

## EVALUASI KAPASITAS PENAMPANG TERHADAP DEBIT BANJIR SUNGAI TONDANO DI JEMBATAN RINGROAD

Ficky Oroh

Tiny Mananoma, Hanny Tangkudung

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: [fickyoroh19@gmail.com](mailto:fickyoroh19@gmail.com)

### ABSTRAK

*Sungai Tondano merupakan salah satu sungai terbesar di Kota Manado dan memiliki banyak anak sungai sebagai penyumbang debit. Salah satu daerah yang dilewati aliran dari Sungai Tondano yaitu Kelurahan Kairagi, permasalahan yang muncul di sekitar bantaran sungai yaitu apakah penampang sungai masih mampu menampung Debit sungai yang ada apabila terjadi curah hujan yang lebat sehingga masyarakat di sekitar bantaran sungai bisa aman dari bahaya banjir Sungai Tondano. Analisis dilakukan dengan mencari frekuensi hujan dengan metode Log Pearson III. Adapun data hujan yang digunakan berasal dari 7 pos hujan dan 1 pos Klimatologi Hujan. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum dari tahun 2008 s/d 2017. Setelah mendapat besaran hujan, dilakukan simulasi hujan aliran dengan HSS SNYDER menggunakan program komputer HEC-HMS. debit puncak hasil simulasi dimasukkan dalam program komputer HEC-RAS untuk simulasi tinggi muka air pada penampang yang telah diukur. Hasil analisis debit banjir rencana dengan program HEC-HMS diperoleh hasil yang beragam yaitu pada kala ulang 5 tahun didapat debit 73,2 m<sup>3</sup>/detik, 10 tahun didapat debit 92,2 m<sup>3</sup>/detik, 25 tahun didapat debit 113,1 m<sup>3</sup>/detik, 50 tahun didapat 125,7 m<sup>3</sup>/detik, 100 tahun didapat 136,1 m<sup>3</sup>/detik. Hasil dari program HEC-RAS didapat tinggi muka air pada sta 0 hingga pada sta 600 dengan debit banjir rencana kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, 100 tahun tidak terjadi luapan atau bisa dikatakan penampang masih mampu menampung kapasitas debit banjir rencana.*

**Kata kunci:** Sungai Tondano, Debit banjir rencana, Tinggi Muka Air, HEC-HMS, HEC-RAS

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Sungai Tondano merupakan sungai yang melewati Kelurahan Kairagi, Kota Manado. Permasalahan yang muncul apakah penampang sungai masih mampu menampung Debit sungai yang ada apabila terjadi curah hujan yang lebat sehingga masyarakat di sekitar bantaran sungai bisa aman dari bahaya bencana banjir Sungai Tondano. Diperlukan analisis hidrologi guna mengetahui besaran debit banjir dan analisis hidraulika untuk prediksi tinggi muka air saat terjadi banjir di Sungai Tondano dengan kala ulang tertentu.

#### Rumusan Masalah

Terkait letak Sungai Tondano permasalahan yang muncul yaitu apakah penampang sungai masih mampu menampung Debit sungai yang

ada apabila terjadi curah hujan yang lebat sehingga masyarakat di sekitar bantaran sungai bisa aman dari bahaya bencana banjir Sungai Tondano. Perlu mengetahui besarnya debit banjir dan elevasi tinggi muka air yang nantinya akan berpengaruh terhadap keamanan warga disekitar bantaran sungai.

#### Batasan Penelitian

Dalam penelitian ini, pembahasan yang diteliti dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Area penelitian di daerah aliran sungai Tondano di jembatan Ringroad sepanjang 600 m ke arah Kota Manado.
2. Untuk menganalisis hitungan hidrologi yang berhubungan dengan debit banjir rencana periode 5,10,25,50,100 tahun dengan menggunakan bantuan program komputer yaitu aplikasi HEC-HMS.

3. Analisis hidraulika berkaitan dengan lebar dan tinggi muka air banjir rencana pada penampang sungai yang akan dianalisis, menggunakan bantuan program computer yaitu aplikasi HEC-RAS.
4. Penampang melintang sungai yang ditinjau sepanjang 600 m yang berjarak 25m antara potongan.
5. Tidak dilakukan perhitungan gerusan dan daya dukung tanah.
6. Debit Puncak dihitung dengan menggunakan Metode *HSS SNYDER (Hidrograf Satuan Sintetis Metode Snyder)*.

### Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis besaran debit banjir dan tinggi muka air banjir pada sungai Tondano tepatnya di bawah jembatan Ringroad di Kelurahan Kairagi Kec. Mapanget, Kota Manado.

### Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini sebagai bahan referensi bagi peneliti-peneliti selanjutnya, serta diharapkan dapat menjadi bahan informasi untuk instansi terkait dalam melakukan penanggulangan masalah banjir sungai Tondano.

## LANDASAN TEORI

### Daur Hidrologi

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. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir ke dalam tanah (perkolasi) mengisi air tanah yang kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai. Akhirnya aliran air di sungai akan sampai ke laut. Proses tersebut berlangsung terus menerus yang disebut daur hidrologi.

### Daerah Aliran Sungai (DAS)

Menurut Sri Harto (dikutip dalam Rapar dkk., 2014), 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.

### Analisis Curah Hujan

Untuk mendapatkan perkiraan besaran banjir yang terjadi di suatu penampang sungai tertentu, maka kedalaman hujan yang terjadi harus diketahui pula. Diperlukan besaran kedalaman hujan yang terjadi di seluruh DAS. 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 Poligon *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 Poligon *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

Dalam sistem hidrologi, ada waktu-waktu terjadinya kejadian ekstrim seperti hujan badai, banjir, dan kekeringan. Besarnya kejadian ekstrim berbanding terbalik dengan frekuensi kejadiannya. Menurut Triatmodjo (dikutip dalam Kamase dkk., 2017), analisis frekuensi bertujuan 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.

**1. Rata-rata Hitung (Mean)**

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

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

dengan :

- $\bar{X}$  = Nilai rata-rata.
- $X_i$  = Nilai varian.
- $n$  = Jumlah data.

**2. 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.

**3. 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.

**4. 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.

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot S^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \quad (5)$$

dengan :

- $C_s$  = Koefisien *Skewness*,
- $\bar{X}$  = Nilai rata-rata.
- $X_i$  = Nilai varian.
- $n$  = Jumlah data.
- $S$  = Standar deviasi.

**5. 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.

$$C_k = \frac{n}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 \quad (6)$$

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.

Salah satu tujuan dalam analisa distribusi peluang adalah menentukan periode ulang (*return period*). Menurut Bambang 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 penulisan ini adalah:

1. Distribusi Normal

Distribusi normal banyak digunakan dalam analisis hidrologi, misal dalam analisis frekuensi hujan, analisis statistik dari distribusi rata – rata curah hujan tahunan, debit rata – rata tahunan dan sebagainya.

$$\text{Rumus : } X = \bar{X} + k \cdot S \quad (7)$$

dengan :

$X$  = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan besaran peluang tertentu atau pada periode ulang tertentu.

$\bar{X}$  = Nilai rata – rata hitung.

$S$  = Standar deviasi.

$k$  = Karakteristik dari distribusi normal.

2. Distribusi Log-Normal

Distribusi log normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, yaitu yang mengubah nilai varian  $X$  menjadi nilai logaritmik varian  $X$ . Persamaan transformasi distribusi log normal dua parameter adalah:

$$\text{Rumus : } \log X = \overline{\log X} + k \cdot S_{\log} \quad (8)$$

dengan :

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

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

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

$k$  = Karakteristik dari distribusi log normal.

3. Distribusi Gumbel

Distribusi Gumbel atau disebut juga distribusi ekstrem tipe I (*extreme type I distribution*).

$$\text{Rumus : } X = \bar{X} + \frac{S}{S_n} (Y - Y_n) \quad (9)$$

dengan :

$X$  = Nilai varian yang diharapkan terjadi.

$\bar{X}$  = Nilai rata – rata hitung varian.

$Y$  = Nilai reduksi varian dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu.

$Y_n$  = Nilai rata – rata dari reduksi varian, nilainya tergantung dari jumlah data ( $n$ ).

$S$  = Standar deviasi.

$S_n$  = Standar deviasi dari reduksi varian, nilainya tergantung dari jumlah data ( $n$ ).

