

## PENGARUH PASANG SURUT TERHADAP TINGGI MUKA AIR DI MUARA SUNGAI BAILANG

Maria Gloria Raco

Tommy Jansen, Liany A. Hendratta

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

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

### ABSTRAK

*Sungai Bailang merupakan salah satu sungai di Kota Manado yang pernah meluap dan membanjiri beberapa daerah yang dilewati oleh sungai Bailang. Terkait hal tersebut maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah pada saat banjir bersamaan dengan air pasang yang tinggi terjadi kenaikan muka air banjir di penampang sungai Bailang.*

*Analisis dilakukan dengan mencari frekuensi hujan dengan metode Log Pearson III. Adapun data hujan yang digunakan berasal dari 3 pos hujan yaitu: pos hujan Tikala-Sawangan, pos hujan Talawaan, dan pos hujan Tikala. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum dari tahun 2008 s/d 2017. Dilakukan kalibrasi parameter HSS SCS sebelum melakukan simulasi debit banjir dengan menggunakan program komputer HEC-HMS. Untuk batasan setiap parameter disesuaikan dengan nilai standar pada program komputer HEC-HMS. Hasil kalibrasi menunjukkan nilai Nash Sutcliffe Efficiency yang memenuhi yaitu 0,707. Kemudian dilakukan analisis debit banjir dengan parameter terkalibrasi menggunakan program komputer HEC-HMS. Dalam penelitian ini digunakan perangkat lunak HEC-RAS untuk melakukan penelusuran aliran dengan pemodelan aliran permanen (steady flow) dengan menggunakan debit banjir kala ulang 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun sebagai Boundary condition di sebelah hulu dan Boundary condition sebelah hilir adalah tinggi muka air pasang tertinggi.*

*Hasil simulasi menunjukkan bahwa penampang sungai Bailang yang ditinjau pada kondisi tanpa pasang surut kala ulang 5 tahun, 10 tahun dan 25 tahun penampang STA 0+0, STA 0+25, STA 0+50, STA 0+75, STA 0+95, STA 0+125 dan STA 0+200 sudah tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi. Sedangkan untuk kala ulang 50 tahun dan 100 tahun semua penampang sudah tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi. Hasil simulasi pada kondisi dengan pasang surut kala ulang kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun semua penampang sudah tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi. Tinggi muka air tertinggi dengan kenaikan muka air banjir (luapan) berkisar 0.71-1.25 m untuk kondisi dengan pengaruh pasang surut.*

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

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Sungai Bailang, yang terletak di Kecamatan Bunaken kota Manado merupakan sungai dengan DAS yang cukup luas. Sungai Bailang pernah meluap dan membanjiri beberapa daerah yang dilewati oleh sungai Bailang yang mengakibatkan kerugian bagi warga yang tinggal disekitar sungai maupun pengguna jalan raya. Kenaikan muka air mengakibatkan saluran-saluran pembuangan yang ada tidak dapat membuang air buangan ke dalam aliran alur sungai. Pada waktu banjir bersamaan dengan air pasang yang tinggi maka tinggi muka air banjir di penampang sungai menjadi besar karena terjadi aliran balik (*back water*).

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

#### Rumusan Masalah

Bencana banjir yang terjadi mengakibatkan kerugian bagi masyarakat di sekitar sungai, sehingga perlu diketahui pengaruh pasang surut dan besarnya debit banjir terhadap tinggi muka air sebagai acuan untuk melakukan pengendalian banjir di muara sungai Bailang

### 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 dilapangan.
3. Kala ulang rencana dibatasi pada 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun.
4. Data pasang tertinggi.
5. 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 pelelangan ikan tumumpa yang terbagi atas 8 segmen.

### Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kapasitas tampung penampang di sungai Bailang dengan pengaruh pasang surut dan tanpa pengaruh pasang surut terhadap berbagai kala ulang banjir.
2. Menganalisis tinggi muka air Sungai Bailang yang diakibatkan banjir dan pasang surut air laut.

### Manfaat Penelitian

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

## 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 siklus 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 perubahan letak bumi terhadap matahari sepanjang tahun.
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 dengan skala 1:50.000. 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

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.

### 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. Angin, pasang surut dan efek debit sungai secara luas menyebabkan terjadinya arus pantai. (Jansen, 2018).

### 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  $90^\circ$ ) 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.

