

ANALISIS KAPASITAS PENAMPANG SUNGAI TINGKULU DI KECAMATAN TIKALA KOTA MANADO

Philips Alexander Meruntu

Jeffrey S. F. Sumarauw, Tiny Mananoma

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: philipsmeruntu@gmail.com

ABSTRAK

Sungai Tingkulu merupakan salah satu sungai di Kota Manado yang pernah meluap dan membanjiri beberapa daerah yang dilewatinya yang mengakibatkan kerugian bagi warga yang tinggal disekitar sungai maupun pengguna jalan raya. Oleh karena itu dalam mengantisipasi banjir yang kemungkinan akan terjadi kelak, dibutuhkan data mengenai kapasitas penampang sungai Tingkulu.

Analisis dilakukan dengan mencari frekuensi hujan dengan metode Log Pearson III. Data hujan diambil dari pos hujan Tikala-Sawangan. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum dari tahun 2008 s/d 2017. Setelah didapat besar hujan, 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. Dilakukan kalibrasi parameter HSS SCS sebelum melakukan simulasi debit banjir dengan menggunakan program komputer HEC-HMS. 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 kalibrasi menunjukkan nilai Nash Sutcliffe Efficiency yang baik yaitu 0,911. Kemudian dilakukan analisis debit banjir dengan parameter terkalibrasi menggunakan program komputer HEC-HMS. Setelah itu didapat debit puncak hasil simulasi setiap kala ulang dan kemudian dimasukkan dalam program komputer HEC-RAS untuk simulasi tinggi muka air pada penampang yang telah diukur.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa semua penampang sungai Tingkulu yang ditinjau, sudah tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun.

Kata kunci : *Banjir, Kapasitas Penampang Sungai, Tinggi Muka Air, HEC-HMS, HEC-RAS.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sungai Tingkulu adalah sungai yang arah alirannya melewati beberapa kelurahan yang terletak di kecamatan Tikala kota Manado. Hulu sungai Tingkulu berada di sebelah selatan kelurahan Telingtingkulu. Pada setiap musim penghujan sungai Tingkulu meluap pada titik yang berada di kelurahan Paal 4 lingkungan 1. Luapan air dari sungai Tingkulu menyebabkan terjadinya banjir dan menimbulkan kerugian bagi warga yang tinggal disekitar sungai maupun pengguna jalan raya.

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

Rumusan Masalah

Sungai Tingkulu sering mengalami banjir namun belum memiliki data kapasitas tampung penampang sungai, sebagai acuan untuk melakukan pengendalian banjir.

Batasan Penelitian

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

1. Data hujan yang digunakan adalah data hujan harian maksimum.
2. Kala ulang rencana dibatasi pada 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun.
3. 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 hidraulika.
4. Penampang melintang sungai yang ditinjau adalah sepanjang 200 meter menuju hulu dari

titik awal pengukuran yaitu di sekitar jembatan Tingkulu di kelurahan Paal 4 Lingkungan 1 yang terbagi atas 8 segmen.

Tujuan Penelitian

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

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 Tingkulu.

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 diper-timbangkan 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.

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. 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 penelitian 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 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.

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

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

$$\begin{aligned} \text{Time base } (t_b) &= 5 \times T_p \\ q_p &= \frac{CA}{T_p} \end{aligned}$$

