarnya.

Tabel 4. Pola Distribusi Hujan Minahasa dan Sekitarnya
(Jeffry Sumarauw; 2017)

Jam Ke-	1	2	3	4	5	6	7	8-10
% Distribusi Hujan	50.83	25.17	8.63	4.93	2.93	1.35	2.43	1.24

4.7 Perhitungan nilai SCS Curve

Tabel 5. Perhitungan Nilai CN Rata-Rata DAS Ranowangko

Perhitungan Nilai CN Rata-rata DAS Ranowangko				
Jenis Tutup Lahan	Luas(km)	Presentase (%)	Cn Tiap Lahan	Cn
Hutan (Penutupan Baik)	45.20	63.9321075	77	49.22772277
Hutan (Penutupan tidak baik)	3.30	4.667609618	70	3.267326733
Tanah yang di konservasi	9.49	13.42291372	88	11.81216407
Pemukiman	12.71	17.97736917	90	16.17963225
Total	70.70	100		80.48684583

Nilai CN Rata-Rata untuk DAS Ranowangko adalah: 80,48

4.8 Analisa Debit Banjir Rencana

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

Hitung asumsi *lag time* awal dari DAS Ranowangko,

$$A = 70.70 \text{ km}^2$$

$$L = 30 \text{ km.}$$

$$s = 0.027 \text{ m/m.}$$

$$N = 0.8 \text{ (koefisien kekasaran lahan)}$$

$$T_c = \frac{0.606(Ln)^{0.467}}{s^{0.234}} = \frac{0.606(30.0 \cdot 0.8)^{0.467}}{0.027^{0.234}} = 6.2424 \text{ jam}$$

$$T_1 = 0,6 T_c$$

$$T_1 = 0,6 \cdot T_c = 0,6 \cdot 6,2424 = 3.7455 \text{ Jam} = 224.73 \text{ menit}$$

4.9 Kalibrasi parameter HSS-SCS

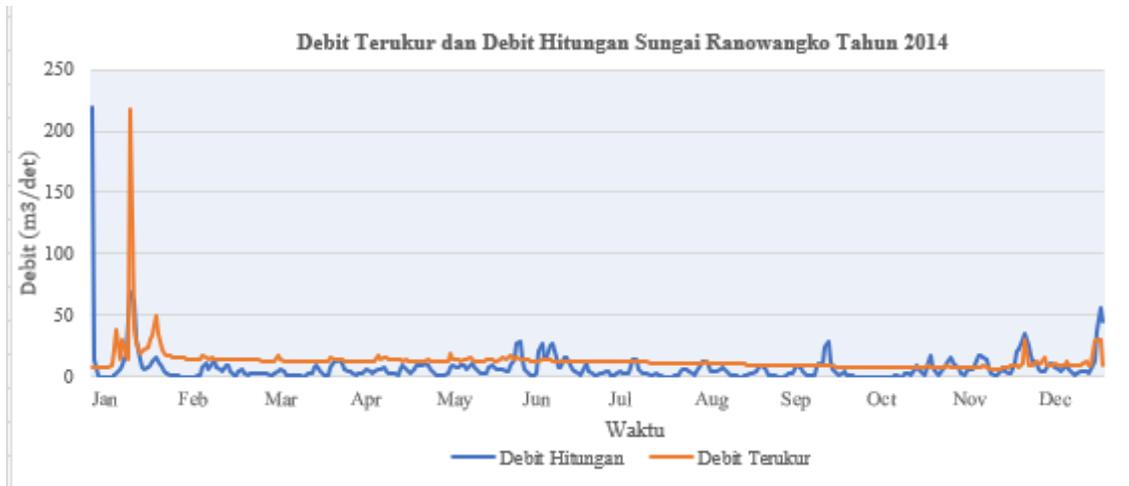
Kalibrasi merupakan suatu proses di mana nilai hasil perhitungan dibandingkan dengan nilai hasil observasi lapangan. Kalibrasi parameter HSS SCS perlu dilakukan untuk mencari nilai parameter HSS SCS teroptimasi dengan membandingkan hasil simulasi HEC-HMS, maka dibandingkan dengan data debit terukur. Kalibrasi dilakukan pada DAS lokasi penelitian dengan data debit terukur dilapangan. Dikarenakan sungai Ranowangko tidak memiliki data debit terukur, maka perlu dilakukan perhitungan dengan metode analisis regional sehingga data debit sungai Ranowangko dapat diketahui. Sungai yang digunakan adalah sungai Nimanga karena sungai tersebut adalah sungai terdekat dari lokasi pengukuran dan mempunyai daerah aliran sungai yang mirip kondisi fisiknya, sehingga debit sungainya dapat dibandingkan dengan perbandingan luas DAS.

