

# ANALISIS KAPASITAS PENAMPANG TERHADAP BERBAGAI KALA ULANG BANJIR DI SUNGAI SESAYAP KALIMANTAN UTARA

Andrew Daniel Muntu

Jeffrey S. F. Sumarauw, Tiny Mananoma

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: [andrewdaniel628@gmail.com](mailto:andrewdaniel628@gmail.com)

## ABSTRAK

Sungai Sesayap merupakan salah satu sungai di Kabupaten Malinau, Provinsi Kalimantan Utara. Letak Sungai Sesayap yang melewati beberapa desa di Kabupaten Malinau termasuk jembatan Malinau memerlukan perhitungan debit banjir dan elevasi tinggi muka air yang nantinya akan berpengaruh terhadap perencanaan struktur jembatan tersebut.

Analisis debit banjir dan elevasi tinggi muka air dilakukan dengan mencari frekuensi hujan dengan menggunakan metode Log Pearson III. Data curah hujan yang digunakan berasal dari pos hujan Teluk Sanggan. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum selama 10 tahun, yaitu dari tahun 2007 s/d 2016. Setelah didapat besar hujan, pemodelan hujan aliran pada program komputer HEC-HMS menggunakan metode HSS *Soil Conservation Services*, untuk kehilangan air dengan *SCS Curve Number (CN)*, dan untuk aliran dasar (*baseflow*) akan menggunakan metode *recession*. Dilakukan kalibrasi parameter HSS SCS sebelum melakukan simulasi debit banjir dengan menggunakan uji koefisien determinasi ( $r^2$ ). Dalam kalibrasi ini, parameter yang akan dikalibrasi adalah *lag time*, *curve number*, *recession constant*, *baseflow* dan *ratio to peak*. Untuk batasan setiap parameter disesuaikan dengan nilai standar pada program komputer HEC-HMS. Hasil uji koefisien determinasi ( $r^2$ ) menunjukkan nilai 0,6407. Kemudian dilakukan analisis debit banjir dengan parameter terkalibrasi menggunakan program komputer HEC-HMS. Debit puncak hasil simulasi setiap kala ulang dimasukkan dalam program komputer HEC-RAS untuk simulasi tinggi muka air pada penampang yang telah diukur.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa semua penampang Sungai Sesayap yang ditinjau masih mampu menampung debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun.

**Kata kunci:** Debit Banjir Rencana, Tinggi Muka Air, HEC-HMS, HEC-RAS

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Sungai Sesayap, yang alirannya melewati beberapa desa di Kecamatan Malinau Kota, Kabupaten Malinau, Kalimantan Utara. Hulu Sungai Sesayap terletak di desa Pulau Sapi, Kabupaten Malinau, Kalimantan Utara merupakan sungai dengan luas DAS sebesar 14122 km<sup>2</sup> dan memiliki panjang 205 km. Berdasarkan informasi yang didapat Sungai Sesayap terakhir meluap pada tahun 2018 yang menggenangi 3 desa yakni Respen, Seluwing, dan Tanjung Lima. Dan, banjir tersebut sama seperti banjir yang terjadi pada tahun 2013 yang merugikan aktivitas warga karena merendam

perumahan warga, merusak lahan pertanian, dan mengganggu aktivitas di jalan Trans Malinau..

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perlu dilakukan analisis kapasitas penampang Sungai Sesayap terhadap berbagai kala ulang banjir. Dengan diketahuinya hal tersebut dapat digunakan sebagai acuan perencanaan penanggulangan banjir di bantaran Sungai Sesayap.

### Rumusan Masalah

Pada saat terjadi hujan dengan intensitas tinggi, debit air di Sungai Sesayap akan meluap dan menyebabkan banjir, sehingga perlu dilakukan analisis debit banjir rencana dan tinggi muka air.

### Batasan Penelitian

Dalam penelitian ini, penelitian dibatasi pada hal – hal sebagai berikut:

1. Data hujan yang digunakan adalah data hujan harian maksimum.
2. Kala ulang dibatasi pada 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun.
3. Analisis dihitung dengan bantuan program computer yaitu *Hydrologic Engineering Center-The Hydrologic Modeling System* (HEC-HMS) untuk analisis hidrologi dan *Hydrologic Engineering Center-River Analysis System* (HEC-RAS) untuk analisis hidraulika.
4. Dari penampang Sungai Sesayap diperoleh dari pengukuran yang di tinjau dari titik kontrol di jembatan Malinau adalah sepanjang 500 meter menuju hilir sungai dengan jarak antar segmen 100 meter.

### Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kapasitas tampung penampang sungai Sesayap terhadap berbagai kala ulang banjir di sekitaran jembatan Malinau.

### Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini manfaat yang diharapkan yaitu menjadi bahan informasi untuk instansi terkait yang berwenang dalam melakukan penanggulangan masalah banjir di sungai Sesayap.

## LANDASAN TEORI

### Daur Hidrologi

Daur hidrologi adalah gerakan air laut ke udara, yang kemudian jatuh ke permukaan tanah lagi sebagai hujan atau bentuk presipitasi lain, dan akhirnya mengalir ke laut kembali. Susunan secara siklis peristiwa tersebut tidaklah sederhana:

1. Daur tersebut dapat berupa daur pendek, yaitu hujan yang jatuh di laut, danau atau sungai yang segera dapat mengalir kembali ke laut.
2. Tidak adanya keseragaman waktu yang diperlukan oleh suatu daur. Pada musim kemarau kelihatannya daur berhenti

sedangkan di musim hujan daur berjalan kembali.

3. Intensitas dan frekuensi daur tergantung pada keadaan geografis dan iklim, yang mana hal ini merupakan akibat adanya matahari yang berubah – ubah letaknya terhadap meridian bumi sepanjang tahun (sebenarnya yang berubah – ubah letaknya adalah planet bumi terhadap matahari).
4. Berbagai bagian daur dapat menjadi sungai kompleks, sehingga kita hanya dapat mengamati bagian akhirnya saja dari suatu hujan yang jatuh di atas permukaan tanah dan kemudian mencari jalannya untuk kembali ke laut.

### 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.

Untuk menentukan batas DAS sangat diperlukan peta topografi. Peta topografi adalah peta yang memuat semua keterangan tentang suatu wilayah tertentu, baik jalan, kota, desa, sungai, jenis tumbuh – tumbuhan, tata guna lahan lengkap dengan garis – garis kontur. Memperhatikan keperluan untuk berbagai kepentingan analisis berikutnya, dan dipertimbangkan pula segi kepraktisan pemakaian, maka peta dengan skala 1:50.000 dipandang mencukupi. Dari peta yang dimiliki, ditetapkan titik – titik tertinggi di sekeliling sungai utama (*main stream*) yang dimaksudkan, masing-masing titik tersebut dihubungkan satu dengan lainnya sehingga membentuk garis utuh yang bertemu ujung pangkalnya. Garis tersebut merupakan batas DAS di titik kontrol tertentu.

### Analisis Curah Hujan

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.

Curah hujan rata – rata dari hasil pengukuran hujan di beberapa stasiun pengukuran dapat dihitung dengan metode *Polygon Thiessen*. Metode ini dipandang cukup baik karena memberikan koreksi terhadap kedalaman hujan sebagai fungsi luas daerah yang dianggap mewakili.

Curah hujan rata – rata dengan cara *Polygon Thiessen* dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\bar{R} = \frac{A_1R_1+A_2R_2+\dots+A_nR_n}{A_1+A_2+\dots+A_n} \quad (1)$$

dengan:

$\bar{R}$  = Curah hujan rata-rata.

$R_1, R_2, \dots, R_n$  = Curah hujan di tiap titik pengamatan dan n adalah jumlah titik – titik pengamatan.

$A_1, A_2, \dots, A_n$  = Luas daerah yang mewakili tiap stasiun pengamatan.

### Analisis Frekuensi

Data hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi seperti: curah hujan, temperatur, penguapan, debit sungai dan lain sebagainya yang akan selalu berubah menurut waktu. Komponen data hidrologi dapat disusun dalam bentuk daftar atau tabel.

Dalam sistem hidrologi, ada waktu – waktu terjadinya kejadian ekstrim seperti hujan badai, banjir, dan kekeringan. Besarnya kejadian ekstrim berbanding terbalik dengan frekuensi kejadiannya. Bencana yang sangat parah cenderung jarang terjadi dibandingkan dengan bencana yang tidak terlalu parah. Tujuan Analisis frekuensi adalah untuk mengetahui besarnya suatu kejadian dan frekuensi atau periode ulang kejadian tersebut dengan menggunakan distribusi probabilitas.

### 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.

### Rata-rata Hitung (*Mean*)

Rata-rata hitung merupakan nilai rata– rata dari sekumpulan data:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (2) \text{ dengan :}$$

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata.

$X_i$  = Nilai varian.

n = Jumlah data.

