

## ANALISIS DEBIT BANJIR DAN TINGGI MUKA AIR SUNGAI GIRIAN KOTA BITUNG

Scrivilly Witsly Sondak

Hanny Tangkudung, Liany Hendratta

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: [scscf100@gmail.com](mailto:scscf100@gmail.com)

### ABSTRAK

*Sungai Girian merupakan salah satu sungai yang berada di Provinsi Sulawesi Utara. Sungai Girian yang tepatnya berada di Kota Bitung ini sudah beberapa kali meluap dan membanjiri bagian hilir DAS yang merupakan pemukiman masyarakat Girian. Oleh karena itu dibutuhkan data mengenai besar debit banjir dan tinggi muka air yang dapat terjadi.*

*Analisis dilakukan dengan mencari frekuensi hujan dengan metode Log Pearson III. Adapun data hujan yang digunakan berasal dari 2 pos hujan yaitu pos hujan Pinenek dan pos hujan Talawaan. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum dari tahun 2008 s/d 2017. Setelah didapat besar hujan, dilakukan simulasi hujan aliran dengan program komputer HEC-HMS menggunakan metode HSS Soil Conservation Service dan SCS Curve Number (CN). Aliran dasar (baseflow) menggunakan metode recession dengan mengisi parameter seperti lag time, curve number, recession constant, baseflow, dan ratio to peak. Debit puncak hasil simulasi dimasukkan dalam program komputer HEC-RAS untuk simulasi tinggi muka air pada penampang yang telah diukur.*

*Hasil simulasi menunjukkan bahwa semua penampang sungai tidak dapat menampung debit sungai dimulai dari debit kala ulang 25 tahun sampai debit kala ulang 100 tahun.*

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

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Sungai perlu mendapat perhatian khusus saat musim penghujan tiba apalagi bagi daerah yang rawan akan terjadinya banjir. Kota Bitung dialiri oleh beberapa sungai, salah satunya sungai Girian. Sungai ini merupakan sungai yang rawan banjir. Daerah Aliran Sungai (DAS) Girian mengalir melewati kawasan pemukiman padat penduduk di beberapa Kelurahan pada Kecamatan Matuari dan Kecamatan Girian.

Sering terjadinya banjir di daerah ini merupakan hal yang sangat menarik untuk dikaji serta dicari solusi penanggulangannya. Ada beberapa faktor yang berpengaruh terhadap terjadinya banjir, yakni faktor perubahan tata guna lahan di Daerah Aliran Sungai (DAS), faktor perencanaan pembangunan/pengendalian banjir di sekitar DAS dan faktor hujan (tingkat kederasan, sebaran serta waktu turunnya hujan).

Untuk mengurangi resiko terjadinya kerusakan akibat banjir, dibutuhkan upaya pengendalian banjir

. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis hidrologi tentang kajian terhadap debit banjir rencana di wilayah DAS Girian, serta perlu adanya analisis kapasitas penampang Sungai Girian terhadap berbagai profil muka air banjir di sungai, dengan berbagai kala ulang dari debit banjir rencana. Dengan diketahuinya hal tersebut dapat digunakan sebagai acuan perencanaan penanggulangan banjir di bantaran Sungai Girian.

#### Rumusan Masalah

Pernah terjadi banjir di Daerah Aliran Sungai (DAS) Girian, maka perlu adanya analisis debit banjir dan tinggi muka air sungai Girian di sepanjang 200 Meter arah hulu jembatan Girian yang menjadi lokasi penelitian

#### Batasan Penelitian

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

1. Kala ulang rencana dibatasi pada 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun.
2. Analisis dihitung dengan bantuan program komputer yaitu *Hydrologic Engineering Center-*

*The Hydrologic Modeling System (HEC-HMS)* untuk analisis hidrologi dan *Hydrologic Engineering Center-River Analysis System (HEC-RAS)* untuk analisis hidrolika.

3. Penampang melintang sungai yang ditinjau sepanjang 200 meter menuju hulu dari titik awal pengukuran.

### **Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kapasitas tampung penampang Sungai Girian terhadap berbagai kala ulang banjir di sekitar Jembatan Girian

### **Manfaat Penelitian**

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

## **LANDASAN TEORI**

### **Daur Hidrologi**

Daur hidrologi atau daur air adalah sirkulasi air yang berasal dari bumi kemudian menuju ke atmosfer dan kembali lagi ke bumi yang berlangsung secara terus-menerus.

