

# ANALISIS DEBIT BANJIR DAN TINGGI MUKA AIR SUNGAI TEMBRAN DI KABUPATEN MINAHASA UTARA

Kivani Nadia

Tiny Mananoma, Hanny Tangkudung

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: [kivani.sumarauw@gmail.com](mailto:kivani.sumarauw@gmail.com)

## ABSTRAK

*Sungai Tembran di Kabupaten Minahasa Utara, melewati Desa Suwaan, Kecamatan Kalawat. Sungai Tembran juga melintasi kawasan pembangunan jembatan yang merupakan bagian dari jalan Tol Manado-Bitung, sehingga diperlukan perhitungan debit banjir dan elevasi tinggi muka air yang nantinya akan diperlukan pada perencanaan struktur jembatan tersebut.*

*Analisis debit banjir dan elevasi tinggi muka air dilakukan dengan mencari frekuensi hujan dengan menggunakan metode Log Pearson III. Data hujan yang digunakan berasal dari dua pos hujan, yaitu pos hujan Kaleosan dan pos hujan Talawaan. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum selama 10 tahun, yaitu dari tahun 2008 s/d 2017. Setelah diperoleh besaran curah hujan, pemodelan hujan aliran pada program komputer HEC-HMS menggunakan metode HSS Soil Conservation Services, dan untuk kehilangan air dengan SCS Curve Number (CN). Aliran dasar (baseflow) menggunakan metode recession. Dilakukan kalibrasi parameter HSS SCS sebelum melakukan simulasi debit banjir dengan menggunakan uji koefisien determinasi ( $r^2$ ). Dalam kalibrasi ini, parameter yang akan dikalibrasi adalah lag time, curve number, recession constant, baseflow dan ratio to peak. Batasan setiap parameter disesuaikan dengan nilai standar pada program komputer HEC-HMS. Hasil uji koefisien determinasi ( $r^2$ ) menunjukkan nilai 0,852. Analisis debit banjir dilakukan dengan parameter terkalibrasi menggunakan program komputer HEC-HMS. Debit puncak hasil simulasi setiap kala ulang dimasukkan dalam program komputer HEC-RAS untuk simulasi tinggi muka air pada penampang yang telah diukur.*

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

**Kata kunci:** *Sungai Tembran, Debit Banjir, Tinggi Muka Air, HEC-HMS, HEC-RAS.*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Sungai Tembran merupakan sungai yang melewati Desa Suwaan, Kabupaten Minahasa Utara, di mana akan dibangun jembatan sebagai bagian dari jalan Tol Manado-Bitung. Pembangunan jembatan tersebut memerlukan perhitungan debit banjir rencana dan elevasi tinggi muka air yang nantinya akan berpengaruh terhadap perencanaan struktur jembatan tersebut. Untuk perencanaan pengendalian banjir, diperlukan analisis hidrologi guna mengetahui besaran debit banjir dan analisis hidraulika untuk prediksi tinggi muka air saat terjadi banjir di Sungai Tembran dengan kala ulang tertentu.

### Rumusan Masalah

Terkait letak Sungai Tembran yang melewati pembangunan jembatan di kawasan jalan Tol Manado-Bitung di Desa Suwaan, maka perlu mengetahui besarnya debit banjir dan elevasi

tinggi muka air yang nantinya akan berpengaruh terhadap perencanaan struktur jembatan tersebut.

### Batasan Penelitian

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

1. Titik kontrol DAS di kawasan pembangunan jembatan sebagai bagian dari jalan Tol Manado-Bitung di Desa Suwaan.
2. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum.
3. Kala ulang rencana dibatasi pada 5, 10, 50 dan 100 tahun.
4. Analisis dihitung menggunakan bantuan program komputer. Analisis hidrologi menggunakan program HEC-HMS untuk mendapatkan besaran debit banjir rencana dan analisis hidraulika menggunakan HEC-RAS untuk mendapatkan tinggi muka air.
5. Penampang melintang sungai yang ditinjau yaitu sepanjang 200 meter (50 meter sebelah hulu jembatan dan 150 meter sebelah hilir

jembatan) dengan jarak antar segmen 25 meter.

### **Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui debit banjir dan tinggi muka air Sungai Tembran di Desa Suwaan dengan berbagai kala ulang.