4. Distribusi Log Pearson III

Bentuk distribusi log pearson tipe III merupakan hasil transformasi dari distribusi pearson tipe III dengan menggantikan varian menjadi nilai logaritmik.

$$\text{Rumus : } \log X = \overline{\log X} + K_{TR,CS} \cdot S_{\log X} \quad (10)$$

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.

**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-SNYDER**

Untuk mendapatkan suatu hidrograf satuan seperti diuraikan dengan prosedur di atas perlu tersedia data yang baik, yaitu data AWLR, data pengukuran debit, data hujan harian, dan data hujan jam-jaman. Yang menjadi masalah adalah bahwa karena berbagai sebab data ini sangat sulit diperoleh atau tidak tersedia (1993). Sejumlah DAS yang diteliti oleh Snyder berada di dataran tinggi Appalachian dengan luas DAS berkisar antara 30 sampai 30.000 km<sup>2</sup> (Chow, *et al*, 1988).

$$t_p = 0.75 \times C_t \times (L \times L_c)^{0.3}$$

$$t_r = \frac{t_p}{5.5}$$

$$Q_p = 2.75 \times \frac{C_p \times A}{t_p}$$

$$T_b = 72 + 3 \times t_p \text{ atau } T_b = \frac{5.56}{q_p R}$$

dimana:

$t_p$  = Waktu kelambatan (*time lag*) (jam)

$Q_p$  = Debit puncak (m<sup>3</sup>/detik)

$T_b$  = Waktu dasar (jam)

$q_{pR}$  = Debit per satuan luas (m<sup>3</sup>/detik/km<sup>2</sup>)

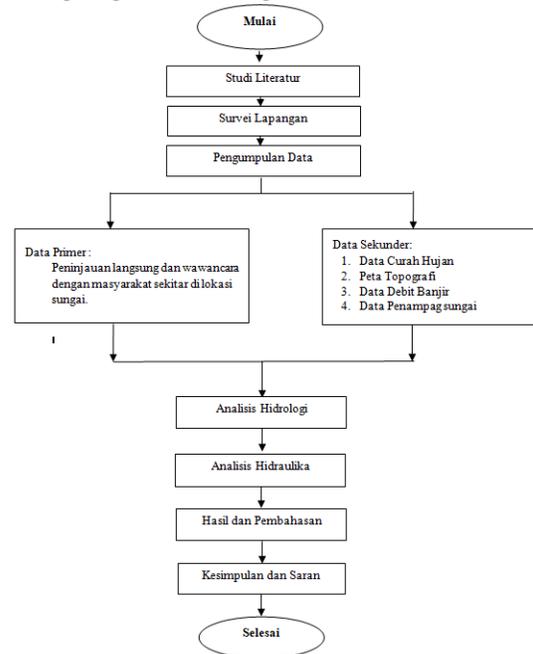
Pemakaian tersebut untuk daerah lain diperlukan ralat dan penyesuaian (Sri Harto, 1985).

**Analisis Hidraulika**

Dalam analisis hidraulika, penulis menghitung profil muka air dengan menggunakan beberapa data dari analisis hidrologi untuk mendapatkan profil muka air. Di dalam analisis ini juga digunakan program/software HEC-RAS. HEC-RAS merupakan program aplikasi untuk memodelkan aliran di sungai, *River Analysis System (RAS)*, HEC-RAS merupakan model satu dimensi aliran langgeng maupun tidak langgeng (*steady and unsteady one-dimensional flow model*).

**METODOLOGI PENELITIAN**

Tahapan pelaksanaan penelitian :

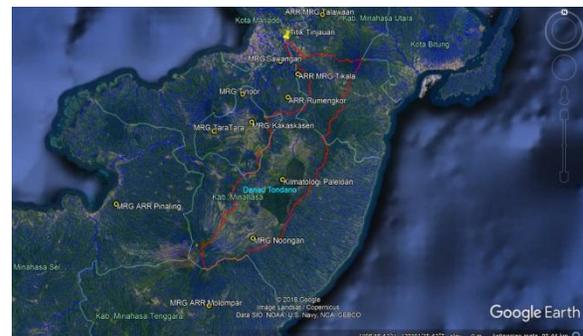


Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

**ANALISIS, HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Analisis Daerah Aliran Sungai**

Analisis daerah aliran sungai (DAS) dilakukan untuk mengetahui luas DAS Tondano. Perhitungan luas DAS dilakukan dengan bantuan program komputer *Google Earth* dengan menggunakan data yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi-I. Sehingga diperoleh luas DAS Tembran sebesar 431 Km<sup>2</sup>.