### Simpangan Baku (Standar Deviasi)

Umumnya ukuran dispersi yang paling banyak digunakan adalah deviasi standar. 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.

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

dengan :

S = Standar deviasi.

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata.

$X_i$  = Nilai varian.

n = Jumlah data.

### Koefisien Variasi

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi.

$$C_v = \frac{S}{\bar{x}} \quad (4)$$

dengan:

$C_v$  = Koefisien variasi.

S = Standar deviasi.

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata.

### 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.

$$C_s = \sum_{i=1}^n \text{ dengan :}$$

$C_S$  = Koefisien *Skewness*

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata.

$$(n-1)(n-2) \cdot S_3^n (X_i - \bar{X})^3 \quad (5)$$

$X_i$  = Nilai varian.

$n$  = Jumlah data.

$S$  = Standar deviasi.

### Koefisien Kurtosis

Pengukuran kurtosis dimaksudkan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal. Koefisien kurtosis digunakan untuk menentukan keruncingan kurva distribusi.

$$C_K = (n-1)(n-2)(n-3)S^4 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 \quad (6)$$

dengan :

$C_K$  = Koefisien kurtosis.

$X_i$  = Nilai variasi.

$S$  = Standar deviasi.

$n$  = Jumlah data.

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata.

### Distribusi Probabilitas

Distribusi probabilitas atau distribusi peluang adalah suatu distribusi yang menggambarkan peluang dari sekumpulan varian sebagai pengganti frekuensinya. Peluang kumulatif dari sebuah varian adalah peluang dari suatu variabel acak yang mempunyai nilai sama atau kurang dari suatu nilai tertentu.

Salah satu tujuan dalam analisa distribusi peluang adalah menentukan periode ulang (*return period*). Menurut Triatmodjo (2009), Periode ulang didefinisikan sebagai waktu hipotetik dimana debit atau hujan dengan suatu besaran tertentu ( $xT$ ) akan disamai atau dilampaui satu kali dalam jangka waktu tertentu.

Fungsi distribusi peluang yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Distribusi Normal
2. Distribusi Log-Normal
3. Distribusi Gumbel
4. Distribusi Log Pearson III

### Pemilihan Tipe Distribusi

Tipe distribusi yang sesuai dapat diketahui berdasarkan parameter-parameter statistik data

pengamatan. Hal ini dilakukan dengan melakukan tinjauan terhadap syarat batas parameter statistik tiap distribusi dengan parameter data pengamatan. Secara teoritis, langkah awal penentuan tipe distribusi dapat dilihat dari parameter-parameter statistik data pengamatan lapangan yaitu  $C_S$ ,  $C_V$ , dan  $C_K$ . Kriteria pemilihan untuk tiap tipe distribusi berdasarkan parameter statistik adalah sebagai berikut :

1) Distribusi Normal

$$C_S \approx 0 ; C_K \approx 3$$

2) Distribusi Log-Normal

$$C_S \approx C_V^3 + 3 C_V$$

$$C_K \approx C_V^8 + 6 C_V^6 + 15 C_V^4 + 16 C_V^2 + 3$$

3) Distribusi Gumbel

$$C_S \approx 1,14 ; C_K \approx 5,40$$

4) Bila kriteria 3 (tiga) sebaran di atas tidak memenuhi, kemungkinan tipe sebaran yang cocok adalah Tipe Distribusi Log-Normal III.

### 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.

Dalam tugas akhir ini akan digunakan metode empiris yaitu hidrograf satuan untuk menghitung besarnya debit banjir.

### HSS-SCS

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

Jika debit puncak dan waktu keterlambatan dari suatu durasi hujan efektif (*Lag Time*) diketahui, maka hidrograf satuan dapat diestimasi dari UH sintesis SCS.

$$\text{Lag Time } (t_p) = 0,6 \times T_c$$

$$\text{Waktu Naik } (T_p) = \frac{tr}{2} + t_p$$

$$\text{Time base } (t_b) = 5 \times T_p$$

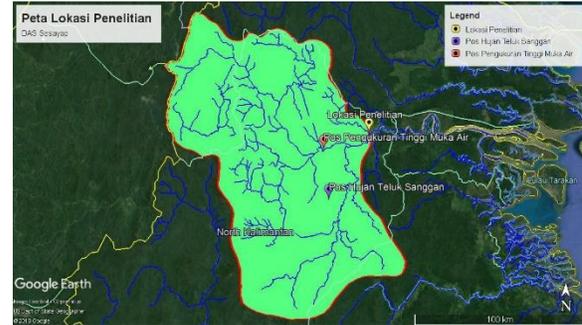
$$q_p = \frac{CA}{T_p}$$

### Analisis Hidrolika

Aliran dikatakan langgeng (*steady*) jika kecepatan tidak berubah selama selang waktu tertentu.