### **Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam penanggulangan banjir di Sungai Tembran sehingga bisa mengurangi kerugian dan dampak buruk yang akan ditimbulkan oleh banjir.

## **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. Sebagian air hujan yang sampai ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan sebagian lainnya mengalir di atas permukaan tanah (aliran permukaan atau *surface runoff*) mengisi cekungan tanah, danau, dan masuk ke sungai dan akhirnya mengalir ke laut. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir ke dalam 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 (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.

### **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 (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.

### **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 Triatmodjo (2008), 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  
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.
2. Distribusi Log-Normal  
Distribusi log normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, yaitu yang mengubah nilai varian X menjadi nilai logaritmik varian X.
3. Distribusi Gumbel  
Distribusi Gumbel atau disebut juga distribusi ekstrem tipe I (*extreme type I distribution*).
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.

**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  $C_k$ .

**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 Consevation Services*) adalah hidrograf satuan sintesis dimana debit dinyatakan sebagai nisbah debit  $q$  terhadap debit puncak  $q_p$  dan waktu dalam nisbah waktu  $t$  terhadap waktu naik dari hidrograf satuan  $T_p$ .

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

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

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

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

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

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).

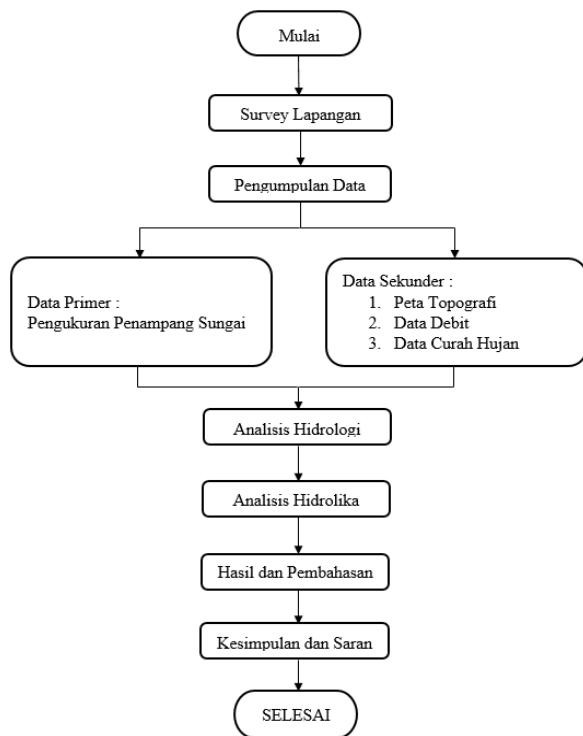
**Analisis Hidraulika**

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:

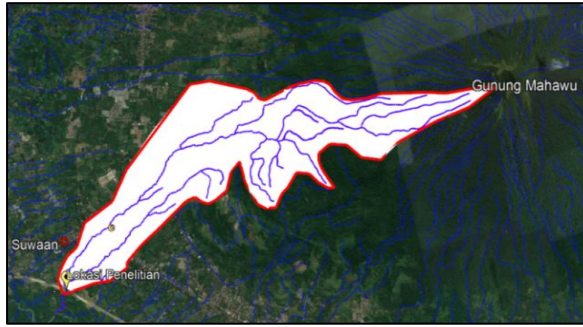


Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

**ANALISIS, HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Analisis Daerah Aliran Sungai**

Analisis daerah aliran sungai (DAS) dilakukan untuk mengetahui luas DAS Tembran. 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 11,89 Km<sup>2</sup>.



Gambar 2. Gambar DAS Tembran  
Sumber: Google Earth, Data BWSS I

**Analisis Curah Hujan**

Analisis curah hujan di DAS Tembran 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 2 pos 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

Sumber: Balai Wilayah Sungai Sulawesi I

Tahun	Pos Hujan Kaleosan (mm)	Pos Hujan Talawaan (mm)
2008	70	161
2009	50.3	106
2010	175.5	110
2011	57	141.5
2012	90.2	118
2013	80.6	94
2014	177	94
2015	105	131
2016	168	151
2017	149	183

