

ANALISIS TINGGI MUKA AIR BANJIR DI MUARA SUNGAI TALAWAAN-BAJO KECAMATAN WORI

Peni Patricia Kalangi

Liany A. Hendratta, Tommy Jansen

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

email: penikalangi04@gmail.com

ABSTRAK

Sungai Talawaan-Bajo di Kota Manado pada musim penghujan pernah meluap pada titik yang bermuara ke pantai Talawaan-Bajo. Oleh karena itu dalam mengantisipasi banjir yang mungkin terjadi, dibutuhkan data tinggi muka air banjir di sungai Talawaan-Bajo tanpa pengaruh pasang surut dan dengan pengaruh pasang surut.

Analisis frekuensi hujan dilakukan dengan metode Log Pearson III. Parameter HSS SCS dikalibrasi sebelum simulasi debit banjir dengan program HEC-HMS. Hasil kalibrasi menunjukkan nilai Nash Sutcliffe Efficiency yang baik yaitu 0,751. Setelah didapat debit puncak hasil simulasi setiap kala ulang, dengan program HEC-RAS disimulasikan tinggi muka air pada penampang yang telah diukur tanpa pengaruh pasang surut dan dengan pengaruh pasang surut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelusuran aliran melalui pemodelan aliran permanen (steady flow), untuk Boundary condition sebelah hulu digunakan debit puncak kala ulang 2, 5, 10 dan 25 tahun, sedangkan Boundary condition sebelah hilir adalah tinggi muka air pasang tertinggi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa besarnya debit puncak pada kala ulang 5 tahun=175,7 m³/det, kala ulang 10 tahun=231,8 m³/det, kala ulang 25 tahun=307,7 m³/det, kala ulang 50 tahun=367,2 m³/det, dan kala ulang 100 tahun=429,1 m³/det. Dalam kondisi tanpa pengaruh pasang surut untuk kala ulang 5 tahun luapan banjir mulai terjadi pada STA 0+75, untuk kala ulang 10, 25, dan 50 tahun luapan banjir mulai terjadi pada STA 0+25, dan pada kala ulang 100 tahun luapan banjir sudah mulai terjadi pada STA 0+0. Sedangkan dalam kondisi pengaruh pasang surut untuk kala ulang 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun, luapan banjir sudah mulai terjadi pada STA 0+0. Tinggi muka air tertinggi dengan kenaikan muka air banjir (luapan) berkisar 0,01-0,96 meter untuk kondisi dengan pengaruh pasang surut.

Kata kunci: Banjir, Tinggi Muka Air, Pasang Surut, HEC-HMS, HEC-RAS.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sungai Talawaan-Bajo adalah sungai yang arah alirannya melewati beberapa kelurahan yang terletak di kecamatan Wori kota Manado. Pada setiap musim penghujan sungai Talawaan-Bajo meluap pada titik yang bermuara ke pantai Talawaan-Bajo. Luapan air dari sungai Talawaan Bajo dapat disebabkan karena curah hujan tinggi serta pengaruh pasang surut. Terjadinya luapan dapat menimbulkan kerugian bagi warga yang tinggal disekitar sungai maupun pantai Talawaan-Bajo.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dibutuhkan penelitian berupa analisis tinggi muka air banjir dengan pengaruh pasang surut di muara sungai Talawaan-Bajo kecamatan Wori terhadap berbagai kala ulang banjir. Dengan adanya studi

analisis ini diharapkan bisa menjadi salah satu alternatif pencegahan masalah banjir di lokasi penelitian.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dibutuhkan penelitian berupa analisis tinggi muka air banjir di muara sungai Talawaan-Bajo kecamatan Wori.

Batasan Penelitian

Masalah yang akan diteliti dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Data hujan yang digunakan adalah data hujan harian maksimum.
2. Data Debit yang digunakan adalah data debit terukur di lapangan.
3. Data Pasang tertinggi.

4. Kala ulang rencana dibatasi pada 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun.
5. Analisis dihitung dengan bantuan program HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center-The Hydrologic Modeling System*) untuk analisis hidrologi dan HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center-River Analysis System*) untuk analisis hidraulika.
6. Penampang melintang sungai yang ditinjau adalah sepanjang 165meter menuju hulu dari titik awal pengukuran yaitu di sekitar desa Minaesa yang terbagi atas 7 segmen.

Tujuan Penelitian

1. Menghitung besar debit banjir rencana pada Sungai Talawaan-Bajo.
2. Menganalisis tinggi muka air Sungai Talawaan-Bajo.
3. Mengetahui kapasitas tampung penampang di muara Sungai Talawaan-Bajo dengan pengaruh pasang surut terhadap berbagai kala ulang banjir di sekitaran muara Sungai Talawaan-Bajo.