Gambar 2. Gambar DAS Tondano  
Sumber: "Google Earth, Data Balai Wilayah Sungai Sulawesi I"

**Analisis Curah Hujan**

Analisis curah hujan di DAS Tondano dilakukan dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan periode pencatatan tahun 2008 sampai dengan tahun 2017. Pos hujan dan 1 klimatologi hujan, yaitu pos hujan Kaleosan dan pos hujan Talawaan. Berikut merupakan data hujan harian maksimum kedua pos hujan dari tahun 2008 sampai 2017.

**Tabel 1. Curah Hujan Harian Maksimum**

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)							
	MRG Talawaan	MRG Sawangan	ARR Tikala	ARR Rumenglor	MRG Kakaskasen	Klimatologi Paleloan	Noongan	Molompur
2008	162	130.8	44	82.1	80	45.1	57.6	71.9
2009	106	100.3	50.3	118.4	38	46	98.2	78.1
2010	110	123	175.5	104.5	65	67.2	54.4	109.6
2011	141.5	120.3	57	87.8	92	90.9	116.4	94.4
2012	118	110	90.2	115.5	42	69.8	94.8	101.9
2013	94	180.4	80.6	68	157	66.5	84.6	84.9
2014	94	170.7	177	183	145	110.5	100	80.2
2015	131	90	105	108.2	204	80	95	82.8
2016	151	90.7	144	76.2	95	115.5	92.5	98.7
2017	183	180	149	96	97.8	160.2	122	75.4

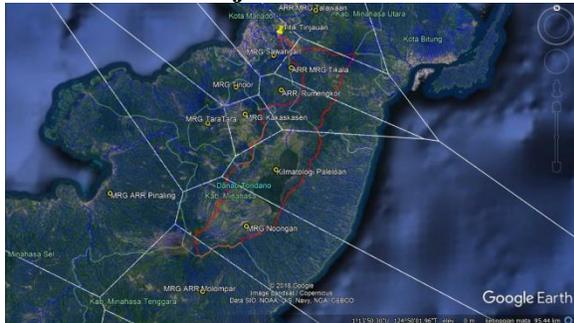
Sumber: "Balai Wilayah Sungai Sulawesi I"

**Uji Data Outlier**

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.

Hasil uji outlier mendapatkan bahwa data-data curah hujan dari ketujuh pos hujan dan 1 klimatologi hujan tidak ada yang menyimpang.

**Analisis Curah Hujan Rerata**



Sumber: "Google Earth, Data Balai Wilayah Sungai Sulawesi I"  
Gambar 3. Gambar Poligon Thiessen

Analisis curah hujan rerata dilakukan untuk mendapat rata-rata dari hasil pengukuran hujan di dua pos hujan yang ada. Dengan mengetahui luas pengaruh dari tiap pos hujan yang ada, maka curah hujan rerata dari setiap pos hujan dapat dihitung dengan cara Poligon Thiessen.

**Tabel 2. Curah Hujan Rerata**

Tahun	Balai Wilayah Sungai							Luas Pengaruh Balai Wilayah DAS							Σ		
	Talawaan	Sawangan	Tikala	Rumenglor	Kakaskasen	Klimatologi Paleloan	Molompur	Talawaan	Sawangan	Tikala	Rumenglor	Kakaskasen	Klimatologi Paleloan	Molompur			
2008	162	130.8	44	82.1	80	45.1	57.6	71.9									61.8215
2009	106	100.3	50.3	118.4	38	46	98.2	78.1									73.3520
2010	110	123	175.5	104.5	65	67.2	54.4	109.6									80.6224
2011	141.5	120.3	57	87.8	92	90.9	116.4	94.4									86.2824
2012	118	110	90.2	115.5	42	69.8	94.8	101.9									85.5215
2013	94	180.4	80.6	68	157	66.5	84.6	84.9	11.8	11.8	69.2	66	137	12	155.4	10.1	83.3815
2014	94	170.7	177	183	145	110.5	100	80.2									92.1815
2015	131	90	105	108.2	204	80	95	82.8									80.6224
2016	151	90.7	144	76.2	95	115.5	92.5	98.7									107.8722
2017	183	180	149	96	97.8	160.2	122	75.4									105.5215

