

## **ANALISIS DEBIT BANJIR DAN TINGGI MUKA AIR SUNGAI PINATEDUAN DI DESA TATELU KABUPATEN MINAHASA UTARA**

**Queen Sukma Slat**

**Tiny Mananoma, Jeffry S. F. Sumarauw**

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

email: [slatqueen@gmail.com](mailto:slatqueen@gmail.com)

### **ABSTRAK**

*Salah satu fenomena alam yang mengancam keberadaan hidup manusia setiap masuk musim penghujan adalah banjir. Sungai Pinateduan memiliki luas DAS 38,1228 km<sup>2</sup> merupakan salah satu sungai di Kabupaten Minahasa Utara yang melewati Desa Tatelu Kecamatan Dimembe. Sungai ini mengalir melewati kawasan pemukiman penduduk. Meluapnya Sungai Pinateduan sangat berpotensi menimbulkan bencana banjir, dikarenakan bertemunya 3 sungai kecil.*

*Pada penelitian ini perkiraan debit banjir rencana di Sungai Pinateduan dilakukan dengan analisis hidrologi untuk mengetahui besaran debit banjir rencana. Debit banjir rencana adalah debit maksimum pada suatu sungai dengan periode tertentu. Analisis menggunakan beberapa metode yaitu metode data debit tersedia ataupun tidak tersedia data debit. Sungai Pinateduan memiliki data debit pengukuran sehingga tidak di perlukan analisis curah hujan. Data debit harian maksimum selama 10 tahun, yaitu dari tahun 2007 s/d 2018 berasal dari pos pengukuran debit Talawaan. Dilakukan analisis frekuensi debit dengan kala ulang 5, 10, 50, dan 100 tahun. Analisis Hidraulika untuk prediksi elevasi tinggi muka air menggunakan program HEC-RAS versi 5.07.*

*Hasil analisis Hidraulika menggunakan program HEC-RAS versi 5.07 menunjukkan bahwa simulasi tinggi muka air pada semua penampang sungai terukur mengalami kondisi banjir. Elevasi muka air banjir melebihi evaluasi Tebing sungai. Perlu dilakukan upaya pengendalian banjir antara lain berupa berupa normalisasi sungai.*

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

### **PENDAHULUAN**

#### **Latar Belakang**

Banjir merupakan suatu peristiwa meluapnya air dari suatu wadah seperti sungai, danau, waduk, dan lain sebagainya. Banjir disebabkan karena naiknya volume air yang besar yang tidak diimbangi oleh kapasitas penampang atau wadah dalam penampang air sehingga menyebabkan meluapnya air.

Sungai Pinateduan terletak di desa Tatelu kecamatan Dimembe Kabupaten minahasa Utara. Menurut informasi dari masyarakat sekitar Sungai Pinateduan pernah terjadi banjir akibat volume debit yang meningkat melebihi kapasitas tampung sungai. Meluapnya air di sungai ini mengakibatkan kerugian material hingga korban jiwa. Perlu dilakukan analisis debit banjir dan elevasi tinggi muka air di Sungai Pinateduan untuk prediksi besaran debit banjir yang berpotensi terjadi dengan periode ulang tertentu.

#### **Rumusan Masalah**

Terjadi luapan air akibat banjir di Sungai Pinateduan yang merugikan penduduk di sekitarnya.

#### **Batasan Penelitian**

1. Data debit yang akan digunakan adalah data debit maksimum sesaat tahunan.
2. Analisis hidraulika menggunakan program HEC-RAS untuk mendapatkan elevasi tinggi muka air banjir
3. Kala ulang rencana dibatasi pada 5, 10, 50, dan 100 tahun
4. Penampang melintang sungai yang ditinjau yaitu sepanjang 200 meter dari titik kontrol mengarah ke hulu sungai Pinateduan

#### **Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besaran debit banjir dan elevasi tinggi muka air Sungai Pinateduan untuk berbagai periode ulang.

### **Manfaat Penelitian**

Memberikan informasi dan bahan pertimbangan bagi pemerintah dan masyarakat dalam mengantisipasi terjadi bencana banjir.

## **LANDASAN TEORI**

### **Daerah Aliran Sungai**

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 yang memuat semua keterangan tentang suatu wilayah tertentu, baik jalan, kota, desa, sungai, jenis tumbuh-tumbuhan, tata guna lahan lengkap dengan garis-garis kontur, 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.

### **Analisis Frekuensi**

Menurut Suwarno (dalam Mamuya 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 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.