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 Talawaan-Bajo.

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.

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.

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.

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. 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.

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.

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 .

Pasang Surut

Pasang surut air laut adalah suatu gejala fisik yang selalu berulang dengan periode tertentu dan pengaruhnya dapat dirasakan sampai jauh masuk kearah hulu dari muara sungai. Pasang surut merupakan hasil dari gaya tarik gravitasi dan efek sentrifugal. Efek sentrifugal adalah dorongan ke arah luar pusat rotasi. Campuran antara air asin dan air tawar dari suatu muara sungai diakibatkan oleh gerakan arus pasang surut. (Jansen, 2016)

Pasang Surut Purnama dan Perbani

Beberapa posisi yang penting untuk diketahui :

1. Matahari-bulan-bumi terletak pada satu sumbu yang berupa garis lurus. Pada posisi ini bumi menghadapi sisi bulan yang tidak kena sinar matahari (sisi gelap), jadi bulan tidak dapat dilihat dari bumi. Karenanya keadaan tersebut disebut bulan mati. Posisi seperti ini akan mengakibatkan adanya gaya tarik bulan dan matahari terhadap bumi yang saling menguatkan.
2. Matahari-bumi-bulan terletak pada satu sumbu garis lurus. Pada posisi kedua ini, bulan sedang purnama, karena bulan dapat dilihat penuh dari bumi, dan memberikan akibat pada pembangkitan pasang yang sama dengan posisi pertama. Akibat posisi tersebut terjadi pasang. Pasang seperti ini dikenal sebagai pasang purnama.
3. Bulan terletak menyiku (membentuk sudut 90°) dari sumbu bersama matahari-bumi. Pada posisi semacam ini, maka gaya tarik bulan akan diperkecil oleh gaya tarik matahari terhadap massa air di bumi. Hasilnya terjadi pasang yang kecil yang disebut pasang perbani.

Tipe Pasang Surut

Bentuk pasang surut di berbagai daerah tidak sama. Di suatu daerah dalam satu hari dapat terjadi satu kali atau dua kali pasang surut. Secara umum pasang surut di berbagai daerah dapat dibedakan dalam empat tipe dengan menggunakan angka pasang surut "F" (tide form number "Formzahl"), yaitu:

1. Pasang Surut Harian Ganda (semi diurnal tide): $0 < F \leq 0.25$
2. Pasang Surut Harian Tunggal (diurnal tide): $F > 3$
3. Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Ganda (mixed tide prevailing semi diurnal): $0.25 < F < 1.5$

4. Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Tunggal (mixed tide prevailing diurnal): $1.5 < F \leq 3$

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, antara lain metode empiris yaitu hidrograf satuan yang digunakan pada penelitian ini.

HSS-SCS

Hidrograf tidak berdimensi SCS (*Soil Conservation 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.

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

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

$$\text{Time base } (t_b) = 5 \times T_p$$

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

Analisis Hidrolika

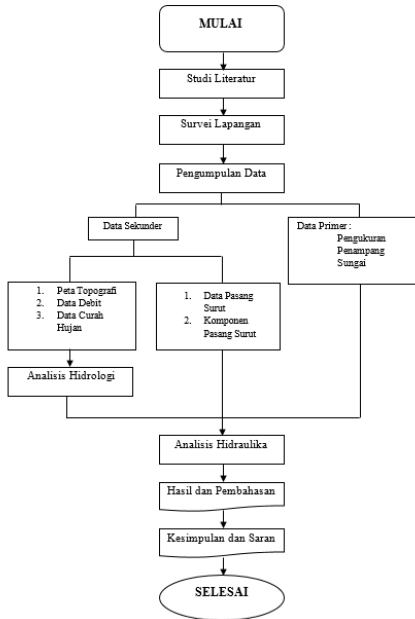
Aliran dikatakan langgeng (*steady*) jika kecepatan tidak berubah selama selang waktu tertentu.

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:

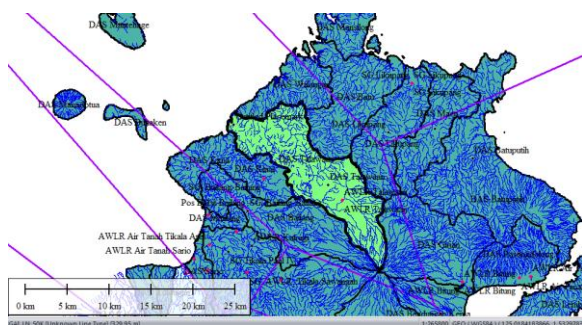


Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

ANALISIS, HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Daerah Aliran Sungai

Analisis daerah aliran sungai (DAS) Talawaan di titik tinjauan Sungai Talawaan Bajo dilakukan untuk mengetahui luas DAS Talawaan - Bajo. 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 Talawaan - Bajo sebesar 128,95 km².