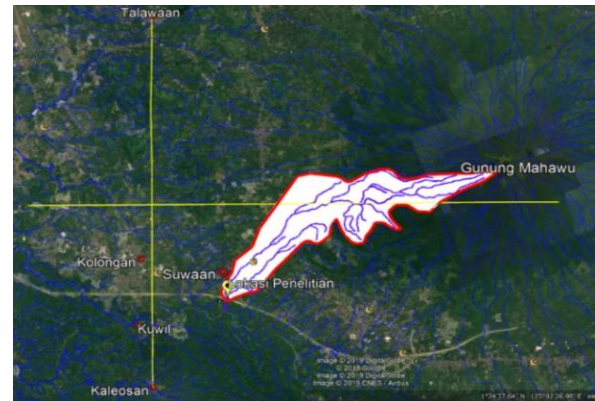
**Uji Data Outlier**

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 kedua pos hujan tidak ada yang menyimpang.

**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 3. Gambar Poligon *Thiessen*  
Sumber: Google Earth, Data BWSS I

Tabel 2. Curah Hujan Rerata

Tahun	Pos Hujan Kaleosan (mm)	Pos Hujan Talawaan (mm)	Luas A1 (km <sup>2</sup> )	Luas A2 (km <sup>2</sup> )	R (mm)
2008	70	161	6,86	5,03	108.49
2009	50.3	106			73.86
2010	175.5	110			147.79
2011	57	141.5			92.74
2012	90.2	118			101.96
2013	80.6	94			86.26
2014	177	94			141.88
2015	105	131			115.99
2016	168	151			160.80
2017	149	183			163.38

**Penentuan Tipe Distribusi Hujan**

Jenis sebaran hujan bergantung pada nilai parameter statistik yaitu rata-rata hitung atau *mean* ( $\bar{X}$ ), simpangan baku (*S*) koefisien kemen-

Tabel 3. 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	$C_s = C_v^2 + 3 \cdot C_v = 0,8392$	0,5430	Tidak Memenuhi
	$C_k = C_v^3 + 6C_v + 15C_v^2 + 16C_v^2 + 3 = 4,2778$	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

cengan (Cs), koefisien variasi (Cv) dan koefisien kurtosis (Ck).

**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:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i = \frac{1}{10} \times 20,621 = 2,0621$$

Simpangan Baku:

$$S_{\log X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,1292984}{10-1}} = 0,1198603$$

Koefisien *Skewness* (Kemencengan):

$$C_{S_{\log X}} = \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot (S_{\log X})^3} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3 = \frac{10}{(10-1)(10-2) \cdot 0,1198603^3} \times (-0,001883226) = -0,151895086$$

Tabel 4. Hujan Rencana Tiap Kala Ulang

Kala Ulang (TR)	Log X <sub>TR</sub>	X <sub>TR</sub>
5 Tahun	2,161957	145,196 mm
10 Tahun	2,217478	164,997 mm
50 Tahun	2,317643	207,798 mm
100 Tahun	2,354243	226,070 mm

**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

Jam ke- P tiap kala ulang (mm)	Kala Ulang							
	1	2	3	4	5	6	7	8
5 Tahun	78,41	31,94	11,62	8,71	4,36	1,45	4,36	4,36
10 Tahun	89,10	36,30	13,20	9,90	4,95	1,65	4,95	4,95
50 Tahun	112,21	45,72	16,62	12,47	6,23	2,08	6,23	6,23
100 Tahun	122,08	49,74	18,09	13,56	6,78	2,26	6,78	6,78

**Perhitungan Nilai SCS Curve Number**

Tabel 6. Perhitungan nilai CN DAS Tembran

Jenis Tutup Lahan	Luas (Km <sup>2</sup> )	Persentase (%)	CN Tiap Lahan	CN
Pemukiman (38% kedap air)	1,85	15,559	75	11,66925
Tanah yang diolah dan ditanami (tanpa konservasi)	6,46	54,331	71	38,57501
Hutan (penutupan baik)	3,58	30,110	55	16,5605
Total	11,89	100	-	66,80476

Nilai CN rata-rata untuk DAS Tembran adalah 66,80476.

**Analisis Debit Banjir Rencana**

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

**Kalibrasi Parameter HSS SCS**

Kalibrasi merupakan suatu proses dimana nilai hasil perhitungan dibandingkan dengan nilai hasil observasi lapangan. Kalibrasi Parameter HSS SCS perlu dilakukan untuk mencari nilai parameter HSS SCS teroptimasi dengan membandingkan hasil simulasi HEC-HMS dengan data debit terukur.