Aliran alami umumnya bersifat tidak tetap, ini disebabkan karena bentuk geometris hidroliknya saluran, sungai – sungai di lapangan tidak teratur, adanya tanaman pada tebing saluran, adanya bangunan air, perubahan dasar saluran, dan lainnya. Komponen pada model ini digunakan untuk menghitung profil muka air pada kondisi aliran langgeng (*steady*). Komponen pada *steady flow* dapat memodelkan profil muka air pada kondisi aliran subkritis, superkritis dan sistem gabungan.

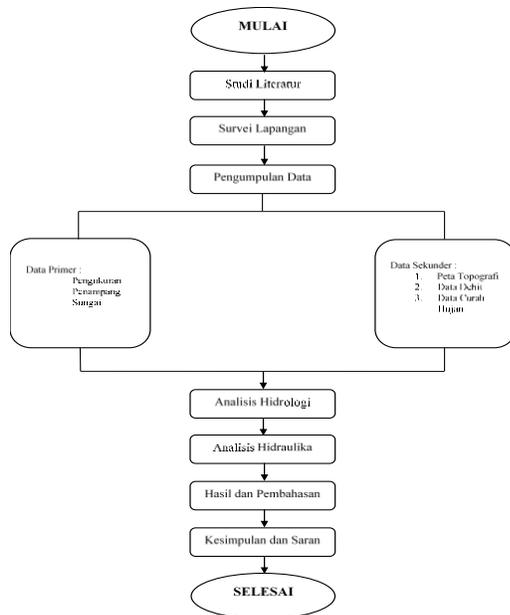
Sehingga diperoleh luas DAS Sesayap sebesar 14.122 Km<sup>2</sup>.



Gambar 2. Gambar DAS Sesayap  
Sumber: Google Earth

### METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan pelaksanaan penelitian :



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

### Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan di DAS Sesayap dilakukan dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Kalimantan III dengan periode pencatatan tahun 2007 sampai dengan tahun 2016. Pos hujan yang digunakan sebanyak 1 Pos Hujan MRG Teluk Sanggan. Berikut merupakan data hujan harian maksimum dari tahun 2007 sampai 2016.

Tabel 1. Curah Hujan Harian Maksimum  
Sumber : BWSK-III

### Uji Data Outlier

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
	MRG Teluk Sanggan
2007	54
2008	50,8
2009	55,1
2010	31,6
2011	30,9
2012	28
2013	28,1
2014	29,6
2015	50,2
2016	55,5

Data *outlier* adalah data yang 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:

### ANALISIS, HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Analisis Daerah Aliran Sungai

Analisis daerah aliran sungai (DAS) dilakukan untuk mengetahui luas DAS Sesayap. Perhitungan luas DAS dilakukan dengan bantuan program komputer *Google Earth*.

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. Pengujian data *outlier* dimulai dengan menghitung nilai-nilai parameter statistik, nilai rata-rata, standar deviasi, dan koefisien kemencengan (*Skewness*) dari data yang ada dan data pengamatan diubah dalam nilai log.

Untuk nilai  $C_{slog}$  lebih dari 0,4:

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

Untuk nilai  $C_{slog}$  kurang dari -0,4:

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

Kemudian dilakukan uji *outlier* pada data curah hujan MRG Teluk Sanggan. Hasil uji *outlier* mendapatkan bahwa data-data curah hujan tersebut tidak menyimpang.

### 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).

### Analisis Curah Hujan Rencana

Analisis curah hujan rencana dapat dilakukan dengan beberapa tipe sebaran seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Pada penelitian ini, analisis curah hujan rencana menggunakan tipe sebaran Log Pearson tipe III.

Perhitungan dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung parameter statistik sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.

Rata – rata hitung:

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i = \frac{1}{10} \times 15,98121 = 1,59812074$$

Simpangan Baku:

$$S_{\log X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,164566792}{10-1}}$$

$$= 0,135223237$$

Koefisien *Skewness* (Kemencengan):

$$C_{S_{\log X}} = \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot (S_{\log X})^3} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^3 = \frac{10}{(10-1)(10-2) \cdot 0,135223237^3} \times (-0,000225819)$$

$$= -0,012684539 \text{ (Kemencengan Negatif)}$$

Faktor frekuensi K untuk tiap kala ulang terdapat pada tabel nilai  $K_T$  untuk kemencengan negatif yang ditentukan dengan menggunakan nilai  $C_{S_{\log X}}$  dan kala ulang dalam tahun.