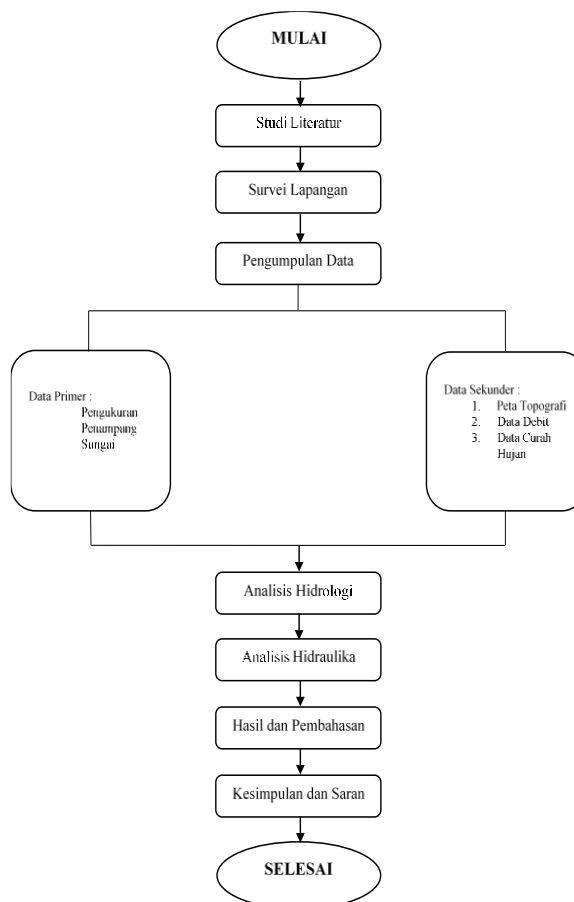
Analisis Hidrolika

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.

METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan pelaksanaan penelitian :

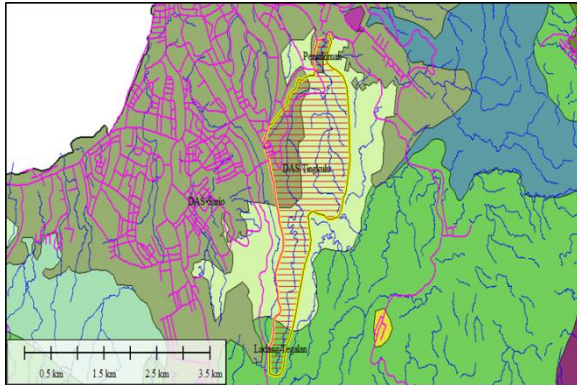


Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

ANALISIS, HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Daerah Aliran Sungai

Analisis daerah aliran sungai (DAS) dilakukan untuk mengetahui luas DAS Tingkulu. Perhitungan luas DAS dilakukan dengan bantuan program komputer Global Mapper dengan menggunakan data SIG yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi-I. Sehingga diperoleh luas DAS Tingkulu sebesar 3,726 Km².



Gambar 2. Gambar DAS Tingkulu
Sumber: Global Mapper, Data SIG BWSS-I.

Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan di DAS Tingkulu 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 yang digunakan sebanyak 1 Pos Hujan MRG Tikala-Sawangan. Berikut merupakan data hujan harian maksimum dari tahun 2008 sampai 2017.

Tabel 1. Curah Hujan Harian Maksimum

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
	MRG Tikala-Sawangan
2008	130,8
2009	100,3
2010	123
2011	120,3
2012	110
2013	180,4
2014	170,7
2015	90
2016	90,7
2017	180

Sumber: BWSS-1.

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.

Uji data outlier mempunyai 3 syarat, yaitu:

1. Jika $Cs_{log} \geq 0,4$ maka: uji outlier tinggi, koreksi data, uji outlier rendah, koreksi data.
2. Jika $Cs_{log} \leq -0,4$ maka: uji outlier rendah, koreksi data, uji outlier tinggi, koreksi data.
3. Jika $-0,4 < Cs_{log} < 0,4$ maka : uji outlier tinggi atau rendah, koreksi data. 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 Cs_{log} 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 Cs_{log} 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 Tikala-Sawangan. 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.

Tabel 2. Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	$C_s = 0$	0,5430	Tidak Memenuhi
	$C_k = 3$	2,7346	Tidak Memenuhi
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3 \cdot C_v = 0,8392$	0,5430	Tidak Memenuhi
	$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3 = 4,2778$	2,7346	Tidak Memenuhi
Gumbel	$C_s = 1.14$	0,5430	Tidak Memenuhi
	$C_k = 5.40$	2,7346	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Bila tidak ada parameter statistik yang sesuai dengan ketentuan distribusi sebelumnya	-	Memenuhi