### 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.

$$Lag\ Time\ (t_p) = 0,6 \times T_c \quad (1)$$

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

$$\text{Time base (tb)} = 5 \times T_p \quad (3)$$

$$q_p = \frac{CA}{T_p} \quad (4)$$

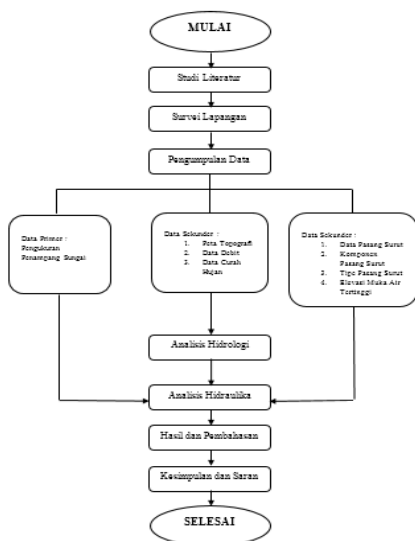
**Analisis Hidrolika**

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:



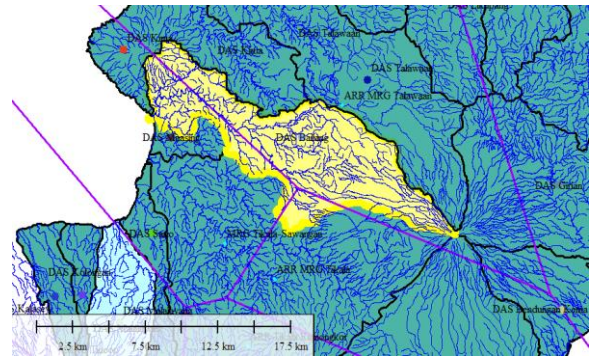
Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

**ANALISIS, HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Analisis Daerah Aliran Sungai**

Analisis daerah aliran sungai (DAS) dilakukan untuk mengetahui luas DAS Bailang. 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 Bailang sebesar 99,176 km<sup>2</sup>.



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

**Analisis Curah Hujan**

Analisis curah hujan di DAS Bailang 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 3 Pos Hujan, yaitu: MRG Talawaan, MRG Tikala-Sawangan dan MRG Tikala. Berikut merupakan data hujan harian maksimum dari tahun 2008 sampai 2017.

Tabel 1. Curah Hujan Harian Maksimum

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
	MRG Tikala-Sawangan	MRG Talawaan	MRG Tikala
2008	130,8	161	70
2009	100,3	106	50,3
2010	123	110	175,5
2011	120,3	141,5	57
2012	110	118	90,2
2013	180,4	94	80,6
2014	170,7	94	177
2015	90	131	105
2016	90,7	151	478
2017	180	183	149

Sumber: BWSS-I.

Perhitungan dilakukan menggunakan rumus curah hujan rata-rata dengan cara *Polygon Thiessen* dengan persamaan berikut:

$$\bar{R} = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + \dots + A_nR_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

$$\bar{R}_{2008} = \frac{(20,718 \times 130,8) + (72,622 \times 161) + (5,836 \times 70)}{20,718 + 72,622 + 5,836}$$

dimana:

- $\bar{R}$  = Curah hujan rata-rata
- $A_1$  = Luas Daerah mewakili MRG Tikala Sawangan (km<sup>2</sup>)
- $A_2$  = Luas Daerah mewakili MRG Talawaan (km<sup>2</sup>)
- $A_3$  = Luas Daerah mewakili MRG Tikala (km<sup>2</sup>)
- $R_1$  = Curah hujan harian maksimum MRG Tikala Sawangan (mm)
- $R_2$  = Curah hujan harian maksimum MRG Talawaan (mm)
- $R_3$  = Curah hujan harian maksimum MRG Tikala (mm)

Tabel 2. Curah Hujan Rerata

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
	3 MRG
2008	149,3362951
2009	101,5316024
2010	116,5700573
2011	132,0988989
2012	114,6929015
2013	111,260555
2014	114,9068585
2015	120,9050778
2016	157,6455251
2017	180,37257

**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 3 MRG tersebut. 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 3. 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	$Cs = Cv^3 + 3 \cdot Cv = 0,8392$	1,06058	Tidak Memenuhi
	$Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3 = 4,2778$	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 4. Parameter Statistik Log Pearson-III