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

Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan di DAS Talawaan-Bajo 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 Talawaan. Berikut merupakan data hujan harian maksimum dari tahun 2008 sampai 2017.

Tabel 1. Curah Hujan Harian Maksimum

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
	MRG Talawaan
2008	161
2009	106
2010	110
2011	141,5
2012	118
2013	94
2014	94
2015	131
2016	151
2017	183

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. (Sukarno, 2017)

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).

Tabel 2. Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	Cs = 0	1,06058	Tidak Memenuhi
	Ck = 3	4,21145	Tidak Memenuhi
Log Normal	Cs = Cv ³ + 3 · Cv = 0,8392	1,06058	Tidak Memenuhi
	Ck = Cv ⁶ + 6Cv ⁶ + 15Cv ⁴ + 16Cv ² + 3 = 4,2778	4,2114	Tidak Memenuhi
Gumbel	Cs = 1.14	1,06058	Tidak Memenuhi
	Ck = 5.40	4,2114	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 dengan tipe sebaran Log Pearson tipe III.

Perhitungan dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung parameter statistik sebagai berikut:

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	94	1,973128	-0,1269	0,01612492	-0,0020476
2	94	1,973128	-0,12698	0,01612492	-0,00204761
3	106	2,025306	-0,07481	0,005595927	-0,00041861
4	110	2,041393	-0,05872	0,003447933	-0,00020246
5	118	2,071882	-0,02823	0,000796921	-2,24969E-1
6	131	2,117271	0,01716	0,000294449	5,05259E-06
7	141,5	2,150756	0,050645	0,00256488	0,000129897
8	151	2,178977	0,078865	0,006219713	0,000490519
9	161	2,206826	0,106714	0,011387896	0,001215249
10	183	2,262451	0,162339	0,026354048	0,004278298
Σ		21,00112	-3,1E-15	0,088911607	0,001380238

Rata – rata hitung:

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i = 2,100112$$

Simpangan Baku:

$$S_{\log x} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n - 1}} = 0,099393$$

Koefisien *Skewness* (Kemencengan):

$$C_{S_{\log x}} = \frac{n}{(n - 1)(n - 2) \cdot (S_{\log x})^3} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3 = 0,195230517 \text{ (Kemencengan Positif)}$$

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

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)	82,2	33,5	12,2	9,14	4,57	1,52	4,57	4,57

Perhitungan Nilai SCS Curve Number

Tabel 6. Perhitungan nilai CN DAS Tingkulu

Jenis Tutup Lahan	Luas (km2)	Persentase (%)	CN Tiap Lahan	CN
Pemukiman (38% kedap air)	1,1515	0,893	70	0,6251
Tanah yang diolah dan ditanami (tanpa konservasi)	89,9464	69,753	71	49,524
Tanah yang diolah dan ditanami (dengan konservasi)	0,718	0,557	81	0,451
Hutan (tanaman jarang, penutupan jelek)	18,431	14,293	66	9,4335
Hutan (penutup baik)	9,87	7,654	55	4,2098
Tempat terbuka, halaman rumput, dsb (kondisi sedang: rumput menutup 50% - 75% luasan)	8,833	6,85	69	4,7265
Total	128,95	100	-	34,46778

Nilai CN rata–rata untuk DAS Talawaan–Bajo adalah 34,46778.

Analisis Pasang Surut

Analisis pasang surut di muara sungai Bailang dilakukan dengan menggunakan data

pasang surut beserta komponen pasang surut tahun 2017.