Sumber: Analisis Data

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	90	1,95424	-0,144263936	0,020812083	-0,003002433
2	90,7	1,57607	-0,140899159	0,019852573	-0,002797211
3	100,3	2,00130	-0,097205513	0,009448912	-0,000918486
4	110	2,04139	-0,057113761	0,003261982	-0,000186304
5	120,3	2,08026	-0,018240818	0,000332727	-6,06922E-06
6	123	2,08990	-0,008601334	7,3983E-05	-6,36352E-07
7	130,8	2,11660	0,018101298	0,000327657	5,93102E-06
8	170,7	2,23223	0,133727075	0,017882931	0,002391432
9	180	2,25527	0,156766059	0,024575597	0,00385262
10	180,4	2,25623	0,157730088	0,024878781	0,003924132
Σ		20,9850	-8,88178E-16	0,121447226	0,003262975

Sumber: Analisis Data

Rata-rata hitung:

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i$$

$$= \frac{1}{10} \times 20,98506 = 2,098506$$

Simpangan Baku:

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

$$= \sqrt{\frac{0,121447226}{10-1}} = 0,116164$$

Koefisien *Skewness* (Kemencengan):

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

$$= \frac{10}{(10-1)(10-2) \cdot 0,116164^3} \times 0,003262975$$

$$= 0,28911034 \text{ (Kemencengan Positif)}$$

Faktor frekuensi K untuk tiap kala ulang terdapat pada tabel nilai K_T untuk kemencengan positif 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	: 0,824653
10 Tahun	: 1,308129
25 Tahun	: 1,845624
50 Tahun	: 2,205337
100 Tahun	: 2,536159

Tabel 4. Hujan Rencana Tiap Kala Ulang

Kala Ulang (TR)	Log X _{TR}	X _{TR}
5 Tahun	2,194302	156,4234 mm
10 Tahun	2,250464	178,0181 mm
25 Tahun	2,312902	205,5427 mm
50 Tahun	2,354688	226,3017 mm
100 Tahun	2,393118	247,2393 mm

Sumber: Analisis Data

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 Manado dan sekitarnya.

Tabel 5. Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang 5 Tahun

Jam ke -	1	2	3	4	5	6	7	8
% distribusi hujan	54	22	8	6	3	1	3	3
P (mm)	84,47	34,41	12,51	9,39	4,69	1,56	4,69	4,69

Tabel 6. Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang 10 Tahun

Jam ke -	1	2	3	4	5	6	7	8
% distribusi hujan	54	22	8	6	3	1	3	3
P (mm)	96,13	39,16	14,24	10,68	5,34	1,78	5,34	5,34

Tabel 7. Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang 25 Tahun

Jam ke -	1	2	3	4	5	6	7	8
% distribusi hujan	54	22	8	6	3	1	3	3
P (mm)	110,9	45,22	16,44	12,33	6,17	2,06	6,17	6,17

Tabel 8. Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang 50 Tahun

Jam ke -	1	2	3	4	5	6	7	8
% distribusi hujan	54	22	8	6	3	1	3	3
P (mm)	122,2	49,79	18,10	13,58	6,79	2,26	6,79	6,79

Tabel 9. Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang 100 Tahun

Jam ke -	1	2	3	4	5	6	7	8
% distribusi hujan	54	22	8	6	3	1	3	3
P (mm)	133,5	54,39	19,78	14,83	7,42	2,47	7,42	7,42

Perhitungan Nilai SCS Curve Number

Tabel 10. Perhitungan nilai CN DAS Tingkulu

Jenis Tutup Lahan	Luas (km ²)	Persentase (%)	CN Tiap Lahan	CN
Pemukiman (38% kedap air)	0,9893	26,55	75	19,9125
Tanah yang diolah dan ditanami (tanpa konservasi)	0,2101	5,64	71	4,0044
Hutan (tanaman jarang, penutupan jelek)	2,5266	67,81	66	44,7546
Total	3,726	100	-	68,6715

Nilai CN rata-rata untuk DAS Tingkulu adalah 68,6715.

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*.