Ranking	R=X	Log X (Y)	(Y - $\bar{Y}$ )	(Y - $\bar{Y}$ ) <sup>2</sup>	(Y - $\bar{Y}$ ) <sup>3</sup>
1	101,532	2,0066	-0,1005	0,01009544	-0,00101435
2	111,261	2,04634	-0,0607	0,00368887	-0,00022405
3	114,693	2,05954	-0,0475	0,00226013	-0,00010745
4	114,907	2,06035	-0,0467	0,00218382	-0,00010205
5	116,57	2,06659	-0,0405	0,00163947	-6,6382E-05
6	120,905	2,08244	-0,0246	0,00060677	-1,4947E-05
7	132,099	2,1209	0,01382	0,00019104	2,6406E-06
8	149,336	2,17417	0,06709	0,00450081	0,00030195
9	157,646	2,19768	0,0906	0,00820914	0,00074378
10	180,373	2,25617	0,14909	0,02222877	0,00331416
$\Sigma$		21,0708	8,9E-16	0,05560427	0,0028333

Rata - rata hitung:

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i = 2,10708$$

Simpangan Baku:

$$S_{log X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} = 0,0786$$

Koefisien *Skewness* (Kemencengan):

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

$$= 0,81033 \text{ (Kemencengan Positif)}$$

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 : 0,77886
- 10 Tahun : 1,33631
- 25 Tahun : 1,99558
- 50 Tahun : 2,45765
- 100 Tahun : 2,897818

Tabel 5. Hujan Rencana Tiap Kala Ulang

Kala Ulang (TR)	Log X <sub>TR</sub>	X <sub>TR</sub>
5 Tahun	2,1683	147,332 mm
10 Tahun	2,21211	162,972 mm
25 Tahun	2,26393	183,626 mm
50 Tahun	2,30025	199,643 mm
100 Tahun	2,33485	216,198 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 6. Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang 5 Tahun

Jam ke -	1	2	3	4	5	6	7	8
% distribus i hujan	54	22	8	6	3	1	3	3
P (mm)	79,56	32,41	11,78	8,84	4,42	1,47	4,42	4,42

**Perhitungan Nilai SCS Curve Number**

Perhitungan Nilai *SCS Curve Number* dirangkum pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Perhitungan nilai *CN* DAS Bailang

Jenis Tutup Lahan	Luas (km <sup>2</sup> )	Persentase (%)	<i>CN</i> Tiap Lahan	<i>CN</i>
Pemukiman (38% kedap air)	8,6554	8,727	72	6,2837
Tanah yang diolah dan ditanami (tanpa konservasi) Ladang	9,694	9,775	71	6,9399
Hutan (penutupan baik)	8,5322	8,603	55	4,7317

Tempat terbuka, halaman rumput, lapangan golf, kuburan, dsb (kondisi sedang: rumput menutup 50%-75% luasan)	13,634	13,747	69	9,4856
Tanah yang diolah dan ditanami (tanpa konservasi) Kebun Campuran	58,6604	59,148	71	41,9949
Total	99,176	100		69,4358

Nilai *CN* rata-rata untuk DAS Bailang adalah 69,4358.

**Analisis Pasang Surut**

Analisis pasang surut di muara sungai Bailang dilakukan dengan menggunakan data pasang surut beserta komponen pasang surut tahun 2013.