Tabel 7. Data Pasang Surut Bulan November 2017

No	Tanggal	JAM KE-																											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
1	01 November 2017	2.0	2.4	2.6	2.6	2.5	2.2	1.8	1.4	1.1	0.9	1.0	1.3	1.8	2.2	2.6	2.8	2.9	2.6	2.2	1.7	1.3	1.1	1.1	1.3				
2	02 November 2017	1.7	2.1	2.5	2.7	2.7	2.5	2.1	1.6	1.1	0.9	0.8	1.1	1.5	2.1	2.6	3.0	3.1	3.0	2.6	2.0	1.5	1.0	0.8	0.9				
3	03 November 2017	1.2	1.7	2.3	2.7	2.9	2.8	2.4	1.9	1.3	0.9	0.7	0.8	1.2	1.8	2.4	3.0	3.3	3.0	2.4	1.8	1.1	0.7	0.6	0.6				
4	04 November 2017	0.8	1.3	1.9	2.4	2.8	2.9	2.7	2.3	1.7	1.1	0.7	0.6	0.9	1.4	2.1	2.8	3.4	3.6	3.4	2.9	2.2	1.4	0.8	0.5				
5	05 November 2017	0.5	0.8	1.4	2.0	2.6	2.9	2.9	2.6	2.0	1.4	0.9	0.6	0.7	1.1	1.8	2.5	3.2	3.6	3.6	3.3	2.7	1.9	1.1	0.6				
6	06 November 2017	0.4	0.5	0.9	1.6	2.2	2.7	2.9	2.8	2.3	1.8	1.2	0.8	0.7	0.9	1.4	2.1	2.8	3.4	3.7	3.6	3.1	2.4	1.6	0.9				
7	07 November 2017	0.5	0.4	0.6	1.1	1.7	2.3	2.7	2.8	2.5	2.1	1.6	1.1	0.8	0.8	1.2	1.7	2.4	3.1	3.5	3.6	3.4	2.8	2.1	1.4				
8	08 November 2017	0.8	0.5	0.5	0.8	1.3	1.8	2.3	2.6	2.6	2.3	1.9	1.5	1.1	1.0	1.1	1.5	2.0	2.6	3.1	3.4	3.4	3.1	2.6	1.9				
9	09 November 2017	1.3	0.9	0.6	0.7	1.0	1.4	1.9	2.2	2.4	2.2	1.8	1.5	1.2	1.2	1.3	1.7	2.2	2.6	3.0	3.2	3.1	2.9	2.4					
10	10 November 2017	1.8	1.3	1.0	0.8	0.9	1.1	1.5	1.8	2.1	2.3	2.2	2.1	1.8	1.6	1.5	1.4	1.6	1.8	2.2	2.6	2.8	2.9	2.9	2.6				
11	11 November 2017	2.3	1.8	1.4	1.1	1.0	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.1	2.2	2.1	2.0	1.8	1.7	1.6	1.7	1.9	2.1	2.4	2.6	2.7	2.7				
12	12 November 2017	2.5	2.3	1.9	1.6	1.3	1.1	1.1	1.1	1.4	1.6	1.9	2.1	2.2	2.3	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7	1.8	1.9	2.1	2.3	2.5				
13	13 November 2017	2.6	2.5	2.3	2.0	1.7	1.4	1.1	1.0	1.1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.4	2.5	2.4	2.2	2.0	1.7	1.6	1.5	1.6	1.9	2.1				
14	14 November 2017	2.4	2.5	2.5	2.4	2.1	1.8	1.4	1.1	1.0	1.0	1.3	1.6	2.0	2.4	2.7	2.7	2.6	2.5	2.0	1.6	1.4	1.3	1.4	1.7				
15	15 November 2017	2.0	2.3	2.6	2.6	2.5	2.1	1.7	1.3	1.0	0.9	1.0	1.3	1.8	2.3	2.7	2.9	2.9	2.7	2.3	1.8	1.4	1.1	1.1	1.2				
16	16 November 2017	1.6	2.0	2.4	2.6	2.7	2.4	2.1	1.6	1.2	0.9	0.9	1.1	1.5	2.1	2.6	3.0	3.1	3.0	2.6	2.1	1.6	1.1	0.9	0.9				
17	17 November 2017	1.2	1.6	2.1	2.5	2.7	2.6	2.3	1.9	1.4	1.1	0.9	1.0	1.3	1.8	2.4	2.9	3.2	3.2	2.9	2.4	1.8	1.3	0.9	0.7				
18	18 November 2017	0.9	1.2	1.7	2.2	2.6	2.7	2.5	2.2	1.7	1.2	1.0	0.9	1.2	1.6	2.2	2.8	3.2	3.3	3.2	2.8	2.2	1.5	1.0	0.7				
19	19 November 2017	0.7	0.9	1.4	1.9	2.3	2.6	2.6	2.3	1.9	1.5	1.1	1.0	1.1	1.4	2.0	2.6	3.1	3.4	3.3	3.0	2.5	1.8	1.2	0.8				
20	20 November 2017	0.6	0.8	1.1	1.6	2.1	2.4	2.5	2.4	2.1	1.7	1.3	1.0	1.1	1.3	1.8	2.4	2.9	3.3	3.4	3.2	2.8	2.2	1.5	1.0				
21	21 November 2017	0.7	0.7	0.9	1.3	1.8	2.2	2.4	2.4	2.2	1.8	1.4	1.2	1.1	1.2	1.6	2.2	2.7	3.1	3.4	3.3	3.0	2.4	1.8	1.3				
22	22 November 2017	0.9	0.7	0.8	1.1	1.5	1.9	2.2	2.3	2.2	1.9	1.6	1.3	1.2	1.2	1.5	1.9	2.5	2.9	3.2	3.3	3.1	2.7	2.1	1.6				
23	23 November 2017	1.1	0.9	0.8	1.0	1.3	1.7	2.0	2.2	2.2	2.0	1.8	1.5	1.3	1.3	1.4	1.8	2.2	2.7	3.0	3.2	3.1	2.8	2.4	1.9				
24	24 November 2017	1.4	1.1	0.9	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0	2.1	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.6	2.0	2.4	2.7	3.0	3.0	2.9	2.6	2.2				
25	25 November 2017	1.7	1.3	1.1	1.0	1.1	1.3	1.6	1.9	2.0	2.1	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.6	1.8	2.1	2.4	2.6	2.8	2.8	2.7	2.4				
26	26 November 2017	2.0	1.7	1.4	1.2	1.1	1.2	1.4	1.6	1.9	2.0	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.6	2.6	2.5	2.5				
27	27 November 2017	2.3	2.0	1.7	1.4	1.3	1.2	1.3	1.4	1.6	1.8	2.0	2.1	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.8	1.9	2.1	2.2	2.4	2.4	2.4				
28	28 November 2017	2.4	2.2	2.0	1.7	1.5	1.3	1.2	1.2	1.4	1.6	1.9	2.1	2.3	2.4	2.3	2.2	2.0	1.8	1.7	1.6	1.7	1.8	2.0	2.2				
29	29 November 2017	2.3	2.4	2.3	2.1	1.8	1.5	1.3	1.1	1.2	1.3	1.6	2.0	2.3	2.6	2.7	2.6	2.4	2.1	1.8	1.5	1.4	1.4	1.6	1.8				
30	30 November 2017	2.1	2.3	2.4	2.4	2.1	1.8	1.4	1.2	1.0	1.1	1.3	1.7	2.2	2.6	2.9	3.0	2.8	2.5	2.0	1.6	1.2	1.1	1.1	1.4				