Pertama, akan dihitung asumsi *lag time* awal dari DAS Tingkulu dengan data parameter DAS sebagai berikut:

- L = 12,139 km.
- s = 0,003789 m/m.
- n = 0,076

Perhitungan dilakukan dengan persamaan berikut:

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

$$= \frac{0,606(12,14 \cdot 0,076)^{0,467}}{0,003789^{0,234}}$$

$$= 2,151632 \text{ jam}$$

$$T_1 = 0,6 \cdot T_c$$

$$= 0,6 \cdot 2,151632$$

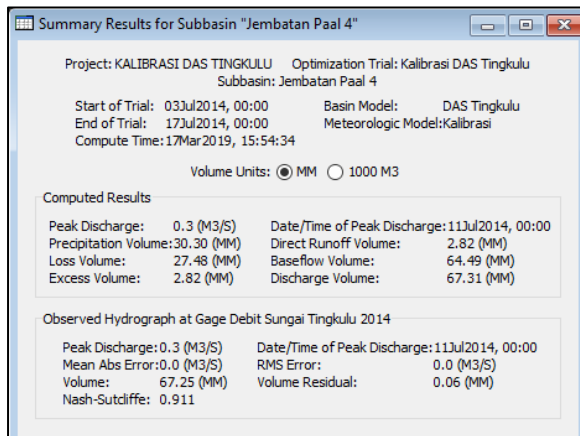
$$= 1,290979 \text{ jam}$$

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.

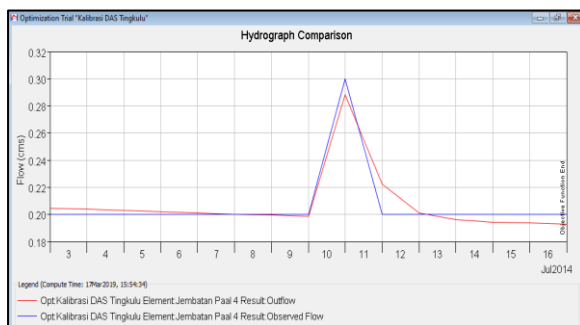
Data hujan dan data debit dimasukkan ke komponen Time-Series Data. Data hujan dan data debit yang digunakan adalah data tahun 2014, dengan waktu mulai pada 3 Juli 2014 dan waktu selesai 17 Juli 2014. Data debit yang digunakan adalah data debit perbandingan sungai Talawaan dengan menggunakan metode analisis regional.



Gambar 3. Rangkuman Hasil Kalibrasi

Element	Parameter	Units	Initial Value	Optimized Value	Objective Function Sensitivity
Jembatan Paal 4	Recession - Initial Discharge	M3/S	0.22909	0.20465	-0.18
Jembatan Paal 4	Recession - Ratio to Peak		1	0.50000	0.00
Jembatan Paal 4	Recession - Recession Constant		66.6715	0.99574	-27.99
Jembatan Paal 4	SCS Curve Number - Curve Number		77.459	77.770	-9.26
Jembatan Paal 4	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	77.459	77.459	0.00

Gambar 4. Parameter Teroptimasi Hasil Kalibrasi DAS Tinkulu



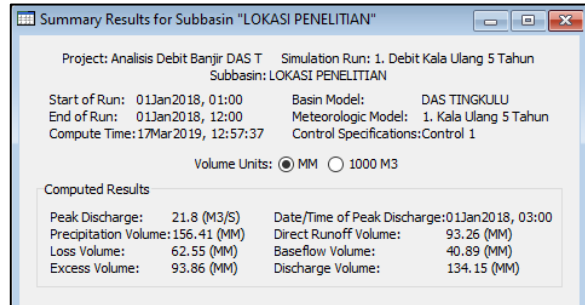
Gambar 5. Grafik Perbandingan Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur

Simulasi Debit Banjir dengan Program Komputer HEC-HMS

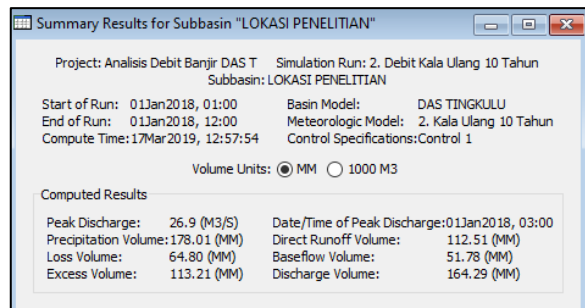
Setelah kalibrasi, semua parameter terkalibrasi akan digunakan sebagai parameter

pada komponen sub-DAS untuk perhitungan debit banjir.