Nilai K untuk tiap kala ulang adalah sebagai berikut:

5 Tahun	: 0,842507382
10 Tahun	: 1,280477855
25 Tahun	: 1,619715021
50 Tahun	: 2,047150249
100 Tahun	: 2,316613441

Tabel 2. Penentuan Jenis Sebaran Data

Sumber: Analisis Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	$C_s = 0$	0,0332	Tidak Memenuhi
	$C_k = 3$	1,7554	Tidak Memenuhi
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3 C_v = 0,8392$	0,0332	Tidak Memenuhi
	$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3 = 4,2778$	1,7554	Tidak Memenuhi
Gumbel	$C_s = 1.14$	0,0332	Tidak Memenuhi
	$C_k = 5.40$	1,7554	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Bila tidak ada parameter statistik yang sesuai dengan ketentuan distribusi sebelumnya	-	Memenuhi

Tabel 3. Parameter Statistik Log Pearson-III

Ranking	R=X	Log X (Y)	$(Y - \bar{Y})$	$(Y - \bar{Y})^2$	$(Y - \bar{Y})^3$
1	54	1,732394	0,13427302	0,01802924	0,002420841
2	50,8	1,705864	0,10778371	0,01161302	0,001251462
3	55,1	1,741152	0,1430516	0,02046376	0,002927374
4	31,6	1,499687	-0,0984129	0,0096851	-0,000953139
5	30,9	1,489958	-0,1081415	0,01169459	-0,001264671
6	28	1,447158	-0,150942	0,02278348	-0,003438983
7	28,1	1,448706	-0,1493937	0,02231847	-0,003334239
8	29,6	1,471292	-0,1268083	0,01608034	-0,002039121
9	50,2	1,700704	0,10260372	0,01052752	0,001080163
10	55,5	1,744293	0,14619298	0,02137239	0,003124493
$\Sigma$	413,8	15,98121	0,00018666	0,164566792	-0,000225819

Sumber: Analisis Data

Tabel 4. Hujan Rencana Tiap Kala Ulang

**Pola Distribusi Hujan Jam-jaman**

Distribusi hujan jam – jaman merupakan pembagian intensitas hujan berdasarkan pola hujan suatu daerah. Dalam penelitian ini digunakan pola hujan dari daerah sekitar Pulau Jawa.

Tabel 5. Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang 5 Tahun

Jam ke -	1	2	3	4	5	6	7	8
% distribusi hujan	26	24	17	13	7	5	4	3
P (mm)	13,39	12,36	8,75	6,69	3,60	2,57	2,06	1,54

Tabel 6. Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang 10 Tahun

Jam ke -	1	2	3	4	5	6	7	8
% distribusi hujan	26	24	17	13	7	5	4	3
P (mm)	15,35	14,17	10,03	7,67	4,13	2,95	2,36	1,77

Tabel 7. Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang 25 Tahun

Jam ke -	1	2	3	4	5	6	7	8
% distribusi hujan	26	24	17	13	7	5	4	3
P (mm)	17,06	15,75	11,15	8,53	4,59	3,28	2,62	1,96

Tabel 8. Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang 50 Tahun

Jam ke -	1	2	3	4	5	6	7	8
% distribusi hujan	26	24	17	13	7	5	4	3
P (mm)	19,49	17,99	12,74	9,74	5,24	3,74	2,99	2,24

Tabel 9. Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang 100 Tahun

Jam ke -	1	2	3	4	5	6	7	8
% distribusi hujan	26	24	17	13	7	5	4	3
P (mm)	21,20	19,57	13,86	10,60	5,70	4,07	3,26	2,44

**Perhitungan Nilai SCS Curve Number**

Tabel 10. Perhitungan nilai CN DAS Sesayap

Jenis Tutup Lahan	Luas (km <sup>2</sup> )	Persentase (%)	CN Tiap Lahan	CN
Tegalan/Ladang	109	0,77158	78	0,60204
Hutan Alam	13873	98,2368	70	68,7658
Pemukiman	140	0,99136	81	0,80300
Total	14122	100	-	70,17079

Nilai CN rata-rata untuk DAS Sesayap adalah 70,17079.

**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*.

**Kalibrasi Parameter HSS SCS**

Kalibrasi merupakan suatu proses dimana 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 dengan data debit terukur.