Sumber: LANTAMAL VIII.

Komponen Pasang Surut Tahun 2017

Hitungan untuk tipe pasang surut di lokasi pengukuran, berdasarkan data pasang surut adalah sebagai berikut:

Tabel 8. Komponen Pasang Surut Tahun 2017

Tetapan yang digunakan	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4	Sj)
Amplitudo dalam cm	56	35	9	10	16	16	6	-	-	120
360° g	202	158	215	163	98	139	92	-	-	-

Sumber: LANTAMAL VIII.

Penentuan Tipe Pasang Surut

Berdasarkan komponen pasang surut maka dapat ditentukan tipe pasang surut sebagai berikut:

$$F = \frac{A(K1) + A(O1)}{A(M2) + A(S2)} = \frac{16 + 16}{56 + 35} = 0,351648$$

dimana:

F (Formzahl) = Angka Pasang Surut (tide form number)

- A(K1) = Amplitudo dari konstanta pasut K1
- A(O1) = Amplitudo dari konstanta pasut O1
- A(M2) = Amplitudo dari konstanta pasut M2
- A(S2) = Amplitudo dari konstanta pasut S2

Elevasi Muka Air Tertinggi

Tabel 9. Elevasi Muka Air Laut

Elevasi Muka Air	Satuan	Data	Satuan	Data
HHWL	cm	370	m	3,7
LLWL	cm	30	m	0,3
MSL	cm	120	m	1,2

Keterangan:

- (HHWL) : Muka air tertinggi
- (LLWL) : Muka air terendah
- (MSL) : Muka air rata-rata

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 Talawaan-Bajo dengan data parameter DAS sebagai berikut: L = 51,2 km; s = 0,007793 m/m; n = 0,076, dan diperoleh:

$$T_c = \frac{0,606(L.n)^{0,467}}{s^{0,234}} = 3,559452 \text{ jam}$$

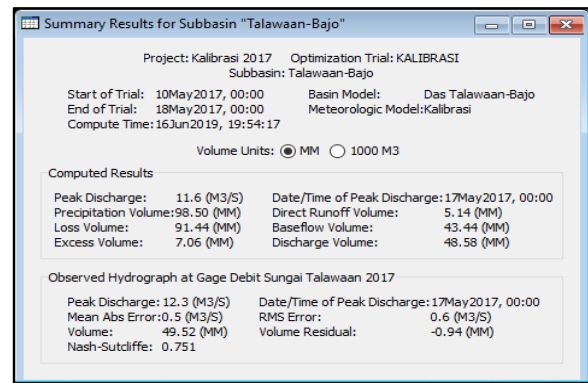
$$T_1 = 0,6 \cdot T_c = 2,135671 \text{ jam}$$