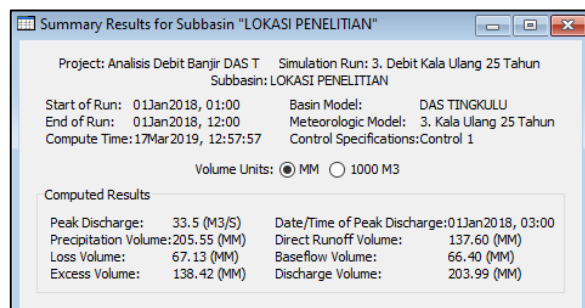
Dengan data hujan rencana jam-jaman yang telah dihitung maka diperoleh hasil simulasi program komputer HEC-HMS sebagai berikut:



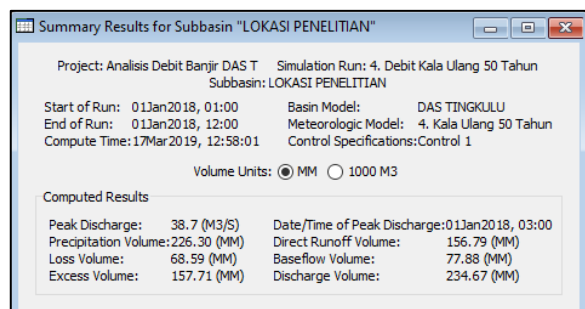
Gambar 6. Summary Result Kala Ulang 5 Tahun



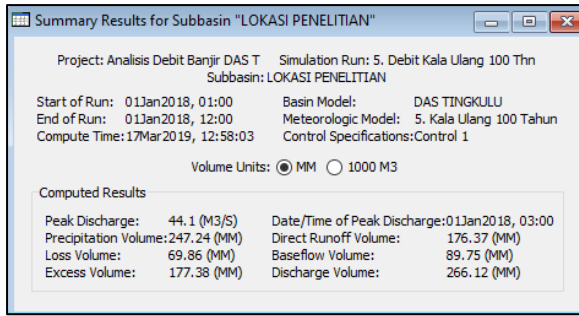
Gambar 7. Summary Result Kala Ulang 10 Tahun



Gambar 8. Summary Result Kala Ulang 25 Tahun



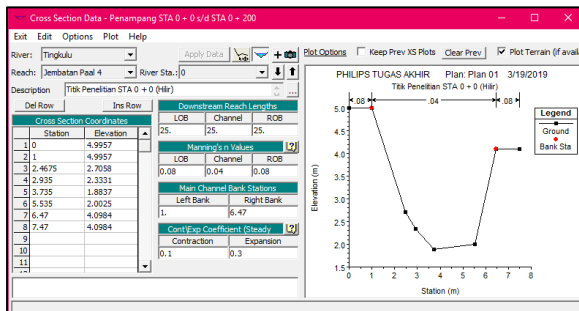
Gambar 9. Summary Result Kala Ulang 50 Tahun



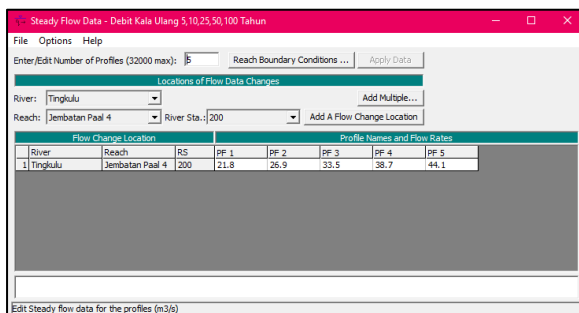
Gambar 10. Summary Result Kala Ulang 100 Tahun