Tabel 8. Data Pasang Surut Bulan Mei 2013

No	Tanggal	MEI 2013																							
		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	1 me 2013	0,8	0,6	0,6	0,8	1,1	1,4	1,8	2,0	2,1	2,0	1,7	1,4	1,1	0,9	0,6	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,4	1,5	1,4	1,2
2	2 me 2013	1,0	0,9	0,8	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	1,8	1,9	1,8	1,6	1,4	1,1	0,9	0,8	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
3	3 me 2013	1,2	1,1	1,0	0,9	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,7	1,6	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
4	4 me 2013	1,4	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,2	1,3	1,4	1,6	1,6	1,6	1,5	1,3	1,1	0,9	0,8	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3
5	5 me 2013	1,4	1,5	1,5	1,4	1,3	1,1	1,0	0,9	0,9	1,0	1,1	1,3	1,5	1,6	1,7	1,6	1,4	1,2	0,9	0,7	0,7	0,9	1,1	1,3
6	6 me 2013	1,4	1,6	1,7	1,7	1,6	1,4	1,1	0,9	0,7	0,7	0,8	1,0	1,3	1,5	1,7	1,8	1,6	1,4	1,1	0,8	0,6	0,6	0,7	0,9
7	7 me 2013	1,2	1,5	1,8	1,9	1,8	1,6	1,3	1,0	0,7	0,5	0,5	0,7	1,0	1,3	1,6	1,8	1,8	1,6	1,3	1,0	0,7	0,5	0,7	0,9
8	8 me 2013	1,0	1,4	1,8	2,0	2,0	1,9	1,6	1,2	0,8	0,5	0,4	0,5	0,7	1,1	1,4	1,7	1,8	1,8	1,5	1,2	0,8	0,6	0,5	0,6
9	9 me 2013	0,9	1,3	1,7	2,0	2,2	2,1	1,8	1,4	1,0	0,6	0,5	0,5	0,5	0,8	1,2	1,6	1,8	1,8	1,7	1,4	1,0	0,7	0,5	0,5
10	10 me 2013	0,7	1,1	1,5	1,9	2,2	2,2	2,1	1,7	1,2	0,8	0,4	0,3	0,3	0,6	1,0	1,3	1,7	1,8	1,7	1,5	1,2	0,8	0,6	0,5
11	11 me 2013	0,6	0,9	1,3	1,8	2,3	2,3	2,2	1,9	1,5	1,0	0,6	0,3	0,3	0,4	0,7	1,1	1,5	1,7	1,7	1,6	1,3	0,9	0,7	0,5
12	12 me 2013	0,5	0,8	1,2	1,6	2,0	2,2	2,3	2,1	1,7	1,3	0,8	0,5	0,3	0,4	0,6	0,9	1,3	1,5	1,7	1,6	1,4	1,1	0,8	0,6
13	13 me 2013	0,5	0,7	1,0	1,4	1,8	2,1	2,2	2,0	1,6	1,1	0,7	0,4	0,4	0,5	0,8	1,1	1,4	1,6	1,6	1,4	1,2	0,9	0,7	0,5
14	14 me 2013	0,6	0,6	0,9	1,2	1,6	1,9	2,1	2,2	2,0	1,7	1,2	0,9	0,6	0,5	0,5	0,7	1,0	1,2	1,4	1,5	1,3	1,0	0,8	0,5
15	15 me 2013	0,7	0,6	0,8	1,0	1,4	1,7	2,0	2,1	2,0	1,8	1,5	1,1	0,8	0,6	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,4	1,3	1,0	0,8	0,5
16	16 me 2013	0,8	0,7	0,8	0,9	1,2	1,5	1,7	1,9	1,9	1,8	1,6	1,3	1,1	0,9	0,7	0,8	1,0	1,2	1,3	1,4	1,4	1,1	0,8	0,5
17	17 me 2013	1,0	0,9	0,8	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,8	1,8	1,7	1,5	1,3	1,1	0,9	0,8	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,3	1,1	0,8
18	18 me 2013	1,2	1,1	1,0	1,0	1,1	1,2	1,4	1,4	1,5	1,6	1,6	1,5	1,4	1,3	1,1	1,0	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4
19	19 me 2013	1,3	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,4	1,4	1,5	1,5	1,4	1,3	1,2	1,0	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,4
20	20 me 2013	1,5	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,5	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4
21	21 me 2013	1,5	1,6	1,7	1,6	1,5	1,2	1,0	0,8	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,5	1,6	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,7	0,9	1,1	1,3
22	22 me 2013	1,4	1,7	1,9	1,9	1,8	1,5	1,2	0,9	0,7	0,6	0,6	0,8	1,1	1,4	1,6	1,7	1,6	1,4	1,1	0,9	0,6	0,6	0,7	0,9
23	23 me 2013	1,3	1,6	1,9	2,1	2,1	1,8	1,5	1,3	0,7	0,5	0,4	0,5	0,8	1,1	1,5	1,7	1,8	1,6	1,4	1,0	0,7	0,5	0,5	0,6
24	24 me 2013	1,0	1,4	1,9	2,2	2,3	2,1	1,8	1,4	0,9	0,5	0,5	0,5	0,9	1,3	1,6	1,8	1,8	1,6	1,2	0,9	0,5	0,4	0,5	0,6
25	25 me 2013	0,7	1,2	1,7	2,1	2,3	2,4	2,3	1,9	1,2	0,7	0,3	0,3	0,6	1,0	1,4	1,7	1,8	1,7	1,5	1,1	0,7	0,4	0,4	0,5
26	26 me 2013	0,5	0,9	1,4	1,9	2,3	2,5	2,4	2,0	1,5	1,0	0,5	0,2	0,1	0,3	0,7	1,1	1,5	1,8	1,8	1,6	1,3	0,9	0,6	0,4
27	27 me 2013	0,4	0,6	1,1	1,8	2,3	2,4	2,5	2,3	1,9	1,4	0,8	0,4	0,2	0,2	0,4	0,8	1,3	1,6	1,8	1,7	1,5	1,2	0,8	0,4
28	28 me 2013	0,4	0,5	0,8	1,3	1,7	2,2	2,4	2,4	2,1	1,7	1,2	0,7	0,4	0,2	0,3	0,6	1,0	1,4	1,6	1,7	1,6	1,4	1,0	0,7
29	29 me 2013	0,5	0,5	0,6	1,0	1,4	1,8	2,3	2,3	2,2	1,9	1,5	1,0	0,6	0,4	0,3	0,5	0,8	1,1	1,4	1,6	1,6	1,5	1,0	0,7
30	30 me 2013	0,7	0,6	0,8	1,1	1,5	1,8	2,1	2,1	2,0	1,7	1,4	1,0	0,7	0,5	0,5	0,6	0,9	1,2	1,4	1,5	1,6	1,4	1,2	0,7
31	31 me 2013	1,0	0,8	0,7	0,7	0,9	1,2	1,5	1,7	1,9	1,9	1,8	1,6	1,3	1,0	0,7	0,6	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,5	1,4	1,4