Triatmodjo (dalam Nadia dkk., 2019), menyatakan bahwa analisis frekuensi bertujuan untuk mencari hubungan antara besarnya suatu kejadian ekstrim dan frekuensinya berdasarkan distribusi probabilitas. Data yang digunakan adalah data debit atau hujan maksimum tahunan, yaitu data terbesar yang terjadi selama satu tahun, yang terukur selama beberapa tahun.

### **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. Peluang kumulatif dari sebuah varian adalah peluang dari suatu variabel acak yang mempunyai nilai sama atau kurang dari suatu nilai tertentu.

Distribusi probabilitas atau distribusi peluang adalah suatu distribusi yang menggambarkan peluang dari sekumpulan varian sebagai pengganti frekuensinya.

Salah satu tujuan dalam analisis distribusi peluang adalah menentukan periode ulang (*return period*). Menurut Bambang Triatmodjo (dalam Kapantouw dkk., 2017), periode ulang didefinisikan sebagai waktu hipotetik dimana debit atau hujan dengan suatu besaran tertentu ( $x_T$ ) akan disamai atau dilampaui satu kali dalam jangka waktu tertentu.

### **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  $C_k$ .

### Hujan Efektif

*The Soil Conservation Service* (SCS, 1972, dalam Chow 1988) telah mengembangkan metode untuk menghitung hujan efektif dari hujan deras, dalam bentuk persamaan berikut:

$$P_e = \frac{(P-0,2 S)^2}{P+0,8 S} \quad (1)$$

dengan:

- $P_e$  = Kedalaman hujan efektif (mm).
- $P$  = Kedalaman hujan (mm).
- $S$  = Retensi potensial maksimum air oleh tanah, yang sebagian besar adalah karena infiltrasi.

Persamaan 1. merupakan persamaan dasar untuk menghitung kedalaman hujan efektif. Retensi potensial maksimum mempunyai bentuk berikut:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (2)$$

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).

### Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit maksimum pada suatu sungai dengan periode ulang tertentu. Sumaraw (2013) menyatakan bahwa debit banjir rencana biasa didapatkan dengan beberapa metode antara lain:

#### 1. Data Debit Tersedia

Metode yang dapat digunakan adalah Metode Analisis Frekuensi dari data debit tersedia, analisisnya dapat menggunakan fungsi distribusi yang paling sesuai seperti Normal, Log Normal, Gumbel atau Log Pearson III.

#### 2. Tidak Tersedia Data Debit

Jika data debit tidak tersedia, maka analisis dilakukan dengan menghitung hujan rencana terlebih dahulu dengan memasukkan data curah hujan minimal 10, setelah didapat hujan rencana, hasil hujan rencana tersebut diubah menjadi debit rencana dengan menggunakan macam-

macam metode yang ada antara lain:

- a. Metode hidrograf satuan sintesis, yang pembentukan hidrograf satuannya dari data karakteristik DAS seperti Panjang sungai ( $L$ ), Panjang sungai ke titik berat ( $L_c$ ), kemiringan DAS, dan lain-lain. Metode ini biasanya digunakan jika ukuran DAS termasuk DAS sedang sampai besar
- b. Metode Rasional  $Q = C.I.A$ . Metode ini biasanya digunakan untuk DAS yang berukuran kecil.

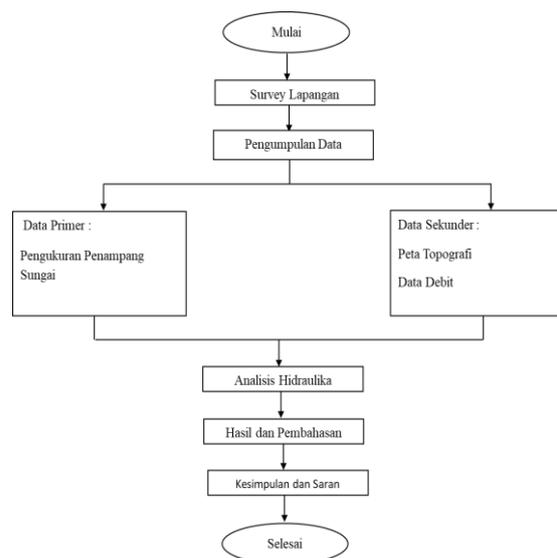
Dalam Penelitian ini data debit tersedia sehingga akan digunakan Metode Analisis Frekuensi.