Analisis Tinggi Muka Air

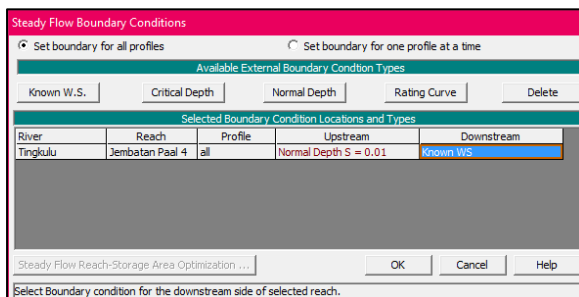
Analisis tinggi muka air menggunakan program komputer HEC-RAS membutuhkan data masukan yaitu penampang sungai, karakteristik saluran untuk nilai koefisien n Manning, dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng (*Steady Flow*).



Gambar 11. Memasukkan Data Penampang Sungai



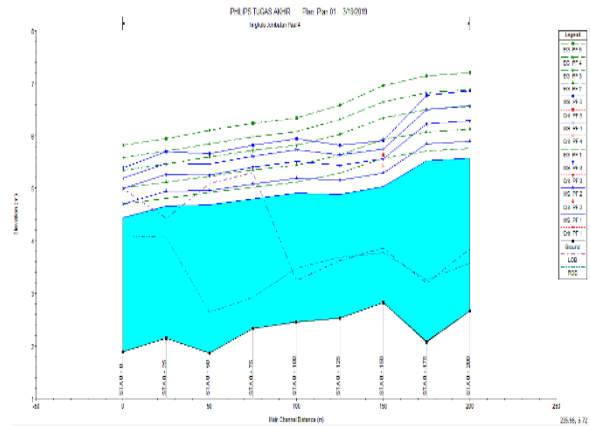
Gambar 12. Pengisian Data Debit



Gambar 13. Pengisian Reach Boundary Conditions

Simulasi Tinggi Muka Air Dengan Program Komputer HEC-RAS

Hasil simulasi menunjukkan bahwa semua penampang sungai Tingkulu yang ditinjau, sudah tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun.



Gambar 14. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Tingkulu

PENUTUP

Kesimpulan

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

Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada semua penampang sungai Tingkulu yang ditinjau, sudah tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun.

Saran

Perlu dibuatkan tanggul terutama disepanjang penampang sungai yang di ukur agar tidak terjadi luapan. Perlu dilakukan pengerukan dasar sungai dari endapan sedimen karena mempengaruhi kapasitas tampungan. Perlu menjaga kebersihan sungai dari sampah.

DAFTAR PUSTAKA

- _____. *Data Hujan Harian Pos Hujan Tikala-Sawangan*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- _____. *Data Debit Harian Sungai Talawaan*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- _____. 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.
- _____. 2016. *HEC-RAS 5.0 User Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- 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.
- 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.
- Ginting, Segel Hendrycus. 2014. *Pemodelan Hidrologi Dengan Modelling System (HEC-HMS)*. Development Technical Assistance 7849-INO: Water Resources and River Basin Management, Bekasi.
- 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.
- Sherman, L. K., 1932. *Streamflow From Rainfall By Unitgraf Method*, Engineering News Records.
- Soewarno, 1991. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*. Nova, Bandung.
- Sumarauw, Jeffry S.F., 2013. *Hujan*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sumarauw, Jeffry S.F., 2017. *Analisis Frekwensi Hujan*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sumarauw, Jeffry S.F., 2017. *Hidrograf Satuan Sintetis*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sumarauw, Jeffry S.F., 2018. *HEC-HMS*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Talumepa, Marcio Yosua., Lambertus Tanudjaja, Jeffry S. F. Sumarauw. 2017. *Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Sangkub Kabupaten Bolaang Mongondow Utara*. Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.10 Desember 2017 (699-710) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Tanudjaja, Lambertus. 1991. *Analisis Aliran Di Saluran Terbuka Dengan Metode Elemen Hingga*. Tesis S2 Teknik Sumberdaya Air, Institut Teknologi Bandung, Bandung.