Sumber: LANTAMAL VIII.

**Komponen Pasang Surut Tahun 2013**

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

Tabel 9. Komponen Pasang Surut Tahun 2013

Tetapan yang digunakan	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4	IS0
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 10. Komponen Pasang Surut Tahun 2013

Elevasi Muka Air	Satuan	Data	Satuan	Data
HHWL	cm	250	m	2.5
LLWL	cm	10	m	0.1
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 Bailang dengan data parameter DAS sebagai berikut:  $L = 99,176 \text{ km}$ ;  $s = 0,017428 \text{ m/m}$ ; dan  $n = 0,076$ , diperoleh:

$$T_c = \frac{0,606(L.n)^{0,467}}{s^{0,234}} = 3,393842 \text{ jam}$$

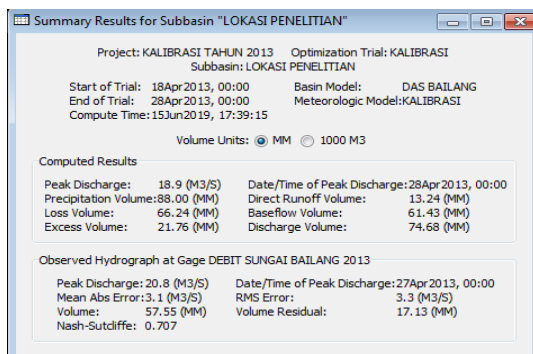
$$T_l = 0,6 \cdot T_c = 2,036305 \text{ jam}$$

**Kalibrasi Parameter HSS SCS**

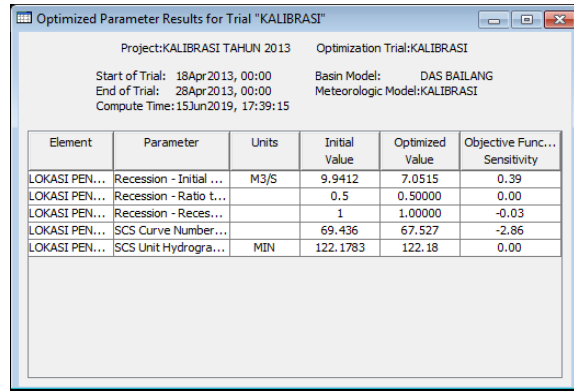
Kalibrasi merupakan suatu proses dimana nilai hasil perhitungan dibandingkan dengan nilai hasil observasi lapangan. Kalibrasi Parameter HSS SCS perlu dilakukan untuk mencari nilai parameter HSS SCS teroptimasi dengan membandingkan hasil simulasi HEC-HMS dengan data debit terukur.

