

ANALISIS KAPASITAS PENAMPANG SUNGAI DI KELURAHAN TONA 1 KABUPATEN SANGIHE

Marleve Ighnatius Sasundung Gaghana

Alex Binilang, Liany A. Hendratta

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: marlevgaghana@gmail.com

ABSTRAK

Banjir merupakan masalah yang sangat sering terjadi di Indonesia termasuk di wilayah Kota Tahuna. Penyebab terjadinya banjir cukup beragam, diantaranya karena kurangnya daerah resapan air, pembangunan di pinggir sungai yang mengakibatkan mengecilnya penampang sungai. Sungai Buas merupakan salah satu sungai yang ada di Kabupaten Kepulauan Sangihe, Kecamatan Tahuna Timur. Sungai Buas adalah sungai yang debitnya berubah-ubah tiap tahunnya mengakibatkan meluapnya sungai tersebut, puncaknya terjadi pada tahun 2008 dan 2014. Meluapnya sungai Buas menggenangi pemukiman penduduk disekitarnya.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan besaran debit banjir dan tinggi muka air penampang di sungai Buas di titik jembatan dekat dengan kantor Telkom Tahuna, Kelurahan Tona 1, terhadap berbagai kala ulang banjir. Penelitian ini menggunakan metode log person III. Sumber data yang digunakan adalah data-data primer dan sekunder, data curah hujan pos Kuma atau data sekunder dari kantor badan wilayah sungai.

Berdasarkan hasil penelitian didapat curah hujan tinggi, kemudian dilakukan simulasi hujan aliran dengan HSS SCS menggunakan program computer HEC-HMS. Hasil dari simulasi debit puncak dimasukkan ke dalam program computer HEC-RAS untuk simulasi tinggi muka air pada penampang yang telah diukur. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penampang pada STA 0 + 73 dan 0 + 83 tidak dapat menampung debit banjir terjadi untuk kala ulang 100 tahun.

Kata kunci: *Debit Banjir Rencana, Kapasitas Penampang, HEC-HMS, HEC-RAS*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Banjir merupakan masalah yang sangat sering terjadi di Indonesia termasuk di wilayah Kota Tahuna. Penyebab terjadinya banjir cukup beragam, diantaranya karena kurangnya daerah resapan air, pembangunan di pinggir sungai yang mengakibatkan mengecilnya penampang sungai. Hal ini mengakibatkan air yang ada di sungai meluap dan membanjiri daerah-daerah sekitarnya.

Sungai Buas merupakan salah satu sungai yang ada di Kabupaten Kepulauan Sangihe, Kecamatan Tahuna Timur. Sungai ini cukup berperan menyumbang debit sehingga terjadi banjir yang sangat membahayakan nyawa warga dan juga berdampak pada materil yang terbawa banjir karena lokasi sungai ini melintasi kawasan pemukiman penduduk.

Dalam beberapa tahun terakhir sungai ini seringkali meluap dan mengakibatkan banjir. Dari informasi penduduk sekitar, daerah yang dilintasi sungai Buas rentan terjadi banjir ketika terjadi hujan dengan intensitas tinggi dan dalam

kurun waktu panjang. Seperti kasus yang terjadi pada Tahun 2008 dan 2014 daerah sekitar tergenang karena luapan sungai tersebut. Hal ini merupakan permasalahan serius dan memerlukan perhatian khusus dari pihak-pihak terkait untuk segera dicarikan solusi dan penyelesaiannya.

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas maka dibutuhkan suatu studi tentang analisis debit banjir untuk menghitung besarnya debit banjir dan kapasitas penampang dari sungai Buas.

Rumusan Masalah

Terjadi luapan air akibat banjir sungai Buas yang menggenangi pemukiman penduduk di sekitarnya.

Batasan Penelitian

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

- 1 Lokasi yang akan diteliti adalah sungai Buas Kelurahan Tona 1 dan Titik tinjauannya Jembatan dekat dengan kantor Telkom Tahuna dan di ukur 101 meter ke hulu

- 2 Analisis dihitung dengan bantuan program komputer HEC-HMS untuk analisis hidrologi dan HEC-RAS untuk analisis hidrolika

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan besaran debit banjir dan tinggi muka air penampang sungai Buas di titik jembatan dekat dengan kantor Telkom Tahuna, Kelurahan Tona 1, terhadap berbagai kala ulang banjir

Survei Lokasi Dan Pengumpulan Data

Survei lokasi dilakukan untuk melihat secara langsung keadaan pada sungai tersebut.