Air laut menguap karena adanya radiasi matahari, dan awan yang terjadi oleh uap air, bergerak di atas daratan berhubung didesak oleh angin. Presipitasi karena adanya tabrakan antara butir – butir uap air akibat desakan angin, dapat berbentuk hujan atau salju yang jatuh ke tanah yang membentuk limpasan (*runoff*) yang mengalir kembali ke laut. Beberapa di antaranya masuk ke tanah (infiltrasi) dan bergerak lurus terus ke bawah (perkolasi) ke dalam daerah jenuh (*saturated zone*) yang terdapat di bawah permukaan air tanah atau permukaan freatik. Air dalam daerah ini bergerak perlahan – lahan melewati akuifer masuk ke sungai atau kadang – kadang langsung ke laut. Air yang merembes ke dalam tanah (infiltrasi) memberi hidup kepada tumbuh – tumbuhan dan beberapa di antaranya naik ke atas lewat akar dan batangnya, sehingga terjadi transpirasi, yaitu evaporasi (penguapan) lewat tumbuh – tumbuhan melalui bagian bawah daun (stomata). Air yang bertahan di permukaan tanah (*surface detention*) sebagian diuapkan dan sebagian

besar mengalir masuk ke sungai – sungai kecil dan mengalir sebagai limpasan permukaan (*surface runoff*) ke dalam palung sungai.

Permukaan sungai dan danau juga mengalami penguapan (evaporasi), sehingga masih ada air yang dipindahkan menjadi uap. Akhirnya sisa air yang tidak diinfiltrasi atau diuapkan akan kembali ke laut lewat palung sungai. Air tanah jauh lebih lambat Bergeraknya, baik yang bergerak masuk ke dalam palung sungai atau yang merembes ke pantai dan masuk ke laut. Dengan demikian seluruh daur telah dijalani dan akan berulang kembali

### **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**

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

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

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**

Menurut Suwarno (dikutip dalam Mamuaya dkk., 2019), 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 table.

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.

**Analisis 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.

**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-SCS**

Hidrograf Tidak berdimensi SCS (*Soil Consevation 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  $T_p$ .

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

$$Lag\ Time = \frac{L^{0,8} (2540 - 22,86\ CN)^{0,7}}{14,104\ CN \times s^{0,5}}$$

$$Waktu\ Naik = \frac{tr}{2} + t_p$$

$$Time\ base\ (t_b) = 5 \times T_p$$

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

Dengan *CN* adalah *Curve Number* yang dapat memperhitungkan total hujan untuk berbagai karakteristik DAS dengan tipe tanah dan tata guna lahan yang berbeda (Supit, 2013).

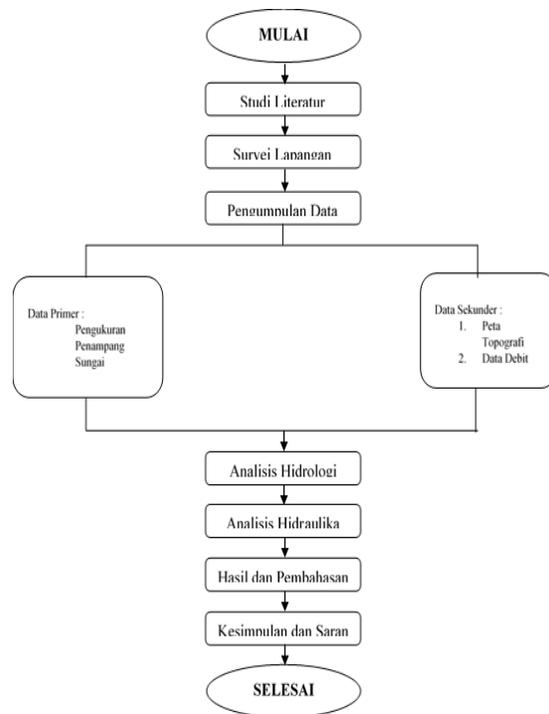
**Analisis Hidraulika**

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.