Kalibrasi dilakukan pada DAS lokasi penelitian dengan data debit terukur di lapangan.

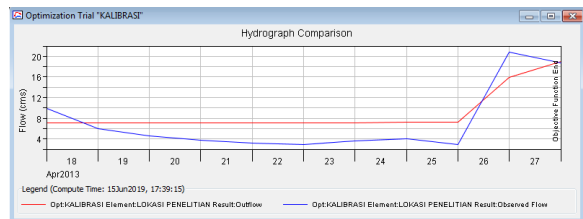
Data hujan dan data debit dimasukkan ke komponen Time-Series Data. Data hujan dan data debit yang digunakan adalah data tahun 2013, dengan waktu mulai pada 18 April 2013 dan waktu selesai 28 April 2013. Data debit yang digunakan adalah data debit sungai Bailang.



Gambar 3. Rangkuman Hasil Kalibrasi



Gambar 4. Parameter Teroptimasi Hasil Kalibrasi DAS Bailang

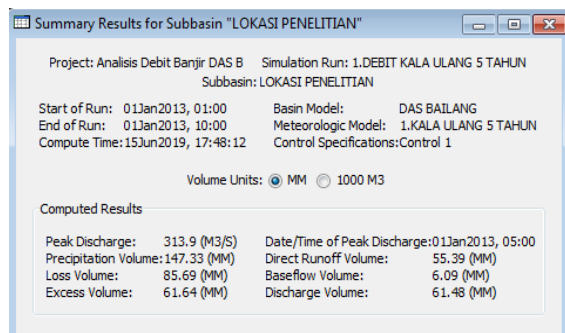


Gambar 5. Grafik Perbandingan Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur

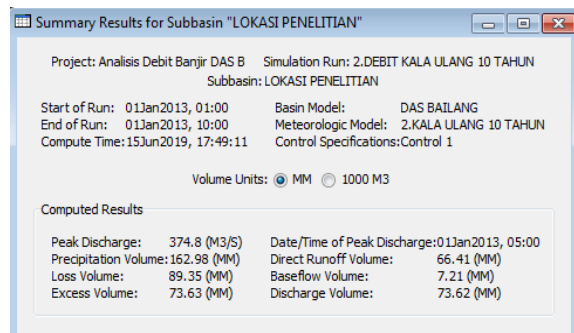
**Simulasi Debit Banjir dengan Program Komputer HEC-HMS**

Semua parameter terkalibrasi akan digunakan sebagai parameter pada komponen sub-DAS untuk perhitungan debit banjir.

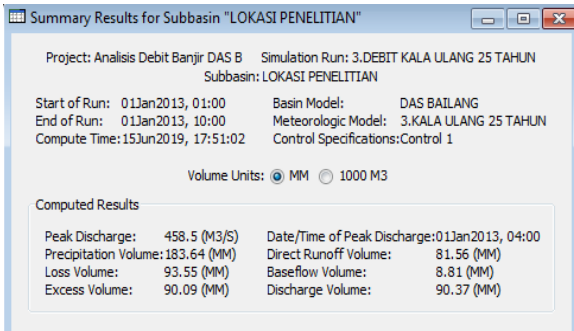
Dengan data hujan rencana jam-jaman yang telah dihitung maka diperoleh hasil simulasi program komputer HEC-HMS sebagai berikut:



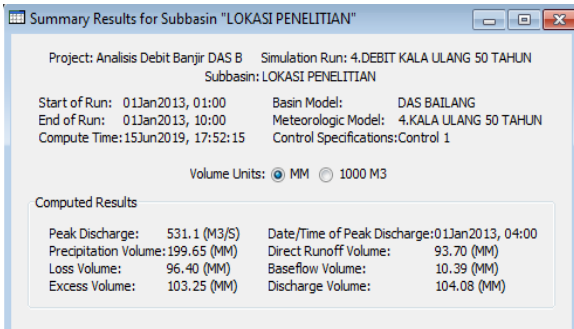
Gambar 6. Summary Result Kala Ulang 5 Tahun