**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).

**Tabel 3. Penentuan Jenis Sebaran Data**

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	Cs = 0	0,528	Tidak Memenuhi
	Ck = 3	3,824	Tidak Memenuhi
Log Normal	Cs = Cv <sup>3</sup> + 3 . Cv = 2.392	0,528	Tidak Memenuhi
	Ck = Cv <sup>8</sup> + 6Cv <sup>6</sup> + 15Cv <sup>4</sup> + 16Cv <sup>2</sup> + 3 = 14.645	3,824	Tidak Memenuhi
Gumbel	Cs = 1.14	0,528	Tidak Memenuhi
	Ck = 5.40	3,824	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Bila tidak ada parameter statistik yang sesuai dengan ketentuan distribusi sebelumnya	-	Memenuhi

**Analisis Curah Hujan Rencana**

Analisis curah hujan rencana dihitung menggunakan tipe sebaran Log Pearson tipe III.

Perhitungan dilakukan dengan menghitung parameter statistik terlebih dahulu.

Rata – rata hitung:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i = \frac{1}{10} \times 19,729 = 1,972$$

Simpangan Baku:

$$S_{\log X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,0644}{10-1}}$$

$$= 0,104$$

Koefisien *Skewness* (Kemencengan):

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

$$= \frac{10}{(10-1)(10-2) \cdot 0,104^3} \times 0,1166$$

$$= 14,39$$

Tabel 4. Hujan Rencana Tiap Kala Ulang

Kala Ulang	Log Xn	Xn
5 Tahun	2.0712694	117.833
10 Tahun	2.1161462	130.661
25 Tahun	2.1569445	143.530
50 Tahun	2.1786757	150.895
100 Tahun	2.195123	156.719

**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 yaitu pola hujan daerah Kota Manado dan sekitarnya. Pola distribusi hujan jam-jaman di Kota Manado dan sekitarnya terjadi dalam waktu 8-10 jam (Salem dkk., 2016).

Tabel 5. Distribusi Hujan Rencana untuk Setiap Kala Ulang

Kala Ulang	Besarnya Hujan Jam ke-							
	1	2	3	4	5	6	7	8
5 Tahun	63.63	25.92	9.43	7.07	3.54	1.18	3.54	3.54
10 Tahun	70.56	28.75	10.45	7.84	3.92	1.31	3.92	3.92
25 Tahun	77.51	31.58	11.48	8.61	4.31	1.44	4.31	4.31
50 Tahun	81.48	33.20	12.07	9.05	4.53	1.51	4.53	4.53
100 Tahun	84.63	34.48	12.54	9.40	4.70	1.57	4.70	4.70

**Perhitungan Nilai SCS Curve Number**

Tabel 6. Perhitungan nilai CN DAS Tondano

No	Jenis Tutup Lahan	Luas	%	CN Tiap Lahan	CN
1	Tegalan/Ladang	20.19	7.78	78	6.0684
2	Danau	18.29	4.1	74	3.034
3	Sawah	20.1	7.94	88	6.9872
4	Perkebunan	57	18.6	88	16.368
5	Sungai	16.74	5.6	0	0
6	Hutan Alam	298.7	57.16	70	40.012
Total					56.1016

Nilai CN rata – rata untuk DAS Tondano adalah 56,1016.

**Analisis Debit Banjir Rencana**

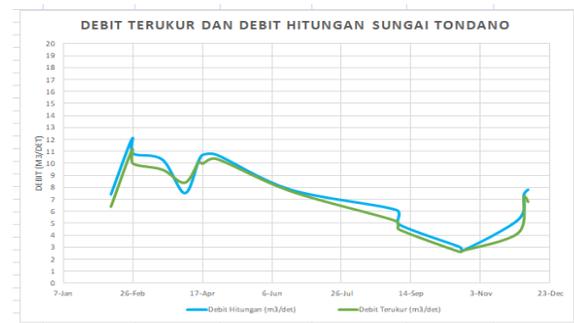
Pemodelan hujan aliran pada program komputer HEC-HMS akan menggunakan metode HSS Snyder, dan untuk kehilangan air dengan *Curve Number (CN)* serta perhitungan *baseflow* menggunakan *Exponential Recession Model*.