**METODOLOGI PENELITIAN**

Tahapan pelaksanaan penelitian :



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan di DAS Girian (Pororoson) diambil dari data curah hujan harian maksimum tahun 2008-2017, pos hujan yang digunakan yaitu pos hujan Talawaan dan pos hujan Pinenek.

Tabel 1. Curah Hujan Harian Maksimum.

Tahun	Stasiun Pengukur Hujan	
	Talawaan	Pinenek
2008	161	71,9
2009	106	78,1
2010	-	83
2011	141,5	75,8
2012	118	121,2
2013	94	117,3
2014	94	69,5
2015	131	151,5
2016	151	68,1
2017	183	265,5

### 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 perhitungan *outlier* tinggi = 244,405 maka perlu dilakukan koreksi data pada tahun 2017 dimana hujan tertinggi yaitu 265,5.

$$\begin{aligned} \log x_h &= \overline{\log x} + Kn \cdot S_{\log} = 1,998 + 2,037 \times \\ &0,191 = 2,388 \\ x_h &= 244,4058041 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan *outlier* rendah = 40,550 masih lebih rendah dari hujan terendah yaitu 68,1.

### Analisis Curah Hujan Rerata

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*.



Gambar 2. Poligon *Thiessen* DAS Girian

Tabel 2. Curah Hujan Rerata

Tahun	$\bar{R}$
2008	97,844
2009	86,223
2010	83
2011	94,93
2012	120,268
2013	110,515
2014	76,633
2015	145,53
2016	92,23
2017	226,52

### 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	$Cs = 0$	2,132	Tidak Memenuhi
	$Ck = 3$	8,427	Tidak Memenuhi
Log Normal	$Cs = Cv^3 + 3 \cdot Cv = 1,29$	2,132	Tidak Memenuhi
	$Ck = Cv^3 + 6Cv^2 + 15Cv + 16Cv^2 + 3 = 3,860$	8,427	Tidak Memenuhi
Gumbel	$Cs = 1,14$	2,312	Tidak Memenuhi
	$Ck = 5,40$	8,427	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.

Tabel 4. Hujan Rencana Tiap Kala Ulang

Pola	Kala Ulang	Log Xn	Xn
	2 Tahun	1,997	99,34
	5 Tahun	2,120	134,134
	10 Tahun	2,21	165,25
	25 Tahun	2,33	215,27
	50 Tahun	2,41	261,51
	100 Tahun	2,5	316,69

**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.

Tabel 5. Distribusi Hujan Rencana untuk Setiap Kala Ulang

Kala Ulang	Besaran Hujan Jam Ke -							
	1	2	3	4	5	6	7	8
2 Tahun	53,6436	21,8548	7,9472	5,9604	2,9802	0,9934	2,9802	2,9802
5 Tahun	72,43236	29,50948	10,73072	8,04804	4,02402	1,34134	4,02402	4,02402
10 Tahun	89,235	36,355	13,22	9,915	4,9575	1,6525	4,9575	4,9575
25 Tahun	116,2458	47,3594	17,2216	12,9162	6,4581	2,1527	6,4581	6,4581
50 Tahun	141,2154	57,5322	20,9208	15,6906	7,8453	2,6151	7,8453	7,8453
100 Tahun	171,0126	69,6718	25,3352	19,0014	9,5007	3,1669	9,5007	9,5007

**Perhitungan Nilai SCS Curve Number**

Tabel 6. Perhitungan nilai CN DAS Girian

No	Jenis Tutup Lahan	Luas	%	CN Tiap Lahan	CN
1	Tegalan/Ladang	14,13	12,941	88	11,38808
3	Hutan Alam	84,75	77,617	77	59,76509
4	Pemukiman	10,31	9,442	81	7,64802
Total					78,80119

Nilai CN rata-rata untuk DAS Girian adalah 78,801.