Survey ini bertujuan untuk mendapatkan data primer dan sekunder sebagai berikut :

- 1 Data penampang sungai,
- 2 Data curah hujan,
- 3 Peta Topografi dan peta DAS,
- 4 Data debit terukur.

Manfaat Penelitian

Adanya studi ini akan diperoleh besaran debit dan tinggi muka air sehingga pemerintah bisa mencari solusi untuk mengantisipasi meluapnya sungai tersebut

LANDASAN TEORI

Daur Hidrologi

Daur hidrologi adalah gerakan air laut ke udara, yang kemudian jatuh ke permukaan tanah lagi sebagai hujan atau bentuk presipitasi lain, dan akhirnya mengalir ke laut kembali. Susunan secara siklis peristiwa tersebut tidaklah sederhana.

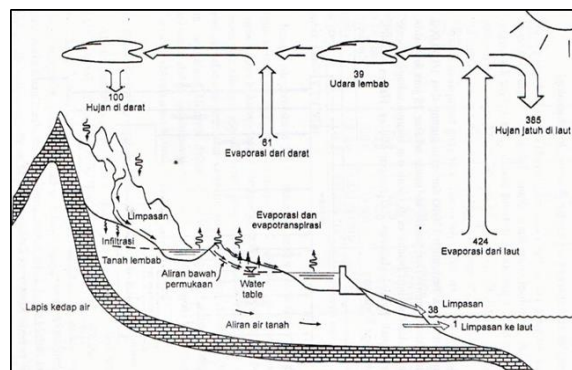
Pertama, daur tersebut dapat berupa daur pendek, yaitu hujan yang jatuh di laut, danau atau sungai yang segera dapat mengalir kembali ke laut.

Kedua, tidak adanya keseragaman waktu yang diperlukan oleh suatu daur. Pada musim kemarau kelihatannya daur berhenti sedangkan di musim hujan daur berjalan kembali.

Ketiga, intensitas dan frekuensi daur tergantung pada keadaan geografis dan iklim, yang mana hal ini merupakan akibat adanya matahari yang berubah-ubah letaknya terhadap meridian bumi sepanjang tahun (sebenarnya yang berubah-ubah letaknya adalah planet bumi terhadap matahari).

Keempat, 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.



Gambar 1. Siklus Hidrologi
Sumber: Triatmodjo, 2008.

Siklus hidrologi merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali lagi ke bumi. Neraca air tahunan diberikan dalam nilai relative terhadap hujan yang jatuh di daratan (100%). 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 siklus hidrologi.

Karakteristik Sungai

Bagian hulu merupakan daerah sumber erosi karena pada umumnya alur sungai melalui daerah pegunungan, perbukitan atau lereng gunung api yang kadang-kadang mempunyai cukup ketinggian dari muka laut.

Bagian tengah merupakan daerah peralihan dari bagian hulu dan hilir. Kemiringan dasar

sungai lebih landai sehingga kecepatan aliran relatif lebih kecil dari pada bagian hulu.

Bagian hilir biasanya melalui daerah pendataran yang terbentuk dari endapan pasir halus sampai kasar, lumpur, endapan organik dan jenis endapan lainnya yang sangat labil.

Morfometri daerah aliran sungai adalah istilah yang digunakan untuk menyatakan keadaan jaringan alur sungai secara kuantitatif, keadaan yang dimaksud untuk analisa aliran sungai. Secara garis besar dapat diuraikan sebagai berikut:

a) Luas

Garis batas antara DAS adalah punggung permukaan bumi yang dapat memisahkan dan membagi air hujan ke masing-masing DAS. Garis batas tersebut ditentukan berdasarkan perubahan kontur dari peta topografi sedangkan luas DAS-nya dapat diukur dengan Planimeter. Skala peta yang digunakan akan mempengaruhi ketelitian perhitungan luasnya. Sebagai contoh skala peta 1 : 250.000 dengan interval kontur 50 m dapat memberikan hasil yang teliti jika luasnya lebih dari 40 km², dengan kesalahan yang diizinkan sekitar 5%. Dengan demikian semakin kecil DAS yang dihitung diperlukan peta topografi dengan skala semakin besar.