**Kalibrasi Parameter HSS Snyder**

Kalibrasi merupakan suatu proses dimana nilai hasil perhitungan dibandingkan dengan nilai hasil observasi lapangan. Kalibrasi Parameter HSS Snyder perlu dilakukan untuk mencari nilai *Peaking Coefficient (Cp)* dengan membandingkan hasil simulasi HEC – HMS dengan data debit terukur. Kalibrasi dilakukan pada DAS Tondano dengan titik kontrol dengan data debit terukur hasil perhitungan analisis regional dengan data debit AWLR Kairagi karena tidak ada data debit terukur di lokasi penelitian. data hujan dan data debit dimasukkan ke komponen *Time-Series* data. data hujan dan data debit yang digunakan adalah data tahun 2017. Data debit yang digunakan adalah data debit perbandingan Sungai Tondano-Kairagi dengan menggunakan metode analisis regional.

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

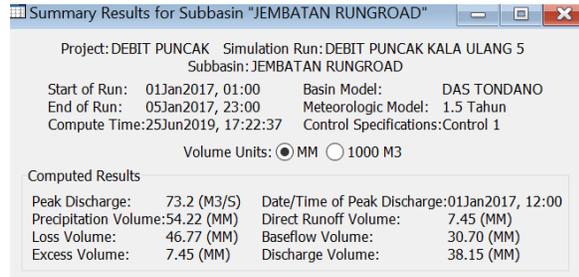
Uji koefisien determinasi ( $r^2$ ) dilakukan dengan membandingkan debit terukur Sungai Tembran dan debit terbaik hasil hitungan yang diperoleh dari parameter yang sudah terkalibrasi.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur

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

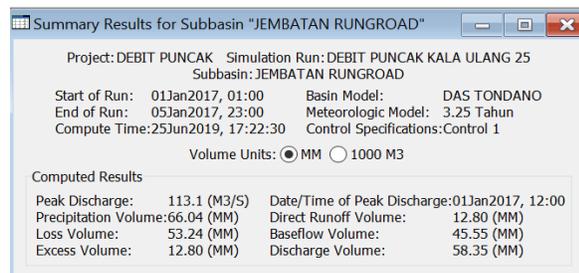
Semua parameter terkalibrasi akan digunakan sebagai parameter pada komponen sub-DAS untuk perhitungan debit banjir. Dengan data hujan rencana jam-jaman yang telah dihitung maka diperoleh hasil simulasi program komputer HEC-HMS sebagai berikut:



Gambar 6. Summary Result Kala Ulang 5 Tahun



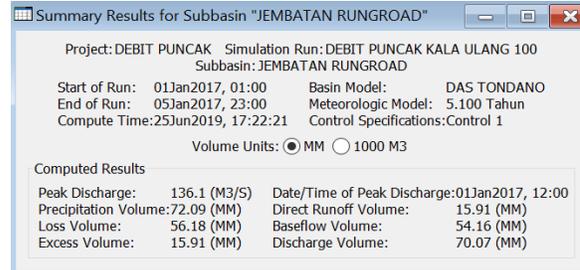
Gambar 7. Summary Result Kala Ulang 10 Tahun



Gambar 8. Summary Result Kala Ulang 25 Tahun



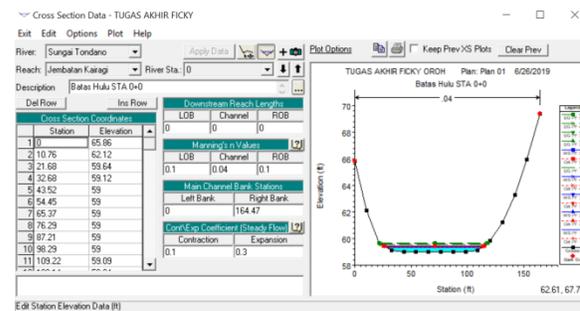
Gambar 9. Summary Result Kala Ulang 50 Tahun