**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.

Tabel 7. Data Debit Sungai Girian Tahun 2015

Bulan/Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	7,087	0,654	5,574	2,451	1,048	1,730	1,575	1,106	1,048	1,106	1,430	2,161
2	5,574	0,654	5,930	2,351	1,106	1,811	1,575	1,106	1,048	1,167	1,652	2,070
3	4,906	0,574	5,930	2,658	1,430	1,895	1,575	1,167	1,106	1,430	1,652	0,886
4	4,293	45,999	5,930	2,658	1,501	1,981	0,992	1,106	1,106	1,652	1,652	1,730
5	3,869	76,652	5,930	2,766	1,430	1,981	0,992	1,048	1,106	1,652	1,575	2,161
6	4,441	65,269	5,930	2,766	1,294	1,981	0,938	1,048	1,229	1,652	1,361	2,351
7	4,293	47,436	5,930	2,070	1,501	1,652	0,938	0,992	1,106	1,575	1,430	2,451
8	4,441	47,436	5,930	1,652	1,652	1,048	0,992	0,992	1,106	1,575	1,575	2,161
9	10,351	5,574	5,930	1,811	1,652	1,575	1,106	0,992	1,106	1,501	1,501	2,351
10	8,385	5,930	5,930	1,895	1,652	1,294	1,167	0,886	1,106	1,575	1,981	2,255
11	12,905	6,686	5,930	2,255	1,811	1,048	1,167	0,938	1,106	1,652	2,070	2,255
12	8,616	6,686	5,930	2,553	1,895	1,361	1,167	0,938	1,106	1,811	2,351	2,161
13	6,491	6,686	3,106	2,658	1,981	1,048	1,229	0,992	1,106	1,730	2,351	1,811
14	5,401	6,884	2,070	2,658	1,652	1,229	1,167	0,992	1,106	1,652	2,351	2,161
15	5,574	7,087	2,658	2,070	1,501	1,501	1,167	0,992	1,106	1,575	1,501	3,226
16	4,747	6,884	2,658	1,981	1,501	1,575	1,229	0,992	1,106	1,652	2,070	2,990
17	5,067	6,686	2,553	2,451	1,652	1,652	1,229	1,048	1,106	1,652	2,070	2,451
18	5,401	6,300	2,658	2,553	1,652	1,730	1,229	1,048	1,106	1,652	2,070	2,351
19	5,574	3,869	2,658	2,658	1,652	1,730	1,229	1,048	1,106	1,730	1,811	2,161
20	5,067	4,747	2,658	2,658	1,730	1,811	1,229	0,992	1,106	1,730	1,811	3,734
21	4,441	5,401	2,876	2,658	1,811	1,811	1,229	0,992	1,106	1,730	1,501	2,451
22	3,348	5,750	3,226	2,876	1,811	1,981	1,167	1,048	1,048	1,811	1,730	2,161
23	1,048	5,750	3,106	3,474	1,895	1,981	0,886	1,048	1,048	1,811	1,652	2,161
24	0,886	5,750	3,348	3,602	1,981	1,895	0,938	0,697	1,048	1,811	2,351	2,070
25	0,836	5,574	3,348	3,474	2,161	1,811	0,992	1,106	1,106	1,811	1,730	1,652
26	0,741	5,750	2,070	2,876	2,351	2,070	0,992	1,106	1,106	1,575	1,229	1,652
27	0,697	5,401	2,451	2,451	2,161	2,070	0,992	1,106	1,106	1,575	1,048	1,652
28	0,886	5,574	2,451	1,294	2,255	1,730	1,048	1,167	1,106	1,501	1,575	1,652
29	0,836		2,451	0,403	2,070	1,575	0,992	1,106	1,106	1,501	1,730	1,811
30	0,741		2,070	0,992	1,981	1,501	1,106	1,106	1,106	1,361	2,070	1,981
31	0,697		2,255		1,811		1,106	1,048		1,501		1,895
Rata - Rata ( m³/dt)	4,440	14,416	3,918	2,389	1,728	1,669	1,140	1,031	1,101	1,604	1,763	2,162

Karena data debit rata-rata merupakan debit pada pos pengukuran tinggi muka air, maka dilakukan analisis regional untuk mendapatkan besar debit pada titik control lokasi penelitian sungai Girian.