Tabel 1. Batasan Penggunaan Peta Topografi untuk Menghitung Luas DAS

Skala Peta	Luas DAS minimal (km ²)	Inteval Kontur
1 : 250.000	40	50
1 : 250.000	25	40
1: 100.000	7	25
1 : 50.000	1,6	25
1: 25.000	0,4	12,5
1 : 20.000	0,25	10
1 : 10.000	0,07	5

Sumber: Soewarno, 1995

Di Indonesia pengukuran luas dari suatu DAS kadang-kadang sulit dilakukan karena adanya jaringan irigasi yang masuk atau keluar dari suatu DAS. Dengan demikian penentuan batas harus dilakukan oleh seorang hidrolog yang paham bentuk tentang lokasi DAS yang dimaksud.

Apabila dalam suatu DAS volume aliran total untuk periode satu tahun terutama disebabkan oleh volume banjir, sedangkan volume aliran yang keluar atau masuk saluran irigasi lebih kecil, maka batas DAS tersebut cukup ditentukan berdasarkan batas alami saja. Data luas DAS sangat berguna dalam analisa

data aliran sungai, misalnya saja perhitungan tinggi aliran tebal sedimen dan sebagainya.

b) Panjang dan Lebar.

Panjang DAS adalah sama dengan jarak datar dari muara sungai ke arah hulu sepanjang sungai induk. Lebar DAS dihitung berdasarkan luas DAS dibagi panjangnya.

c) Orde dan Tingkat Percabangan Sungai.

Alur sungai di dalam suatu DAS dapat dibagi dalam beberapa orde sungai. Orde sungai adalah posisi percabangan alur sungai di dalamnya urutannya terdapat induk sungai di dalam suatu DAS. Dengan demikian makin banyak jumlah orde sungai akan semakin luas pula DAS-nya dan akan semakin panjang pula alur sungainya.

Analisis Data Outlier

Data hidrologi yang diukur atau nilai yang diperolehnya sudah tentu mengandung kesalahan. Dalam analisis hidrologi, output yang dihasilkan mempunyai kesalahan yang besar karena input datanya mempunyai kesalahan.

Di dalam praktik sering ditemui keadaan data setempat yang baik kualitatif maupun kuantitatif tidak memenuhi syarat. Namun apapun keadaan datanya, analisa harus diteruskan dengan cara-cara terbaik yang dikenal. Apabila mungkin untuk kepentingan tertentu maka kualitas data yang kurang baik dapat diperbaiki

Data outlier adalah data yang menyimpang terlalu tinggi ataupun terlalu rendah dari sekumpulan data. Uji outlier dilakukan untuk mengoreksi data sehingga baik untuk digunakan pada analisis selanjutnya.

Uji data outlier mempunyai 3 syarat, yaitu:

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

Rumus yang digunakan:

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{n} \tag{1}$$

$$S_{log} = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \overline{\log x})^2}{N-1}} \tag{2}$$

$$Cs_{log} = \frac{N}{(N-1)(N-2)S_{log}^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 \tag{3}$$

Outlier tinggi:

$$\log x_h = \overline{\log x} + Kn \cdot S_{log} \tag{4}$$

Outlier rendah:

$$\log x_l = \overline{\log x} - Kn \cdot S_{log} \tag{5}$$

dengan:

- Cs_{log} = Koefisien Kemencengan.
- S_{log} = Simpangan Baku.
- $\overline{\log x}$ = Nilai rata-rata.
- Kn = Nilai K (diambil dari outlier test K value) tergantung dari jumlah data yang dianalisis.
- $\log x_h$ = *Outlier* tinggi.
- $\log x_l$ = *Outlier* rendah.

Nilai Kn dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

Untuk nilai Cs_{log} lebih dari 0,4:
 $Kn = -0,62201 + (6,28446 \times N^{1/4}) - (2,49835 \times N^{1/2}) - (0,037911 \times N) \dots\dots (6)$

Untuk nilai Cs_{log} kurang dari -0,4:
 $Kn = -3,62201 + (6,28446 \times N^{1/4}) - (2,49835 \times N^{1/2}) + (0,491436 \times N^{3/4}) - (0,037911 \times N) \dots\dots (7)$

Pemilihan Tipe Distribusi

Analisa hidrologi terhadap data curah hujan yang ada harus sesuai dengan tipe distribusi datanya. Masing-masing tipe distribusi memiliki sifat-sifat yang khusus sehingga tiap data hidrologi harus diuji kesesuaiannya dengan sifat masing-masing tipe distribusi tersebut. Sebagai perkiraan awal, tipe distribusi yang sesuai dapat diketahui berdasarkan parameter statistik.