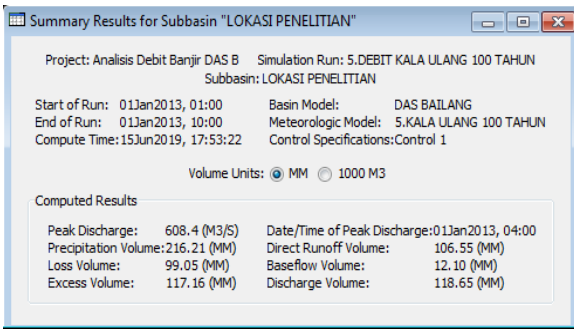
Gambar 7. Summary Result Kala Ulang 10 Tahun



Gambar 8. Summary Result Kala Ulang 25 Tahun



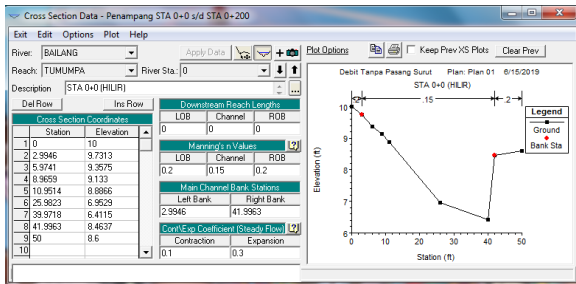
Gambar 9. Summary Result Kala Ulang 50 Tahun



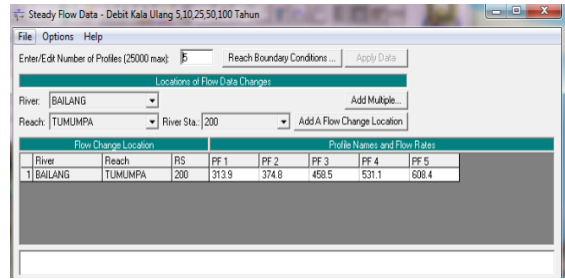
Gambar 10. Summary Result Kala Ulang 100 Tahun

### Analisis Tinggi Muka Air

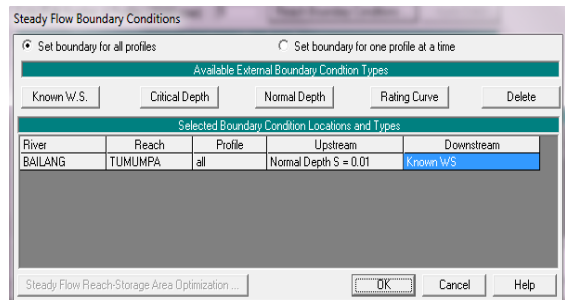
Analisis tinggi muka air menggunakan program komputer HEC-RAS membutuhkan data masukan yaitu penampang sungai, karakteristik saluran untuk nilai koefisien  $n$  Manning, dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng (*Steady Flow*).



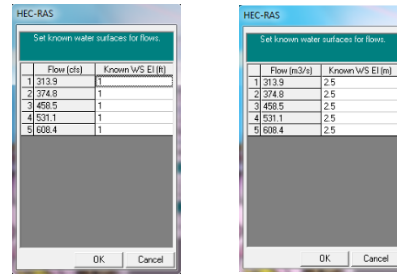
Gambar 11. Memasukkan Data Penampang Sungai



Gambar 12. Pengisian Data Debit



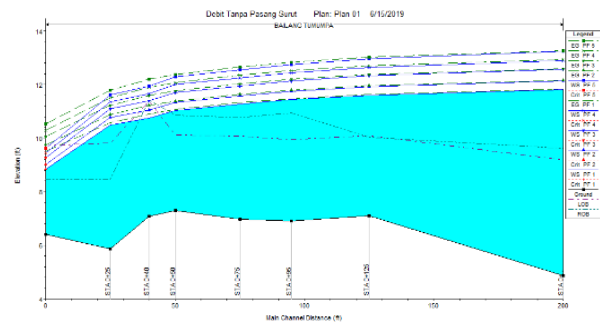
Gambar 13. Pengisian Reach Boundary Conditions