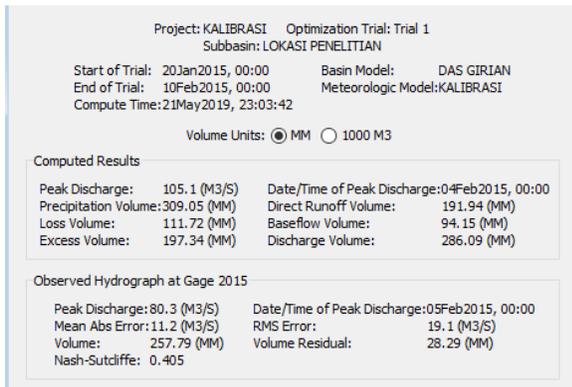
Luas AWRL Girian = 104,2 km<sup>2</sup>

Luas DAS lokasi Penelitian = 109,19 km<sup>2</sup>

Dengan perbandingan luas DAS didapat besar debit pada lokasi penelitian.

$$\frac{3.13 \times 109.19}{104.2} = 3.262 \text{ m}^3/\text{s}$$

Setelah dilakukan analisis regional, kita masukan parameter-parameter untuk menjalankan kalibrasi yang sudah dibuat. Berikut adalah rangkuman hasil kalibrasi.

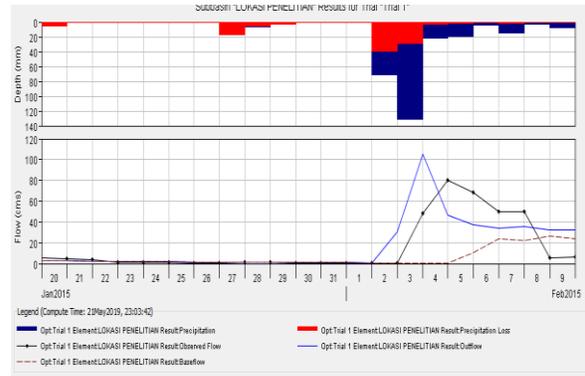


Gambar 3. Rangkuman Hasil Kalibrasi

Project: KALIBRASI Optimization Trial: Trial 1  
Start of Trial: 20Jan2015, 00:00 Basin Model: DAS GIRIAN  
End of Trial: 10Feb2015, 00:00 Meteorologic Model: KALIBRASI  
Compute Time: 21May2019, 23:03:42

Element	Parameter	Units	Initial Value	Optimized Value	Objective Func... Sensitivity
LOKASI PEN...	Recession - Initial ...	M3/S	3.26	3.0069	-0.00
LOKASI PEN...	Recession - Ratio t...		0.25	0.38046	-0.22
LOKASI PEN...	Recession - Reces...		0.9	0.90405	-0.16
LOKASI PEN...	SCS Unit Hydrogra...	MIN	168.95	168.95	0.00
LOKASI PEN...	SCS Curve Number...		78.801	67.041	0.45

Gambar 4. Parameter Hasil Kalibrasi DAS Girian



Gambar 5. Grafik Debit Hasil Hitungan dan Debit Terukur

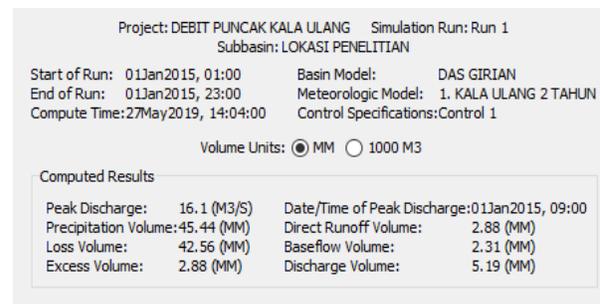
Hasil kalibrasi menunjukkan nilai NSE yang memenuhi yaitu 0,405, dimana kriteria NSE adalah sebagai berikut ;

Tabel 8. Kriteria Nilai *Nash Sutcliffe Efficiency*

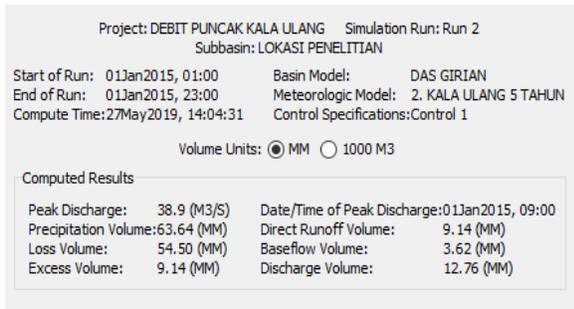
<b>NSE &gt; 0,75</b>	Baik
<b>0,36 &lt; NSE &lt; 0,75</b>	Memenuhi
<b>NSE &lt; 0,36</b>	Tidak Memenuhi