Hal ini dilakukan dengan melakukan tinjauan terhadap syarat batas parameter statistik tipe distribusi dengan parameter statistik data pengamatan.

Parameter-parameter yang digunakan sebagai langkah awal penentuan tipe distribusi adalah Cs , Cv , Ck . Kriteria pemilihan untuk tiap tipe distribusi berdasarkan parameter statistik adalah sebagai berikut.

1. Tipe distribusi Normal
 $Cs \approx 0 ; Ck \approx 3$
2. Tipe distribusi Log Normal
 $Cs \approx 3Cv$
3. Tipe distribusi Gumbel
 $Cs \approx 1.139; Ck \approx 5.4$

Bila kriteria ketiga sebaran di atas tidak memenuhi, kemungkinan tipe sebaran yang cocok adalah:

4. Tipe distribusi Log Pearson III

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:

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

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

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (9)$$

Nilai CN adalah *Curve Number* yang merupakan fungsi dari karakteristik DAS seperti tipe tanah, tanaman penutup, tata guna lahan, kelembaman dan cara pengerjaan tanah. Berikut adalah tabel Nilai CN untuk berbagai kebutuhan.

Tabel 2. Nilai CN untuk Beberapa Tata Guna Lahan

Jenis Tagatuna tanah	Tipe Tanah			
	A	B	C	D
Tanah yang diolah dan ditanami				
- dengan konservasi	72	81	88	91
- tanpa konservasi	62	71	78	81
Padang rumput				
- kondisi jelek	68	79	86	89
- kondisi baik	39	61	74	80
Padang rumput: kondisi baik	30	58	71	78
Hutan - tanaman jarang, penutupan jelek	45	66	77	83
- penutupan baik	25	55	70	77
Tempat terbuka, halaman rumput, lapangan golf, kuburan, dsb				
- kondisi baik: rumput menutup 75% atau lebih luasan	39	61	74	80
- kondisi sedang: rumput menutup 50% - 75% luasan	49	69	79	84
Daerah perniagaan dan bisnis (85% kedap air)	89	92	94	95
Daerah industri (72% kedap air)	81	88	91	93
Pemukiman				
Luas % kedap air				
1/8 acre atau kurang 65	77	85	90	92
1/4 acre 38	61	75	83	87
1/3 acre 30	57	72	81	86
1/2 acre 25	54	70	80	85
1 acre 20	51	68	79	84
Tempat parkir, atap, jalan mobil (dihalaman)	98	98	98	98
Jalan				
- Perkerasan dengan drainasi	98	98	98	98
- kerikil	76	85	89	91
- tanah	72	82	87	89

Catatan 1 acre = 0,4047 ha

Sumber: Triatmodjo, 2008

Jenis tanah sangat berpengaruh terhadap nilai hujan efektif. Jenis tanah dibagi dalam empat kelompok yaitu:

- A : terdiri dari tanah dengan potensi limpasan rendah, mempunyai laju infiltrasi tinggi. Terutama untuk tanah pasir (*deep sand*) dengan *silty* dan *clay* sangat sedikit, Juga kerikil (*gravel*) yang sangat lulus air.

- B : terdiri dari tanah dengan potensi limpasan agak rendah, laju infiltrasi sedang. Tanah berbutir sedang (*sandy soils*) dengan laju meloloskan air sedang.
- C : terdiri dari tanah dengan potensi limpasan agak tinggi, laju infiltrasi lambat jika tanah tersebut sepenuhnya basah. Tanah berbutir sedang sampai halus (*clay* dan *coloids*) dengan laju meloloskan air lambat.
- D : terdiri dari tanah dengan potensi limpasan tinggi, mempunyai laju infiltrasi sangat lambat. Terutama tanah liat (*clay*) dengan daya kembang (*swelling*) tinggi, tanah dengan muka air tanah permanen tinggi, tanah dengan lapis lempung di dekat permukaan dan tanah yang dilapisi dengan bahan kedap air. Tanah ini mempunyai laju meloloskan air sangat lambat.

Tabel 3. berikut memberikan klasifikasi tanah untuk berbagai jenis tanah, dalam tabel tersebut juga diberikan perkiraan laju infiltrasi minimumnya.