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)	Obs Flow (M3/S)
31Des2013	00:00				0.0	219.0	219.0	
01Jan2014	00:00	3.33	3.33	0.00	0.0	13.7	13.7	7.5
02Jan2014	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.9	0.9	7.5
03Jan2014	00:00	7.51	7.51	0.00	0.0	0.1	0.1	7.5
04Jan2014	00:00	4.78	4.78	0.00	0.0	0.0	0.0	7.5
05Jan2014	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	7.5
06Jan2014	00:00	8.06	8.06	0.00	0.0	0.0	0.0	7.3
07Jan2014	00:00	18.38	18.38	0.00	0.0	0.0	0.0	8.0
08Jan2014	00:00	11.71	11.71	0.00	0.0	0.0	0.0	9.8
09Jan2014	00:00	59.22	56.77	2.45	0.5	0.0	0.5	21.8
10Jan2014	00:00	25.85	20.87	4.98	2.0	0.0	2.0	38.7
11Jan2014	00:00	51.37	35.21	16.15	5.7	0.0	5.7	13.6
12Jan2014	00:00	26.08	15.30	10.78	8.9	0.0	8.9	29.6
13Jan2014	00:00	106.09	49.47	56.62	19.2	0.0	19.2	17.4
14Jan2014	00:00	148.18	46.92	101.26	44.8	0.0	44.8	13.9
15Jan2014	00:00	141.97	30.99	110.99	69.4	0.0	69.4	218.4
16Jan2014	00:00	20.31	3.68	16.63	61.2	0.0	61.2	39.8
17Jan2014	00:00	2.53	0.45	2.08	30.8	0.0	30.8	27.8
18Jan2014	00:00	4.47	0.78	3.69	13.7	0.0	13.7	19.0
19Jan2014	00:00	7.59	1.32	6.27	7.7	0.0	7.7	20.4
20Jan2014	00:00	8.63	1.47	7.16	6.3	0.0	6.3	22.2
21Jan2014	00:00	19.37	3.21	16.16	8.0	0.0	8.0	24.1
22Jan2014	00:00	5.43	0.88	4.55	8.4	0.0	8.4	30.6
23Jan2014	00:00	43.10	6.64	36.46	12.8	0.0	12.8	33.0
24Jan2014	00:00	9.81	1.44	8.38	16.3	0.0	16.3	50.2
25Jan2014	00:00	13.99	2.00	11.99	11.9	0.0	11.9	35.0
26Jan2014	00:00	1.82	0.26	1.56	8.2	0.0	8.2	22.6
27Jan2014	00:00	0.41	0.06	0.35	3.9	0.0	3.9	19.3
28Jan2014	00:00	1.31	0.18	1.12	1.9	0.0	1.9	17.7
29Jan2014	00:00	0.53	0.07	0.46	1.1	0.0	1.1	16.7
30Jan2014	00:00	0.00	0.00	0.00	0.6	0.0	0.6	16.1
31Jan2014	00:00	0.24	0.03	0.21	0.3	0.0	0.3	15.5
01Feb2014	00:00	0.00	0.00	0.00	0.2	0.0	0.2	15.5
02Feb2014	00:00	0.16	0.02	0.14	0.1	0.0	0.1	15.0
03Feb2014	00:00	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1	14.7

Gambar 4. Hasil Data Debit Hitungan Sungai Ranowangko

<i>CN</i>	80.48
<i>Recesion Constant</i>	0.876
<i>Ratio To Peak</i>	0.762
<i>Initial Discharge</i>	0.323
<i>Lag Time</i>	214.72 Menit