Gambar 14. Pengisian Known Ws Tanpa dan Dengan Pengaruh Pasang Surut

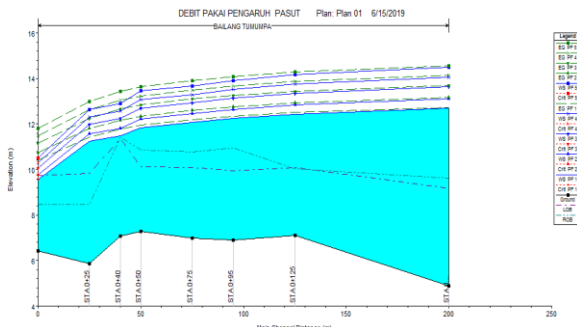
### Simulasi Tinggi Muka Air Dengan Program Komputer HEC-RAS

Hasil simulasi menunjukkan bahwa semua penampang sungai Bailang 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 15. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Bailang Tanpa Pengaruh Pasang Surut





Gambar 16. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Bailang Dengan Pengaruh Pasang Surut

## PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Besarnya debit puncak Sungai Bailang pada kala ulang 5 tahun = 313,9 m<sup>3</sup>/dtk, kala ulang 10 tahun = 374,8 m<sup>3</sup>/dtk, kala ulang 25 tahun = 458,5 m<sup>3</sup>/dtk, kala ulang 50 tahun = 531,1 m<sup>3</sup>/dtk dan kala ulang 100 tahun = 608,4 m<sup>3</sup>/dtk.

2. Pada kondisi tanpa pasang surut kala ulang 5 tahun, 10 tahun dan 25 tahun penampang STA 0+0, STA 0+25, STA 0+50, STA 0+75, STA 0+95, STA 0+125 dan STA 0+200 sudah tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi. Sedangkan untuk kala ulang 50 tahun dan 100 tahun semua penampang sudah tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi.
3. Pada kondisi dengan menggunakan pasang surut pada kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun semua penampang sudah tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi.
4. Kenaikan muka air banjir Sungai Bailang akibat pasang surut bervariasi mulai dari yang terendah 0.71 meter dan tertinggi mencapai 1.25 meter.

### Saran

Pengkajian ulang dan peninjauan secara lebih detail terhadap usaha yang dilakukan untuk penanggulangan dan pengendalian banjir di Sungai Bailang akibat debit banjir rencana perlu dilakukan melalui beberapa upaya seperti pembuatan/ peninggian tanggul banjir dan normalisasi alur.

## DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_\_\_. *Data Hujan Harian Pos Hujan Talawaan*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- \_\_\_\_\_. *Data Hujan Harian Pos Hujan Tikala*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- \_\_\_\_\_. *Data Hujan Harian Pos Hujan Tikala-Sawangan*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- \_\_\_\_\_. *Data Debit Harian Sungai Bailang*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- \_\_\_\_\_. *Global Mapper*. Data GIS Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- Anandhita, T., & Hambali, R. 2018. *Analisis Pengaruh Backwater (Air Balik) terhadap Banjir Sungai Rangkui Kota Pangkalpinang*. Jurnal Fropil Vol 03 No 2 Juli-Desember 2015, Universitas Bangka Belitung, Pangkalpinang.
- Jansen, Tommy., 2018. *Tinjauan Pengaruh Pasang Surut Terhadap Pola Arus Di Teluk Amurang, Sulawesi Utara*. Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Kamase, Melinda., 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 No.4 Juni 2017 (175-185) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Liunsanda, Moses., Jeffry D. Mamoto, Ariestides K. T. Dundu. 2017. *Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai Di Pantai Pal Kabupaten Minahasa Utara*. Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.9 November 2017 (613-623) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

- Meruntu, Philips A., Jeffry S. F. Sumarauw, Tiny Mananoma. 2017. *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.
- 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.
- Samuel., Irdam Adil, Dwi Wisayantono, 2017. *Penentuan Chart Datum Pada Sungai yang Dipengaruhi Pasang Surut (Studi Kasus: Teluk Sangkulirang, Kalimantan Timur)*. Institut Teknologi Bandung.
- Sukarno, Liany, A Hendratta & Hanny Tangkudung. 2017. *Studi Aliran Banjir Pada Pertemuan Muara Sungai Tondano dan Sungai Sawangan*. Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.10 Desember 2017 (711-716) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Triatmodjo, Bambang., 1999. *Teknik Pantai*. Betta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang., 2008. *Hidrologi Terapan*. Betta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang., 2012. *Perencanaan Bangunan Pantai*. Betta Offset, Yogyakarta.