Tabel 3. Klasifikasi Tanah Secara Hidrologi Berdasar Tekstur Tanah

Tekstur tanah	Laju Infiltrasi Minimum (fc)(mm/jam)	Pengelompokan Tanah Secara Hidrologi
Sand	210	A
Loamy Sand	61	A
Sandy loam	26	B
Loam	13	B
Silty loam	6,9	C
Sandy clay loam	4,3	C
Silty clay loam	2,3	D
Clay loam	1,5	D
Sandy clay	1,3	D
Silty clay	1,0	D
Clay	0,5	D

Sumber: Triatmodjo, 2008.

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:

1. *Metode Analisis Probabilitas Frekuensi Banjir*. Metode ini digunakan apabila data debit yang tersedia cukup panjang (> 20 tahun) sehingga analisisnya dapat dilakukan dengan distribusi probabilitas.
2. *Metode Rasional*. $Q = C.I.A$ Metode ini digunakan jika data aliran sungai tidak mencukupi, sehingga data curah hujan dipakai

dalam rumus tersebut. Metode ini lebih cocok untuk DAS yang kecil.

3. *Metode Analisis Regional*. Metode ini dapat digunakan apabila data debit yang tersedia berada di antara 10 – 20 tahun. Data debit dapat diambil dari berbagai daerah pengaliran yang ada tetapi masih dalam satu regional.
4. *Metode Puncak Banjir di Atas Ambang*. Metode ini digunakan apabila data debit yang tersedia di antara 3 – 10 tahun. Metode ini berdasarkan pengambilan puncak banjir dalam selang satu tahun di atas ambang tertentu dan hanya cocok untuk data yang didapat dari pos duga air otomatis.
5. *Metode Empiris*. Rumus-rumus ini digunakan dengan mendasarkan ketentuan-ketentuannya pada hasil pengamatan. Rumus-rumus empiris yang sudah dipakai antara lain adalah Hidrograf Satuan.
6. *Metode Analisis Regresi*. Metode ini menggunakan persamaan-persamaan yang dihasilkan *Institute of Hydrology (IoH)* dan Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan dengan data hujan dan karakteristik daerah pengaliran sungai (DPS), selanjutnya untuk banjir dengan periode ulang tertentu digunakan lengkung analisis regional.

Dalam penelitian ini akan digunakan metode empiris yaitu hidrograf satuan untuk menghitung besarnya debit banjir dengan bantuan program computer HEC-HMS.

Hidrograf Satuan Sintetis

Seperti disebutkan sebelumnya, untuk menghitung hidrograf satuan diperlukan data debit terukur dan data hujan yang cukup untuk memodelkan hidrograf satuan dari suatu DAS. Namun pada praktiknya penerapan hidrograf satuan masih terbatas pada DAS yang relatif kecil dan tidak efektif bagi daerah dengan data hujan dan debit yang tidak lengkap.

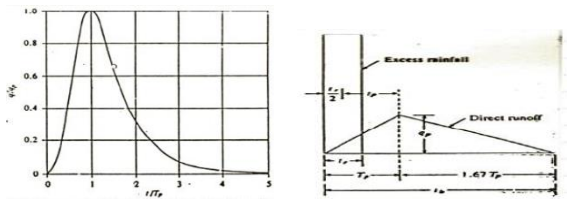
Konsep Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) dikembangkan untuk menurunkan hidrograf satuan suatu DAS dengan cara sintetis. Konsep Hidrograf Satuan Sintetis didasarkan pada karakteristik fisik dari DAS.

Parameter-parameter yang umum dipakai dalam perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis antara lain: Luas DAS, Panjang sungai, Kelandaian DAS, jumlah pertemuan sungai, kerapatan jaringan dan orde sungai. Terdapat beberapa model Hidrograf Satuan Sintetis yaitu HSS SCS, HSS Snyder, HSS Nakayasu, HSS Gama – 1, HSS Limantara.

Hidrograf Satuan Sintetis Soil Conservation Services (SCS)

Hidrograf tidak berdimensi SCS (*Soil Conservation Services*) adalah hidrograf satuan sintetis dimana debit dinyatakan sebagai nisbah debit q terhadap debit puncak q_p dan waktu dalam nisbah waktu t terhadap waktu naik dari hidrograf satuan T_p .