### 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 :

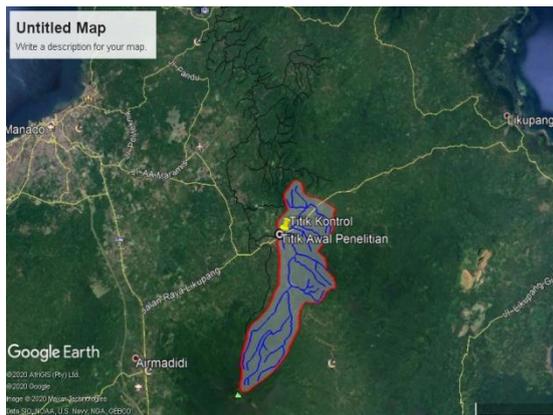


Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

**ANALISIS, HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Analisi Daerah Aliran Sungai**

Analisis daerah aliran sungai (DAS) dilakukan untuk mengetahui luas DAS Pinateduan. Perhitungan luas DAS dilakukan dengan bantuan program computer *Google Earth* dengan menggunakan data yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi-I. Sehingga diperoleh luas DAS Pinateduan sebesar 38,1228 km<sup>2</sup>.



Gambar 2. Gambar DAS Pinateduan

Sumber: "Google Earth, Data Balai Wilayah Sungai Sulawesi I"

**Analisis Debit Banjir**

Dalam penelitian ini analisis debit banjir menggunakan data debit terukur yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai I dengan periode pencatat tahun 2007, 2010 sampai dengan tahun 2018. Pos debit itu ialah Pos Debit Talawaan. Sehingga tidak perlu melewati perhitungan curah hujan dan analisis program HEC-HMS, maka data debit tersebut dihitung dengan menggunakan analisis frekuensi debit berdasarkan kala ulang menggunakan persamaan yang sesuai dengan tipe distribusi.

Berikut merupakan data debit tahunan maksimum dari tahun 2007, 2010 sampai 2018.

Tabel 1 Data Debit Tahunan Maksimum

No	Tahun	Pos Hujan Talawaan (mm)
1	2007	32,353
2	2010	14,016
3	2011	12,302
4	2012	6,838
5	2013	25,531
6	2014	13,486
7	2015	17,297
8	2016	17,077
9	2017	21,249
10	2018	12,815

Sumber: Balai Wilayah Sungai Sulawesi I

**Analisis Frekuensi Debit**

Analisis frekuensi debit dilakukan untuk menentukan besarnya debit yang terjadi pada periode ulang tertentu. Analisis frekuensi debit meliputi penentuan tipe distribusi debit, kemudian perhitungan besarnya debit berdasarkan kala ulang menggunakan persamaan yang sesuai dengan tipe distribusi.

**Penentuan Tipe Distribusi Debit**

Jenis sebaran debit 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 2. Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	$Cs = 0$	0,893	Tidak Memenuhi
	$Ck = 3$	4,658	Tidak Memenuhi
Log Normal	$Cs = Cv^3 + 3 \cdot Cv = 1,3572$	0,893	Tidak Memenuhi
	$Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3 = 6,444$	4,658	Tidak Memenuhi
Gumbel	$Cs = 1.14$	0,893	Tidak Memenuhi
	$Ck = 5.40$	4,658	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Bila tidak ada parameter statistik yang sesuai dengan ketentuan distribusi sebelumnya	-	Memenuhi

**Analisis Debit Rencana**

Analisis debit rencana dengan tipe sebaran Log Pearson tipe III menggunakan rumus:

$$\log X = \overline{\log X} + K_{TR,CS} \cdot S_{\log X}$$

Rata-rata hitung:

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i = \frac{1}{10} \times 12,023 = 1,202$$

Simpangan Baku:

$$S_{\log X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{0,219}{10-1}} = 0,188$$

Koefisien *Skewness* (Kemencengan):

$$C_{S_{\log X}} = \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot (S_{\log X})^3} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^3 = \frac{10}{(10-1)(10-2) \cdot 0,188^3} \times (-0,012) = -0,265$$

Tabel 2. Debit Rencana dengan tiap kala ulang

Kala Ulang (TR)	Log $Q_{TR}$	$Q_{TR}$
5 Tahun	1,347	22,250 m <sup>3</sup> /det
10 Tahun	1,454	28,479 m <sup>3</sup> /det
50 Tahun	1,672	47,025 m <sup>3</sup> /det
100 Tahun	1,758	57,349 m <sup>3</sup> /det