Kalibrasi dilakukan pada DAS lokasi penelitian dengan data debit terukur dilapangan.

Dikarenakan sungai Sesayap tidak memiliki data debit terukur, maka perlu dilakukan perhitungan dengan metode analisis regional.

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)	Obs Flow (M3/S)
01Jan2018	00:00				0.0	138.4	138.4	0.0
02Jan2018	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	138.4	138.4	0.0
03Jan2018	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	138.4	138.4	0.0
04Jan2018	00:00	30.50	30.50	0.00	0.0	138.4	138.4	0.0
05Jan2018	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	138.4	138.4	0.0
06Jan2018	00:00	1.09	1.09	0.00	0.0	138.4	138.4	0.0
07Jan2018	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	138.4	138.4	0.0
08Jan2018	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	138.4	138.4	0.0
09Jan2018	00:00	40.45	40.45	0.00	0.0	138.4	138.4	0.0
10Jan2018	00:00	35.90	34.83	1.07	123.0	138.4	261.4	0.0
11Jan2018	00:00	0.00	0.00	0.00	40.3	138.4	178.8	0.0
12Jan2018	00:00	0.00	0.00	0.00	8.7	138.4	147.1	0.0
13Jan2018	00:00	23.45	20.18	3.27	379.2	138.4	517.7	0.0
14Jan2018	00:00	0.00	0.00	0.00	124.0	138.4	262.5	0.0
15Jan2018	00:00	35.82	27.25	8.57	1015.8	138.4	1154.2	0.0
16Jan2018	00:00	0.00	0.00	0.00	329.9	138.4	468.3	0.0
17Jan2018	00:00	0.00	0.00	0.00	70.7	213.8	284.6	0.0
18Jan2018	00:00	50.05	32.25	17.80	2069.4	213.8	2283.2	0.0
19Jan2018	00:00	0.00	0.00	0.00	676.0	213.8	889.9	0.0
20Jan2018	00:00	0.00	0.00	0.00	145.1	417.8	562.9	0.0
21Jan2018	00:00	32.40	17.98	14.42	1695.4	417.8	2113.1	143.1
22Jan2018	00:00	20.70	10.49	10.21	1729.1	417.8	2146.9	143.1
23Jan2018	00:00	0.00	0.00	0.00	504.0	417.8	921.7	134.6

Gambar 3. Debit Hitungan Sungai Torout Tumpa

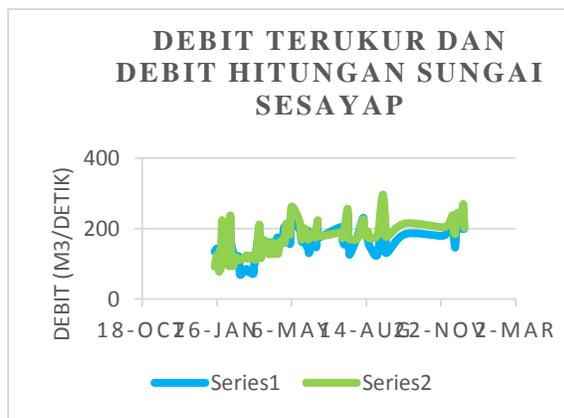
Data hujan dan data debit dimasukkan ke komponen Time-Series Data. Data hujan dan data debit yang digunakan adalah data tahun 2013. Data debit yang digunakan adalah data debit perbandingan Sungai Torout Tumpa dengan menggunakan metode analisis regional.

Debit hasil hitungan dan debit terukur Sungai Sesayap akan diuji menggunakan uji keofisien determinasi ( $r^2$ ) untuk menilai tingkat kemiripan model hidrologi antara hasil debit hitungan dan debit terukur.

Uji koefisien determinasi ( $r^2$ ) dilakukan dengan membandingkan debit terukur Sungai Sesayap dan debit terbaik hasil hitungan yang diperoleh dari parameter yang sudah terkalibrasi.