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



Gambar 2. Grafik unit hidrograf SCS tak berdimensi
Sumber: Sumarauw, 2013

Parameter-parameter SCS:

Untuk luas DAS < 16 km²

$$T_1 = \frac{L^{0,8} (2540 - 22,86 CN)^{0,7}}{14,104 CN \times S^{0,5}} \quad (10)$$

Untuk luas DAS ≥ 16 km²

$$T_1 = 0,6 T_c \quad (11)$$

$$T_p = \frac{T_r}{2} + T_1 \quad (12)$$

$$Q_p = \frac{2,08 \times A}{T_p} \quad (13)$$

Untuk luas DAS < 2km²

$$T_b = \frac{8}{3} T_p \quad (14)$$

$$T_b = 5 \frac{S}{d} 20 T_p \quad (15)$$

Menghitung *Time of Concentration* (T_c):

$$T_c = \frac{0,606 (L \cdot n)^{0,467}}{S^{0,234}} \quad (16)$$

- T_c =waktu konsentrasi (jam)
- L =kemiringan lahan antara elevasi maksimum dan maksimum dan minimum (m/m)
- S =kemiringan lahan antara elevasi maksimum dan minimum (m/m)
- N =koefisien kekasaran lahan.

Tabel 4. Koefisien kekasaran lahan HSS SCS

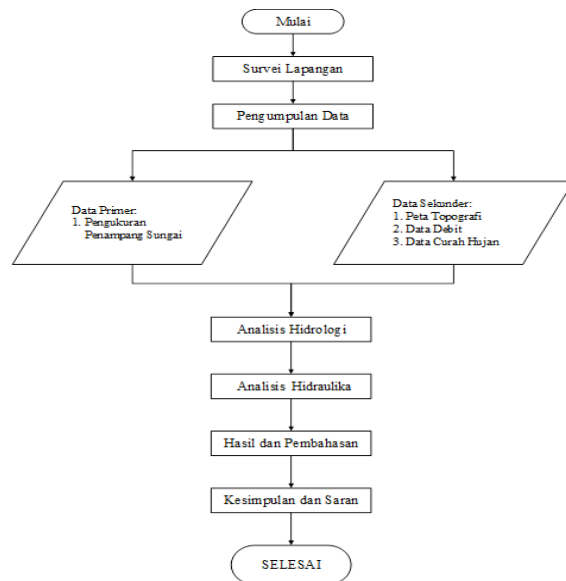
Tata Guna Lahan	n
Kedap air	0,02
Timbunan tanah	0,1
Tanaman pangan/tegalan dengan sedikit rumput	0,2
Padang rumput	0,4
Tanah gundul yang kasar dengan runtunan dedaunan	0,6
Hutan dan sejumlah semak belukar	0,8

METODOLOGI PENELITIAN

Sungai yang menjadi lokasi penelitian ini melintasi daerah Tona 1. Sungai ini memiliki arus yang tidak terlalu deras dan terdapat pemukiman di pinggir sungai serta melewati jembatan.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian digambarkan dalam bagan alir pada Gambar 3.



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan di DAS Buas dilakukan dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan periode pencatatan tahun 2004 sampai dengan tahun 2015. Pos hujan yang digunakan sebanyak 1 Pos Hujan MRG kuma. Berikut merupakan data hujan harian maksimum dari tahun 2004 sampai 2015.

Pengujian data outlier

Pengujian data *outlier* dilakukan untuk menentukan berapa banyak data yang menyimpang terlalu tinggi dan terlalu rendah. Data yang menyimpang bisa dikarenakan kesalahan saat pencatatan data atau adanya kejadian ekstrim. Berikut adalah uji *outlier* data hujan harian maksimum pos hujan Kuma.

Tabel 4. Curah Hujan Harian Maksimum

TAHUN	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
	MRG Kuma
2004	128
2005	71,1
2006	-
2007	-
2008	80
2009	82,3
2010	78,5
2011	197
2012	165
2013	128
2014	207
2015	87,2

Sumber: BWSS I, 2017

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{n} = \frac{20.548}{10} = 2,050$$

$$S_{\log} = \sqrt{\frac{\sum(\log x - \overline{\log x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,2798}{10-1}} = 0,1763$$

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

$$= \frac{10}{(10-1)(10-2)0,2798^3} 0,01602 = 0,406$$

Nilai CS_{\log} lebih besar dari 0,4 sehingga dilakukan uji *outlier* tinggi terlebih dahulu lalu dilakukan koreksi data, kemudian uji *outlier* rendah lalu koreksi data. Sebelum dilakukan uji *outlier* tinggi, dihitung terlebih dahulu nilai Kn sesuai Persamaan 6. karena nilai CS_{\log} lebih besar dari 0,4.

$$Kn = - 0,62201 + (6,28446 \times 10^{1/4}) - (2,49835 \times 10^{1/2}) - (0,037911 \times 10)$$

$$= 4,6139$$

Uji outlier tinggi dihitung dengan Persamaan 4.

$$\log x_h = \overline{\log x} + Kn \cdot S_{\log}$$

$$= 2,050 + 4,6139 \times 0,1763$$

$$X_h = 738,310$$

Hasil perhitungan *outlier* tinggi = 738,310 masih lebih tinggi dari nilai hujan tertinggi yaitu 207 maka tidak dilakukan koreksi data dan dilanjutkan dengan uji *outlier* rendah.