Kalibrasi Parameter HSS SCS

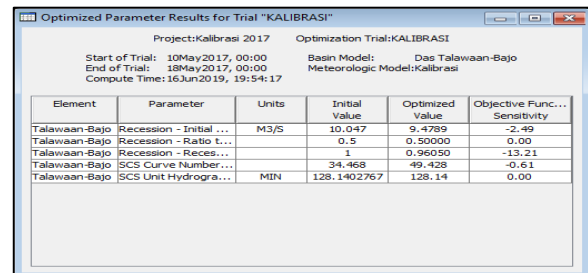
Kalibrasi merupakan suatu proses dimana nilai hasil perhitungan dibandingkan dengan nilai hasil observasi lapangan. Kalibrasi Parameter HSS SCS perlu dilakukan untuk mencari nilai parameter HSS SCS teroptimasi dengan membandingkan hasil simulasi HEC-HMS dengan data debit terukur.

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

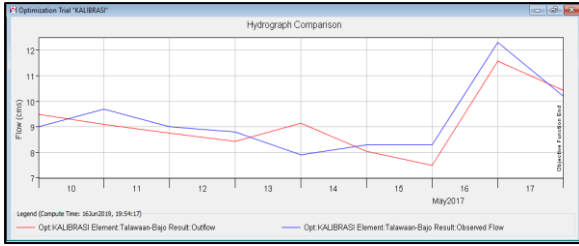
Data hujan dan data debit dimasukkan ke komponen Time-Series Data. Data hujan dan data debit yang digunakan adalah data tahun 2017, dengan waktu mulai pada 10 Mei 2017 dan waktu selesai 18 Mei 2017.



Gambar 3. Rangkuman Hasil Kalibrasi



Gambar 4. Parameter Teroptimasi Hasil Kalibrasi DAS Talawaan-Bajo

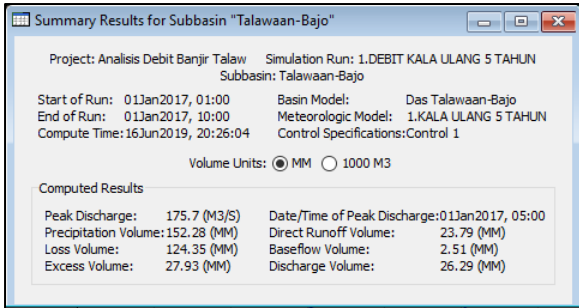


Gambar 5. Grafik Perbandingan Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur

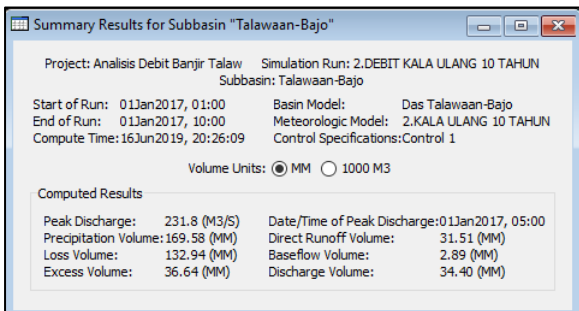
Simulasi Debit Banjir dengan Program Komputer HEC-HMS

Setelah kalibrasi, semua parameter terkalibrasi akan digunakan sebagai parameter pada komponen sub-DAS untuk perhitungan debit banjir.

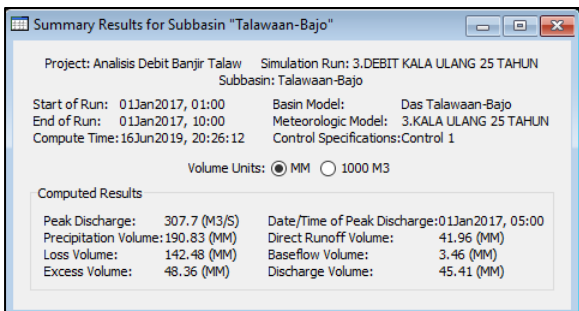
Dengan data hujan rencana jam-jaman yang telah dihitung maka diperoleh hasil simulasi program komputer HEC-HMS sebagai berikut:



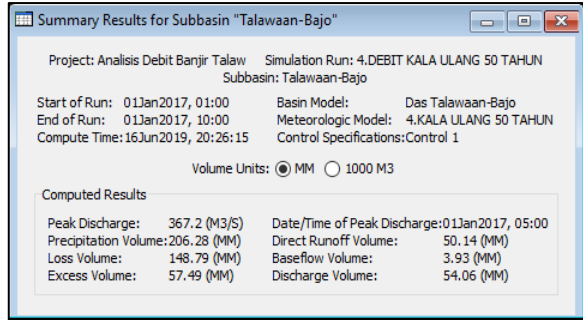
Gambar 6. Summary Result Kala Ulang 5 Tahun



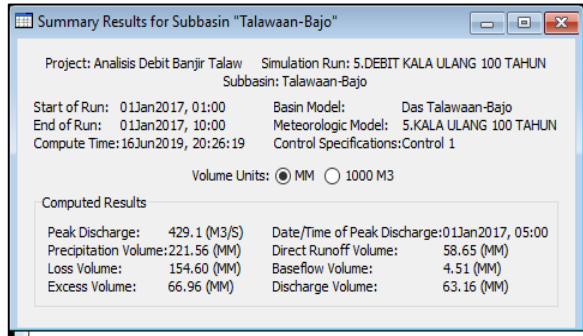
Gambar 7. Summary Result Kala Ulang 10 Tahun



Gambar 8. Summary Result Kala Ulang 25 Tahun



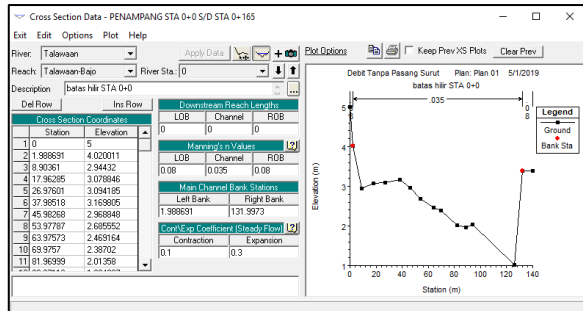
Gambar 9. Summary Result Kala Ulang 50 Tahun



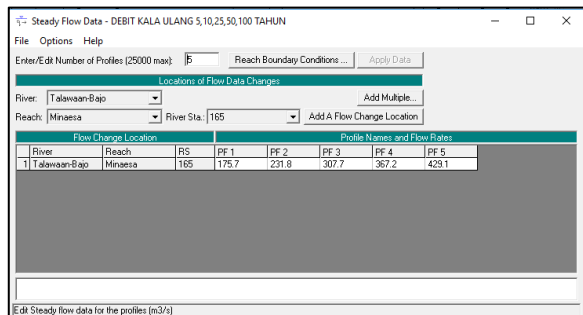
Gambar 10. Summary Result Kala Ulang 100 Tahun

Analisis Tinggi Muka Air

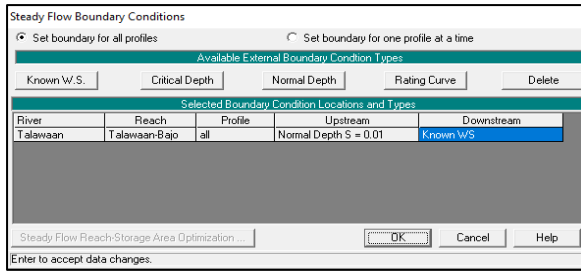
Analisis tinggi muka air menggunakan program komputer HEC-RAS membutuhkan data masukan yaitu penampang sungai, karakteristik saluran untuk nilai koefisien *n Manning*, dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng (*Steady Flow*).



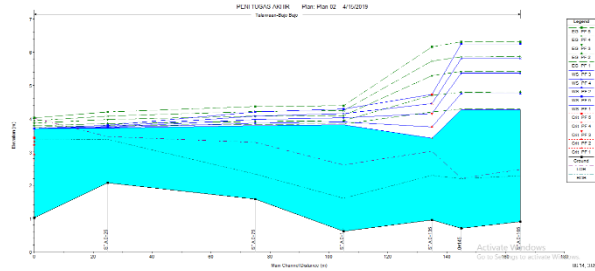
Gambar 11. Memasukkan Data Penampang Sungai