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

Dikarenakan Sungai Tembran tidak memiliki data debit terukur, maka perlu dilakukan perhitungan dengan metode analisis regional sehingga data debit Sungai Tembran dapat diketahui.

Gambar 4. Debit Hitungan Sungai Tembran

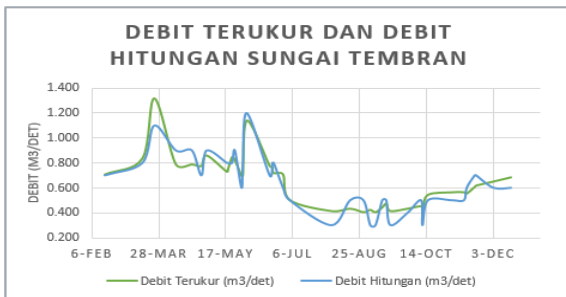
Data hujan dan data debit dimasukkan ke komponen Time-Series Data. Data hujan dan data debit yang digunakan adalah data tahun 2011. Data debit yang digunakan adalah data debit perbandingan Sungai Tondano-Kuwil dengan menggunakan metode analisis regional.

Debit hasil hitungan dan debit terukur Sungai Tembran 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.

Tabel 7. Parameter Hasil Kalibrasi DAS Tembran

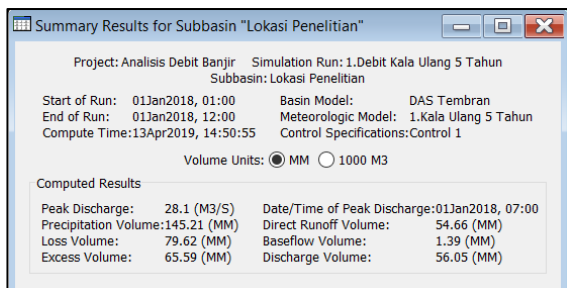
<i>CN</i>	70
<i>Recession Constant</i>	0.01
<i>Ratio to Peak</i>	0.1
<i>Initial discharge</i>	1 m <sup>3</sup> /det
<i>Lag Time</i>	240 menit



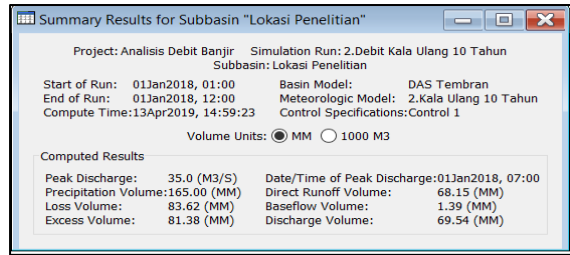
Gambar 5. Grafik Perbandingan Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur

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

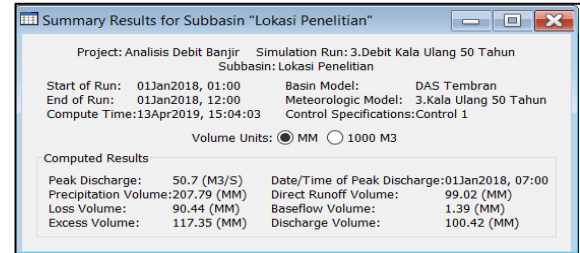
Semua parameter terkalibrasi akan digunakan sebagai parameter pada komponen sub-DAS untuk perhitungan debit banjir. Dengan data hujan rencana jam-jaman yang telah dihitung maka diperoleh hasil simulasi program komputer HEC-HMS sebagai berikut:



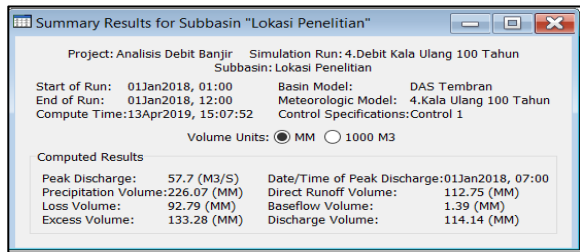
Gambar 6. Summary Result Kala Ulang 5 Tahun