Tabel 11. Parameter-Parameter Hasil Kalibrasi

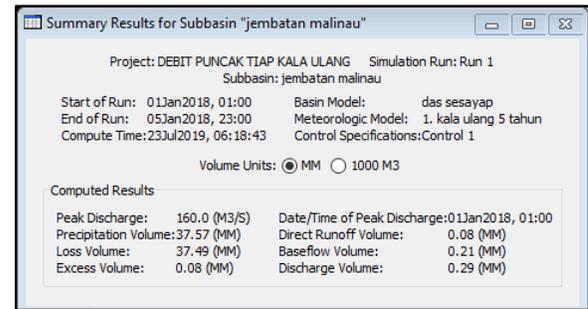
<i>CN</i>	60
<i>Recession Constant</i>	0,01
<i>Ratio to Peak</i>	0,1
<i>Initial discharge</i>	160 m <sup>3</sup> /det
<i>Lag Time</i>	778,8 menit



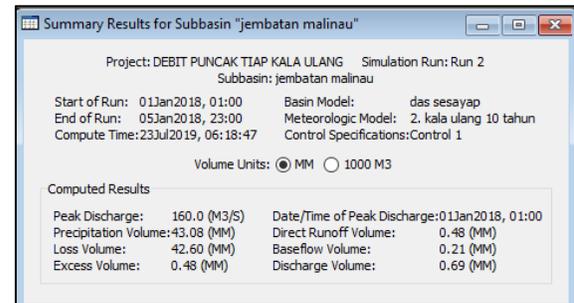
Gambar 4. Grafik Debit Hasil Perhitungan Dan Debit Terukur

### Simulasi Debit Banjir dengan Program Komputer HEC-HMS

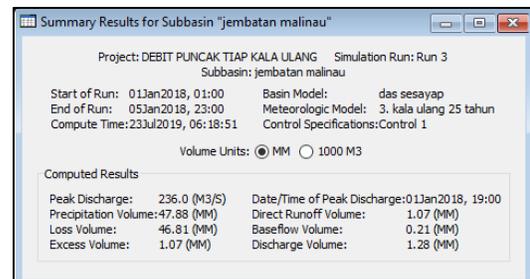
Semua parameter terkalibrasi akan digunakan sebagai parameter pada komponen sub-DAS untuk perhitungan debit banjir. Dengan data hujan rencana jam-jaman yang telah dihitung maka diperoleh hasil simulasi program komputer HEC-HMS sebagai berikut:



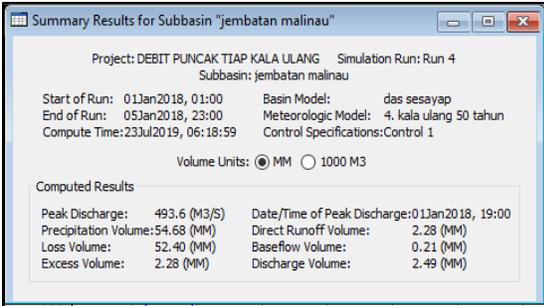
Gambar 5. Summary Result Kala Ulang 5 Tahun



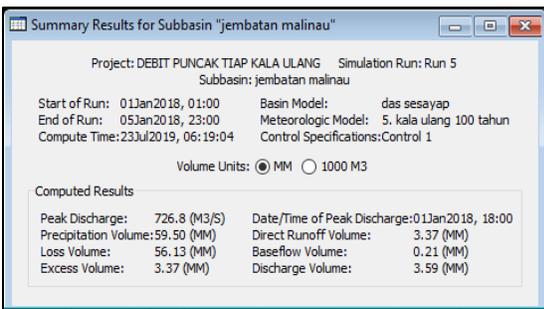
Gambar 6. Summary Result Kala Ulang 10 Tahun



Gambar 7. Summary Result Kala Ulang 25 Tahun



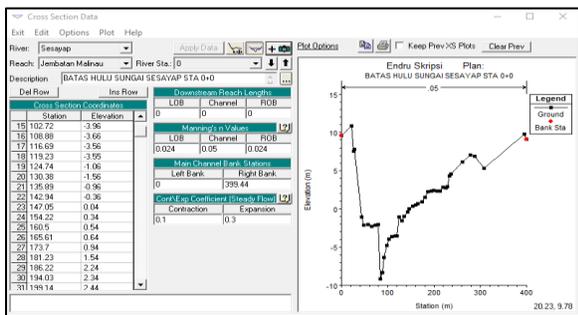
Gambar 8. Summary Result Kala Ulang 50 Tahun



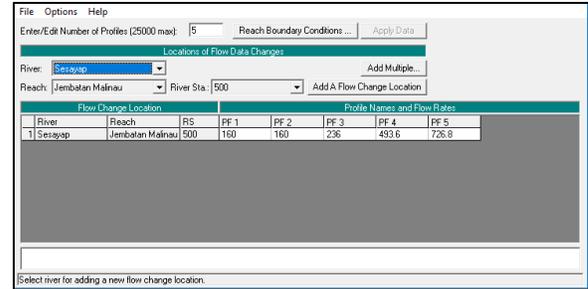
Gambar 9. Summary Result Kala Ulang 100 Tahun