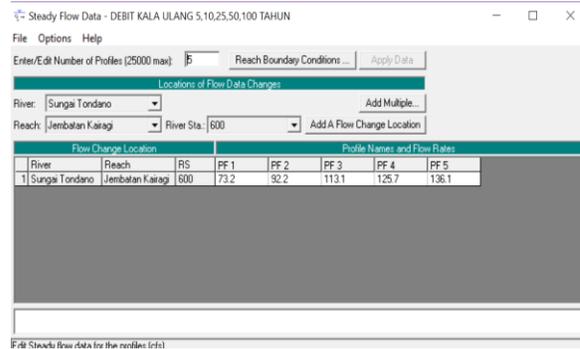
Gambar 10. Summary Result Kala Ulang 100 Tahun

### Analisis Tinggi Muka Air

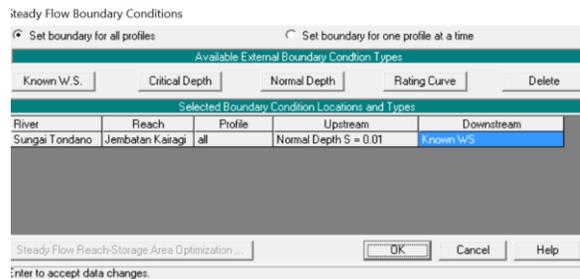
Analisis tinggi muka air menggunakan program komputer HEC-RAS membutuhkan data masukan yaitu penampang sungai, karakteristik saluran untuk nilai koefisien *n Manning*, dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng.



Gambar 10. Data Penampang Sungai



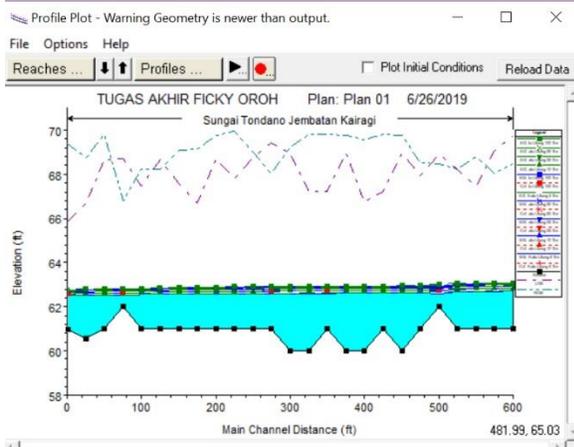
Gambar 11. Pengisian Data Debit



Gambar 12. Pengisian Reach Boundary Conditions

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

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



Gambar 14. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Tondano

## PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan, besar hujan dengan kala ulang yang panjang menghasilkan debit puncak yang besar. debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun = 73,2 m<sup>3</sup>/det, kala ulang 10 tahun = 92,2 m<sup>3</sup>/det, kala ulang 25 tahun = 113,1 m<sup>3</sup>/det, kala ulang 50 tahun = 125,7 m<sup>3</sup>/det, kala ulang 100 tahun = 136,1 m<sup>3</sup>/det. Hasil simulasi menunjukkan bahwa semua penampang Sungai Tondano yang ditinjau masih dapat 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 sungai yang ditinjau masih aman.

### Saran

Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan data hujan yang tersedia di DAS Tondano sehingga mendapat data hujan yang akurat di sekitar DAS Tondano.

## DAFTAR PUSTAKA

- .....*.Data Hujan Harian Pos Hujan Talawaan.* Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- .....*.Data Hujan Harian Pos Hujan Sawangan.* Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado
- .....*.Data Hujan Harian Pos Hujan Tikala.* Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado
- .....*.Data Hujan Harian Pos Hujan Rumengkor.* Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado
- .....*.Data Hujan Harian Pos Hujan Kakaskasen.* Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado
- .....*.Data Hujan Harian Klimatologi Paleloan.* Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado
- .....*.Data Hujan Harian Pos Hujan Noongan.* Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado
- .....*.Data Hujan Harian Pos Hujan Molompar.* Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado
- .....*.Data Debit Harian Sungai Tondano-Kairagi.* 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.

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