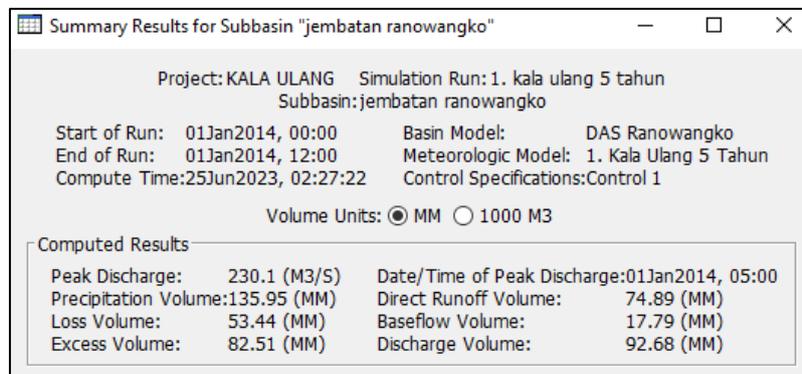
Gambar 5. Parameter Parameter Hasil Kalibrasi



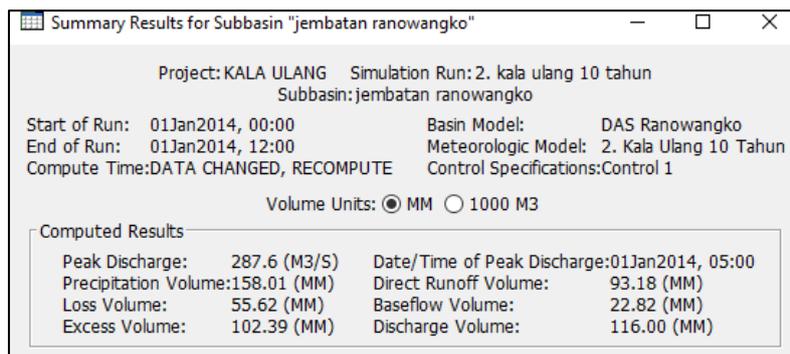
Gambar 6. Grafik Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur

4.10 Simulasi debit banjir dengan program HEC-HMS

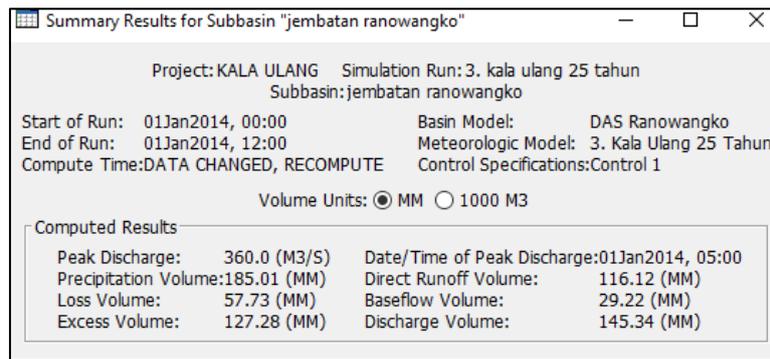
Semua parameter terkalibrasi akan digunakan sebagai parameter pada komponen sub-DAS untuk perhitungan debit banjir. Dengan data hujan rencana jam-jaman yang telah dihitung maka diperoleh hasil simulasi program computer HEC-HMS sebagai berikut:



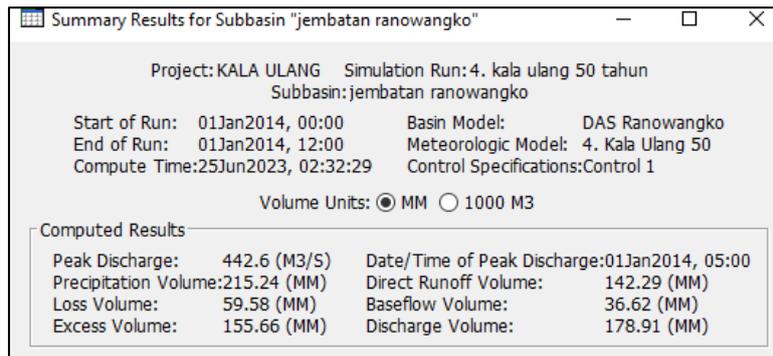
Gambar 7. Summary Result Kala Ulang 5 Tahun



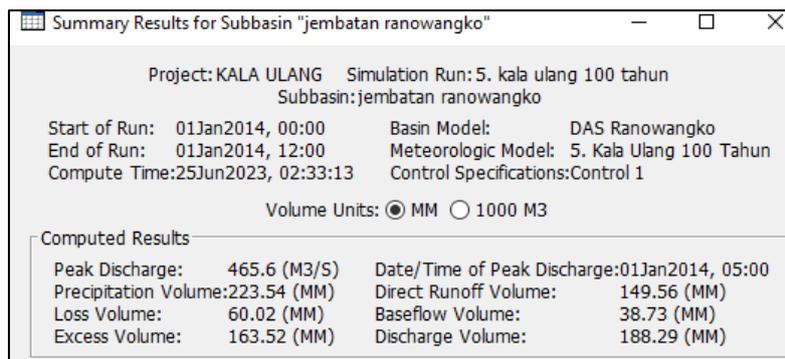
Gambar 8. Summary Result Kala Ulang 10 Tahun