### Analisis Tinggi Muka Air

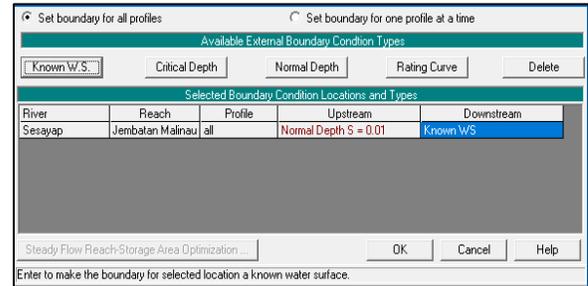
Analisis tinggi muka air menggunakan program komputer HEC-RAS membutuhkan data masukan yaitu penampang sungai, karakteristik saluran untuk nilai koefisien  $n$  Manning, dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng (*Steady Flow*).



Gambar 10. Memasukkan Data Penampang Sungai



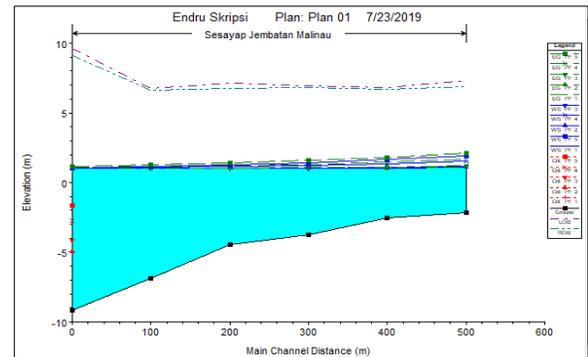
Gambar 11. Pengisian Data Debit



Gambar 12. Pengisian Reach Boundary Conditions

### Simulasi Tinggi Muka Air Dengan Program Komputer HEC-RAS

Hasil simulasi tinggi muka air menunjukkan semua penampang Sungai Sesayap yang ditinjau masih mampu menampung debit banjir dengan kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun.



Gambar 13. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Sesayap

## PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan, besar hujan dengan kala ulang yang panjang menghasilkan debit puncak yang besar. Hal ini dipengaruhi oleh berbagai factor dalam DAS Sesayap yaitu koefisien penutup lahan, kelambatan waktu di dalam DAS, dan koefisien  $n$  dalam perhitungan menggunakan HSS SCS.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa semua penampang sungai Sesayap yang ditinjau masih

mampu menampung debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun, maka tidak terjadi peluapan elevasi tinggi muka air pada semua penampang yang ditinjau.

### Saran

Data debit yang tersedia merupakan data debit yang berada di luar DAS Sesayap sehingga untuk mendapatkan data debit yang lebih akurat dapat dipasang alat pengukur debit di sekitar DAS Sesayap.

## DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_\_\_.2000. *HEC-HMS Technical Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- \_\_\_\_\_.2016. *HEC-RAS 5.0 Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- Agustin, Winda, Mamok Soeprapto, Siti Qomariyah.2010. *Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman Di Sub DAS Keduang*. Skripsi S1 Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- 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.
- Kamase, Malinda., Liany A. Hendratta, Jeffry S. F. Sumarauw. 2017. *Analisis Debit dan Tinggi Muka Air Sungai Tondano di Jembatan Desa Kuwil Kecamatan Kalawat*. Jurnal Sipil Statik Vol. 5 Juni 2017 (175-185) ISSN:2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Kapantouw, Billy Mario. 2017. *Analisis Debit Dan Tinggi Muka Air Sungai Paniki Di Kawasan Holland Village*. Skripsi S1 Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado. (11-13, 67)
- 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.
- 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.
- Ramdan, Hikmat. 2004. *Prinsip Dasar Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Universitas Winaya Mukti, Sumedang.

- 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.
- Seyhan, Ersin. 1990. *Dasar-dasar Hidrologi*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Soemarto, C. D. 1987. *Hidrologi Teknik*. Edisi Kedua. Erlangga, 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.
- 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, Marcio. 2018. *Analisa Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Sangkub Kabupaten Bolaang Mongondow Utara*. Skripsi S1 Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado. (4-41).
- Tanudjaja, Lambertus. 1991. *Analisis Aliran Di Saluran Terbuka Dengan Metode Elemen Hingga*. Tesis S2 Teknik Sumberdaya Air, Institut Teknologi Bandung, Bandung.