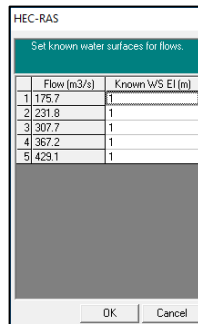
Gambar 12. Pengisian Data Debit



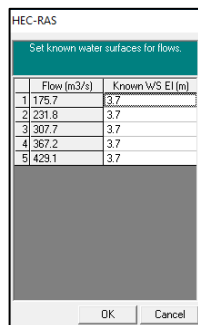
Gambar 13. Pengisian *Reach Boundary Conditions*



Gambar 17. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Talawaan-Bajo dengan Pengaruh Pasang Surut



Gambar 14. Pengisian *Known Ws* tanpa Pengaruh Pasang Surut



Gambar 15. Pengisian *Known Ws* dengan Pengaruh Pasang Surut

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

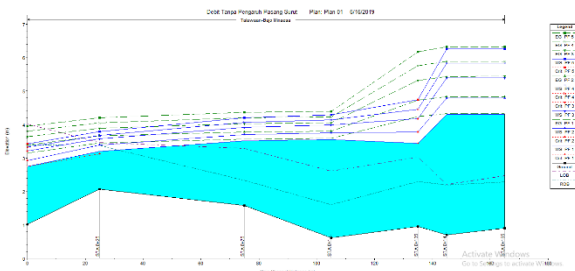
1. Besarnya debit puncak Sungai Talawaan - Bajo pada kala ulang 5 tahun (Q_5) = 175,7 m³/dtk, kala ulang 10 tahun (Q_{10}) = 231,8 m³/dtk, kala ulang 25 tahun (Q_{25}) = 307,7 m³/dtk, kala ulang 50 tahun (Q_{50}) = 367,2 m³/dtk dan kala ulang 100 tahun (Q_{100}) = 429,1 m³/dtk.
2. Pada kondisi tanpa pengaruh pasang surut, untuk kala ulang 5 tahun penampang STA 0+75, STA 0+105, STA 0+135, STA 0+145, STA 0+165 sudah tidak bisa menampung debit banjir yang terjadi dan cenderung meluap pada bantaran kanan sungai. Pada kala ulang 10 tahun, 25 tahun, dan 50 tahun penampang STA 0+25, STA 0+75, STA 0+105, STA 0+135, STA 0+145, STA 0+165 sudah tidak bisa menampung debit banjir yang terjadi. Sedangkan pada kala ulang 100 tahun semua penampang sudah tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi.
3. Pada kondisi dengan pengaruh pasang surut untuk kala ulang 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun, semua penampang sudah tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi.
4. Tinggi muka air banjir (luapan) akibat sungai Talawaan – Bajo akibat pasang surut berkisar 0,01–0,96 meter.

Saran

Perlu peninjauan dan pengkajian ulang terhadap pengendalian banjir sungai Talawaan-Bajo untuk menanggulangi banjir yang terjadi akibat debit banjir melalui beberapa upaya baik berupa upaya fisik atau struktur seperti pembuatan tanggul banjir agar tidak terjadi luapan. Perlu menjaga kebersihan sungai dari sampah.

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 16. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Talawaan-Bajo Tanpa Pengaruh Pasang Surut

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 Users 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.
- Ginting, Segel Hendrycus. 2014. *Pemodelan Hidrologi Dengan Modelling System (HEC-HMS)*. Development Technical Asistance 7849-INO: Water Resources and River Basin Management, Bekasi.
- 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.
- Ohgushi, Koichiro., Jeffry Sumarauw, & Takenori Hino. 2012. *A Study on The Flood Management of Jobaru River Basin by Geotechnical and Hydraulic Engineering Approach*. Proceedings of IAHR-APD 2012, USB Memory, Department of Civil Engineering and Architecture, Faculty of Science and Engineering Saga University, Japan.
- 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.
- Soewarno, 1991. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*. Nova, Bandung.
- Sumarauw, J.S.F., Ohgushi, K. 2012. *Analysis on Curve Number, Land Use and Land Changes in the Jobaru River Basin, Japan*. 7. 787-793.
- Sumarauw, Jeffry S. F., 2013. *Hujan*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sumarauw, Jeffry S. F., 2013. *The Effect of Land Cover Changes on the Hydrological Process in Jobaru River Basin – A Step for Integrated River Basin Management*. Thesis, Department of Engineering System and Technology Graduate School of Science and Engineering Saga University, Japan.
- 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.
- Sumarauw, Jeffry S. F., Ohgushi, K., 2012. *Analysis on Curve Number, Land Use and Land Cover Changes and the Impact to the Peak Flow in the Jobaru River Basin, Japan*. International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS Vol:12 No: 02, Department

of Civil Engineering and Architecture, Faculty of Science and Engineering Saga University, Japan.

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.