### 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 2 Tahun



Gambar 7. Summary Result Kala Ulang 5 Tahun



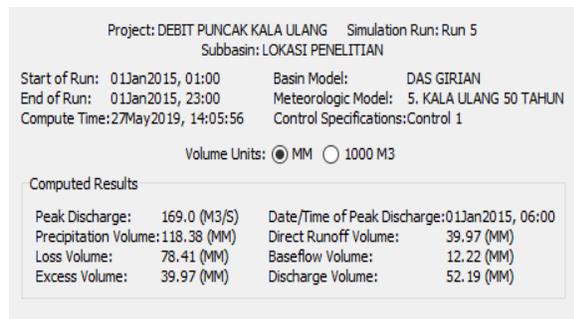
Gambar 11. Summary Result Kala Ulang 100 Tahun



Gambar 8. Summary Result Kala Ulang 10 Tahun



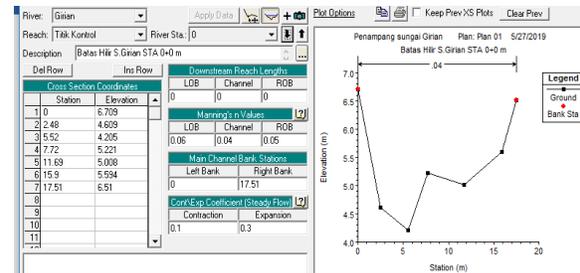
Gambar 9. Summary Result Kala Ulang 25 Tahun



Gambar 10. Summary Result Kala Ulang 50 Tahun

### Analisis Tinggi Muka Air

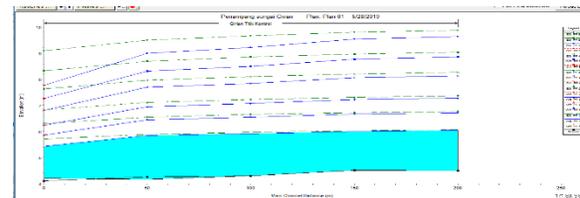
Analisis tinggi muka air menggunakan program komputer HEC-RAS membutuhkan data masukan yaitu penampang sungai, karakteristik saluran untuk nilai koefisien *n Manning*, dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng.



Gambar 12. Data Penampang Sungai

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

Hasil simulasi tinggi muka air menunjukkan semua penampang Sungai Girian yang ditinjau masih mampu menampung debit banjir dengan kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun.



Gambar 13. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Girian

## PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan, besaran hujan dengan kala ulang yang panjang menghasilkan debit puncak yang besar. Hal ini dapat dipengaruhi oleh karakteristik dalam DAS Girian seperti koefisien penutup lahan dan kelambatan waktu di dalam DAS.

Hasil simulasi tinggi muka air menunjukkan pada kala ulang 2 tahun penampang 0 + 150 tidak mampu menampung debit banjir dan cenderung

meluap pada bantaran kanan sungai.. Untuk kala ulang 5 tahun sta 0 + 150 dan sta 0 + 200 tidak mampu menampung banjir dan terjadi luapan pada bantaran bagian kanan sungai. Sedangkan Untuk kala ulang 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun seluruh penampang tidak dapat menampung besar debit banjir yang terjadi.

### Saran

Perlu ditambahkan tanggul penahan pada daerah tinjauan agar tidak terjadi luapan pada bantaran kanan sungai.

## DAFTAR PUSTAKA

- Billy Kapantow. 2017, Tiny Mananoma, Jeffry S.F Sumarauw. *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
- BWSS I, Data Hujan Harian Pos Pinenek dan Pos Talawaan, Balai Wilayah Sungai Sulawesi I, Manado
- Cindy Jeane Supit Jeffry Dantje Mamoto., *Prediksi Perubahan Karakteristik Hidrologi Akibat Perubahan Penggunaan Lahan Sebagai Usaha Mitigasi Banjir Di Manado*, Tekno Vol.14/No.66/Desember 2016 Issn : 0215-9617
- Harto, S. 1993. *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- 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.
- 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.
- 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.
- Sumarauw, Jeffry. 2017. *Analisis Frekuensi Hujan*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sumarauw, Jeffry. 2017. *Hidrograf Satuan Sintetis*. Bahan Ajar Mahasiswa, 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.