Gambar 7. Summary Result Kala Ulang 10 Tahun



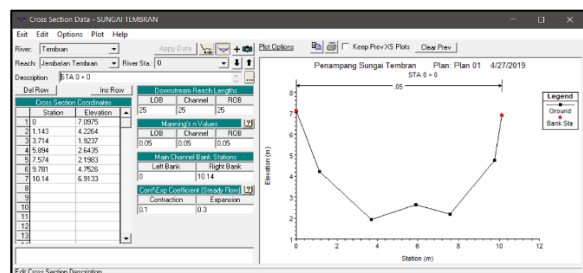
Gambar 8. Summary Result Kala Ulang 50 Tahun



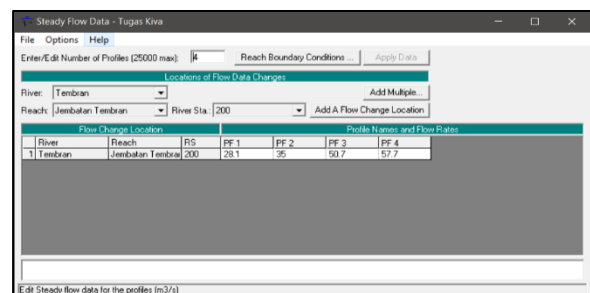
Gambar 9. Summary Result Kala Ulang 100 Tahun

### Analisis Tinggi Muka Air

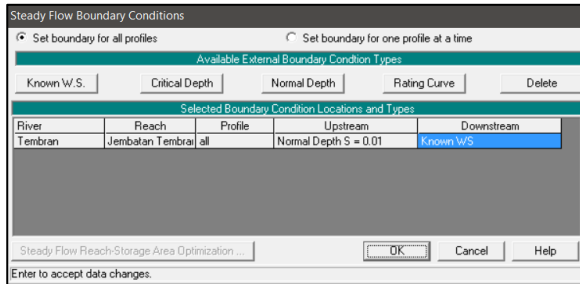
Analisis tinggi muka air menggunakan program komputer HEC-RAS membutuhkan data masukan yaitu penampang sungai, karakteristik saluran untuk nilai koefisien  $n$  Manning, dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng.



Gambar 10. Data Penampang Sungai



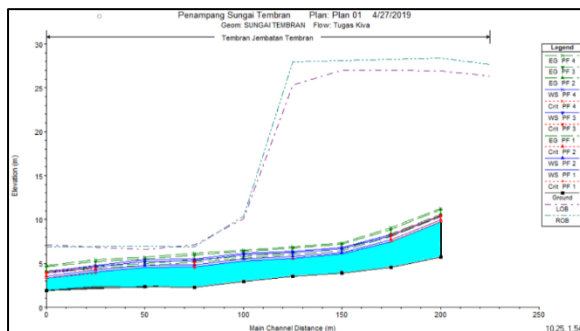
Gambar 11. Pengisian Data Debit



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 Tembran

## PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi yang telah dilakukan, maka:

1. Besar hujan dengan kala ulang yang panjang menghasilkan debit puncak yang besar.
2. Debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun = 28,1 m<sup>3</sup>/det, kala ulang 10 tahun = 35,0 m<sup>3</sup>/det, kala ulang 50 tahun = 50,7 m<sup>3</sup>/det, kala ulang 100 tahun = 57,7 m<sup>3</sup>/det.
3. Semua penampang Sungai Tembran yang ditinjau masih dapat menampung debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 50 tahun dan 100 tahun, maka tidak terjadi peluapan. Elevasi tinggi muka air pada semua penampang sungai yang ditinjau masih aman.
4. Tinggi muka air untuk Q terbesar (Q100) yang terjadi untuk kala 100 tahun adalah ± 11 meter. Ketinggian pier jembatan yang telah dibangun adalah ± 27 meter, sehingga masih aman terhadap tinggi muka air banjir rencana.

### Saran

Data hujan yang tersedia merupakan data hujan dari pos hujan yang berada di luar DAS Tembran, untuk mendapatkan data hujan yang lebih akurat dapat dipasang alat ukur hujan di sekitar DAS.

## DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_\_\_. *Data Hujan Harian Pos Hujan Kaleosan*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- \_\_\_\_\_. *Data Hujan Harian Pos Hujan Talawaan*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado
- \_\_\_\_\_. *Data Debit Harian Sungai Tondano-Kuwil*. 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.
- 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*. Beta Offset, Yogyakarta.