Gambar 9. Summary Result Kala ulang 25 Tahun



Gambar 10. Summary Result Kala Ulang 50 Tahun



Gambar 11. Summary Result Kala Ulang 100 Tahun

4.11 Analisa Tinggi muka air

Analisis tinggi muka air menggunakan program computer HEC-RAS membutuhkan data masukan yaitu penampang Sungai, karakteristik saluran untuk nilai koefisien n manning, dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng.

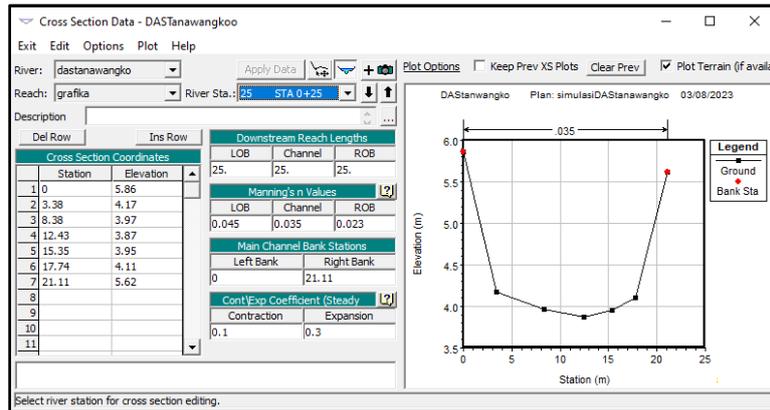
5. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan Debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun (Q_5) = 230,1 m³/det, kala ulang 10 tahun (Q_{10}) = 287,6 m³/det, kala ulang 25 tahun (Q_{25}) = 360 m³/det, kala ulang 50 tahun (Q_{50}) = 442,6 m³/det, dan kala ulang 100 tahun (Q_{100}) = 465,6 m³/det. Hasil simulasi program HEC-RAS menunjukkan adanya luapan air yang terjadi pada STA 0+25 sampai STA 0+200 pada semua debit banjir kala ulang.

6. Saran

Berikut ini adalah beberapa hal yang disarankan untuk dilakukan untuk memaksimalkan penanganan warga desa Ranowangko dari bencana banjir.

1. Memperbaiki dan menambah tinggi talud yang sudah ada di sepanjang STA 0+25 sampai STA 0+200
2. Bila akan dilaksanakan penelitian lebih lanjut, pengukuran dapat dilakukan dengan memperhitungkan pengaruh pasang surut.
3. Selain lokasi penelitian, data hujan dan data debit yang tersedia juga merupakan data dari pos hujan dan pos debit yang berada di pinggiran DAS dan bahkan diluar DAS Ranowangko sehingga untuk mendapatkan data debit yang lebih akurat dapat dipasang alat ukur hujan dan alat ukur debit di bagian hulu dan hilir DAS.



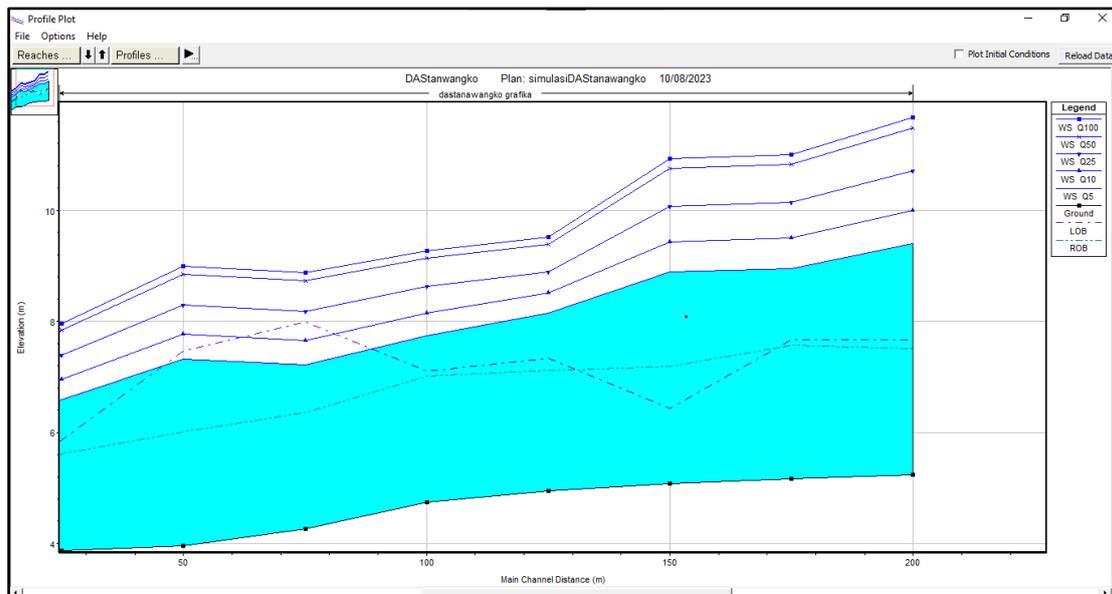
Gambar 12. Data Penampang Sungai STA 0 + 23m

Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates				
River	Reach	RS	Q5	Q10	Q25	Q50	Q100
1 dastanawangkoo	grafika	200	230.1	287.6	360	442.6	465.6

Gambar 13. Pengisian Data Debit

River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
dastanawangkoo	grafika	all	Normal Depth S = 0.027	Known WS

Gambar 14. Pengisian Reach Boundary Conditions



Gambar 15. Rangkuman Elevasi Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Ranowangko

Referensi

- _____.2000. *HEC-HMS Technical Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA
- _____.2016. *HEC-RAS 5.0 Reference Manual*. Hidrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- _____.*Data Debit Harian Sungai Nimanga*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- _____.*Data Hujan Harian Pos Klimatologi Malalayang – Kakaskasen, Tara-Tara*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- Abdulhalim, Dwiki Fahrezi., Lambertus Tanudjaja, Jeffry S. F. Sumarauw. 2018. *Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Talawaan di Titik 250m Sebelah Hulu Bendung Talawaan*. Jurnal Sipil Statik Vol.6 No.5 Mei 2018 (269-276) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Bambang, Triatmodjo. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta.
- Kairupan, Reynaldo C., Tiny Mmananoma, Jeffry S.F Sumarauw. 2017. *Pola Distribusi Hujan Jam – Jaman Wilayah Bolaan Mongodow*. Jurnal Sipil Tekno Vol.15 No.68 Desember 2017, ISSN: 0215-9617, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Kapantouw, Billy., Tiny Mananoma, Jeffry S. F. Sumarauw. 2017. *Analisis Debit dan Tinggi Muka Air Sungai Paniki di Kawasan Holland Village*. Jurnal Sipil Statik Vol. 5 No. 1 Februari 2017 (21-29) ISSN:2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Lumentut, Valen Yanny. Jeffry S. F. Sumarauw. Tiny Mananoma. 2019. *Analisis Kapasitas Penampang dan Tinggi Muka Air Sungai Malino Terhadap Berbagai Kala Ulang Banjir*. Jurnal Sipil Statik Vol. 7 No.6 Juni 2019 (595-604) ISSN 2337-6723. 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 Berbagai Kala Ulang Banjir*. Jurnal Sipil Statik Vol. 7 No.2 Februari 2019 (179-188) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Oroh, Ficky. Tiny Mananoma, Jeffry S. F. Sumarauw. 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, 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.
- 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.
- Slat, Queen Sukma. Tiny Mananoma, Jeffry S. F. Sumarauw. 2020. *Analisis Debit Banjir dan Tinggi*

- Muka Air Sungai Pinateduan di Desa Tatelu Kabupaten Minahasa Utara*. Jurnal Sipil Statik, Vol. 8, No. 3, Mei 2020 (403-408), Hal 403, ISSN: 2337-6732, Manado
- Talumepa, Marcio Yosua., Lambertus Tanudjaja, Jeffry S. F. Sumarauw. 2018. *Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Sangkub Kabupaten Bolaang Mongondow Utara*. Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.10 Desember 2017 (699-710) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado
- Tanudjaja, Lambertus. 1991. *Analisis Aliran Di Saluran Terbuka Dengan Metode Elemen Hingga*. Tesis S2 Teknik Sumberdaya Air, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- 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, 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 Sintetis*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, 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.