Tabel 5. Parameter Uji *Outlier* Pos Hujan Kuma

No	R=x	Logx	logx-logx̄	(logx-logx̄)2	(logx-logx̄)3
1	128	2,10720997	0,052401368	0,002745903	0,0001438
2	71,1	1,851869601	-0,202939001	0,041184238	-0,0083578
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	80	1,903089987	-0,151718615	0,023018538	-0,0034923
6	82,3	1,915399835	-0,139408767	0,019434804	-0,0027093
7	78,5	1,894869657	-0,159938945	0,025580466	-0,0040913
8	197	2,294466226	0,239657624	0,057435777	0,0137649
9	165	2,217483944	0,162675342	0,026463267	0,0043049
10	128	2,10720997	0,052401368	0,002745903	0,0001438
11	207	2,315970345	0,261161743	0,068205456	0,0178126
12	87,2	1,940516485	-0,114292117	0,013062688	-0,0014929
Σ		20,54808602		0,279877042	0,0160263

Sumber: Hasil Olahan

$$\begin{aligned} \text{Log } x_1 &= \overline{\log x} - K_n \cdot S_{\log} \\ &= 2,050 - 4,6139 \times 0,1763 \\ X_1 &= 17,4332 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan *outlier* rendah = 17,4332 masih lebih rendah dari nilai hujan terendah yaitu 71,1.

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). Untuk membantu perhitungan parameter untuk penentuan tipe distribusi, dibuat Tabel 6. berikut

Tabel 6. Perhitungan Parameter Penentuan Jenis Sebaran

Rank	Data (Seri X)	x-x	(x-x)2	(x-x)3	(x-x)4
1	128	5,59	31,2481	174,6769	976,4438
2	71,1	-51,31	2632,716	-135085	6931194
3	80	-42,41	1798,608	-76279	3234991
4	82,3	-40,11	1608,812	-64529,5	2588276
5	78,5	-43,91	1928,088	-84662,3	3717524
6	197	74,59	5563,668	414994	30954403
7	165	42,59	1813,908	77254,35	3290263
8	128	5,59	31,2481	174,6769	976,4438
9	207	84,59	7155,468	605281	51200724
10	87,2	-35,21	1239,744	-43651,4	1536965
Σ	1224,1	-1,4E-13	23803,51	693671,9	1,03E+08

Sumber: Hasil Olahan

Rata-rata hitung:

$$\begin{aligned} \bar{X} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \frac{1}{10} \times 1224,1 \\ &= 12241 \end{aligned}$$

Simpangan Baku:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{2380,51}{10-1}} = 16,26$$

Koefisien *Skewness* (Kemencengan):

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{n}{(n-1)(n-2)} \cdot S^3 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \\ &= \frac{10}{(10-1)(10-2)} \cdot 16,26^3 \times 693,671,9 \\ &= 0,70 \end{aligned}$$

Koefisien Variasi:

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{16,26}{12241} = 0,420$$

Koefisien Kurtosis

$$\begin{aligned} C_k &= \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3) \cdot S^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 \\ &= \frac{10^2}{(10-1)(10-2)(10-3) \cdot 16,26^4} \times 8.716.604,222 = 2,934 \end{aligned}$$

Penentuan tipe distribusi adalah dengan melihat kecocokan nilai dari parameter statistik Cs, Cv dan Ck dengan syarat untuk tiap tipe distribusi. Penentuan jenis sebaran disajikan dalam Tabel 7. berikut:

Tabel 7. Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	Cs = 0	0,70	Tidak Memenuhi
	Ck = 3	2,93	Tidak Memenuhi
Log Normal	Cs = Cv ³ + 3 · Cv = 2,392	0,70	Tidak Memenuhi
	Ck = Cv ⁸ + 6Cv ⁶ + 15Cv ⁴ + 16Cv ² + 3 = 14,645	2,93	Tidak Memenuhi
Gumbel	Cs = 1.14	0,70	Tidak Memenuhi
	Ck = 5.40	2,93	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Bila tidak ada parameter statistik yang sesuai dengan ketentuan distribusi sebelumnya	-	Memenuhi