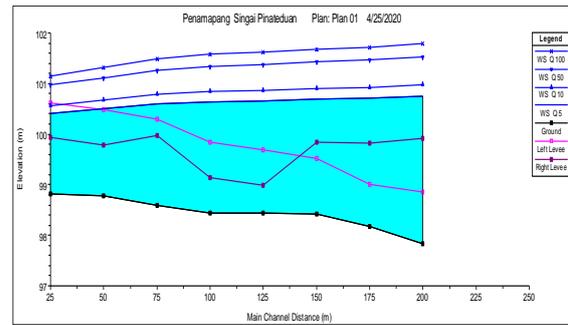
**Analisis Tinggi Muka Air**

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

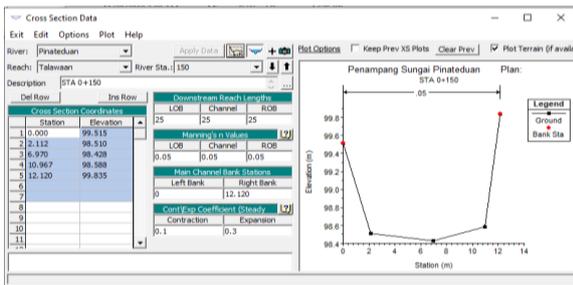
Data penampang sungai Pinateduan diambil sepanjang 200 meter, yaitu 200 m ke arah hulu di mulai dari belokan

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

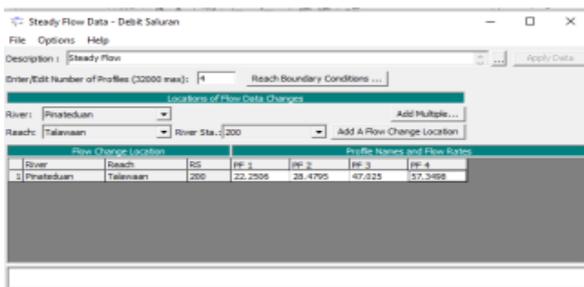
Hasil simulasi menunjukkan bahwa semua penampang Sungai Pinateduan yang ditinjau tidak dapat menampung debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 50 tahun dan 100 tahun, hal ini disebabkan karena elevasi muka air banjir melebihi elevasi tebing sungai.



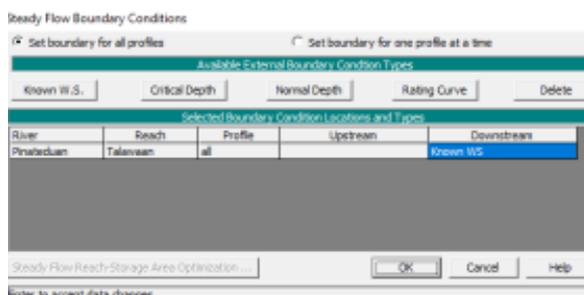
Gambar 6. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Pinateduan



Gambar 3. Data Penampang Sungai



Gambar 4. Pengisian Data Debit



Gambar 5. Pengisian Reach Boundary Conditions

**PENUTUP**

**Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis, debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun = 22,250 m<sup>3</sup>/det, kala ulang 10 tahun = 28,479 m<sup>3</sup>/det, kala ulang 50 tahun = 47,025 m<sup>3</sup>/det, kala ulang 100 tahun = 57,349 m<sup>3</sup>/det. Hasil simulasi menunjukkan bahwa semua penampang Sungai Pinateduan yang ditinjau tidak dapat menampung debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 50 tahun dan 100 tahun, hal ini disebabkan karena elevasi muka air banjir melebihi elevasi tebing sungai.

**Saran**

Beberapa alternatif atau solusi yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan banjir yang terjadi adalah:

1. Salah satu pengendalian non-struktur pengendalian banjir di sungai Pinateduan yaitu dengan melakukan restorasi sungai berupa membersihkan sampah-sampah di sekitar sungai atau mengembalikan fungsi alami sungai.
2. Melakukan pengerukan pada penampang sungai tersebut untuk mencegah kenaikan dasar sungai.

## DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_\_\_. *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 5.0.7 Users Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- Kapantouw, Billy., Mananoma, T., Sumarauw, J. S. F., 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., Sumarauw, J. S. F., Tangkudung, H., 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.
- Nadia, Kivani., Mananoma, T., Tangkudung, H., 2019. *Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Tembran di Kabupaten Minahasa Utara*, Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.6 Juni 2019 (703-710) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Rapar, S. M. E., Mananoma, T., Wuisan, E. M., Binilang, A., 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 S. F., 2013. Bahan Ajar "Hujan.", Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Supit, Cindy J., 2013. *The Impact of Water Projects On River Hydrology*, TEKNO SIPIL, Volume 11, No.59, Agustus 2013 (56-61). Universitas Sam Ratulangi Manado.