Hasil perhitungan untuk kala ulang lainnya terdapat pada Tabel 8:

Tabel 8. Curah Hujan Rencana

Kala Ulang	Log Xtr	Hujan Rencana
2	2,03435262	108,231236
5	2,19412091	156,3582877
10	2,28987607	194,9288279
25	2,4016786	252,1613981
50	2,47927027	301,4881636
100	2,552806	357,1132807

Sumber: Hasil Olahan

Tabel 9. Pola Distribusi Hujan Kota Manado dan Sekitarnya

Jam ke -	1	2	3	4	5	6	7	8
% Distribusi Hujan	54	22	8	6	3	1	3	3

Sumber: Salem, 2016

Tabel 10. Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang 2 Tahun

Jam ke -	1	2	3	4	5	6	7	8
% Distribusi Hujan	54	22	8	6	3	1	3	3
P	58,44	23,8	8,658	6,494	3,25	1,082	3,25	3,247

Tabel 11. 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	84,43	34,4	12,51	9,381	4,69	1,564	4,69	4,691

Tabel 12. Perhitungan Nilai CN Rata-Rata DAS Bus

No	jenis penutup lahan	Luas			
1	Sungai	0,1974	7,896%	0	0
2	Perkebunan	0,311	8,44%	88	7,4272
3	hutan alam	1,5818	63,27%	84	53,14848
4	Pemukiman	0,0196	0,784%	90	0,7056
5	tanah terbuka	0,3902	15,61%	84	13,11072
					74,392

Nilai CN rata-rata untuk DAS Bus adalah 74,392

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 digunakan nilai standar dalam HEC-HMS.

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

$$L = 2,04 \text{ km}$$

$$CN = 106,5 \text{ m/m}$$

$$Y = 0,232$$

Perhitungan dilakukan dengan persamaan 10 sebagai berikut:

$$T_1 = \frac{L^{0,8}(2540 - 22,86 CN)^{0,7}}{14,104 CN^{0,7} Y^{0,7}}$$

$$= \frac{2,04^{0,8}(2540 - 22,86 \cdot 74,392)^{0,7}}{14,104 \cdot 74,392^{0,7} \cdot 0,232^{0,5}}$$

$$= 1,6143 \text{ jam}$$

Selanjutnya adalah menghitung debit normal yang akan digunakan sebagai *baseflow* pada program komputer HEC-HMS dengan menghitung rata-rata debit dari tahun 2011 sampai 2013.

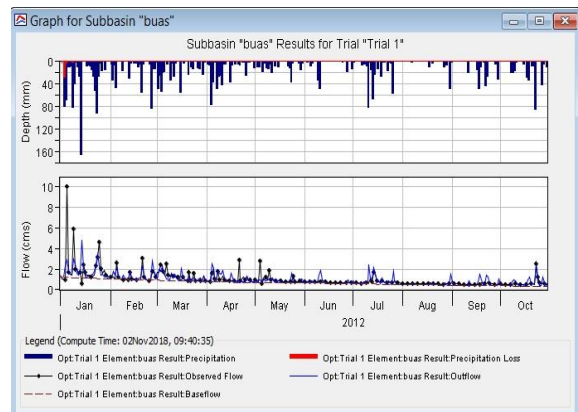
Berikut adalah data debit rata-rata tiap tahun dari tahun 2011 - 2013:

$$\text{Tahun 2011} = 1,517 \text{ m}^3/\text{s}$$

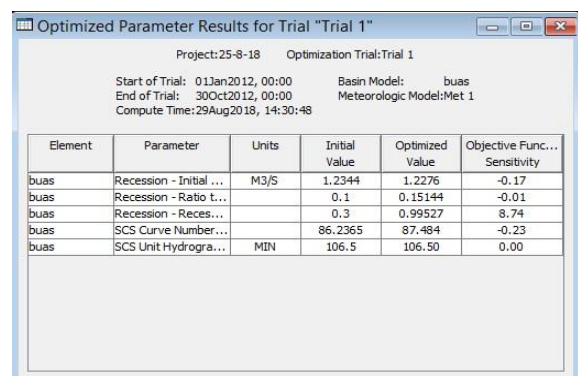
$$\text{Tahun 2012} = 1,037 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Tahun 2013} = 1,148 \text{ m}^3/\text{s}$$

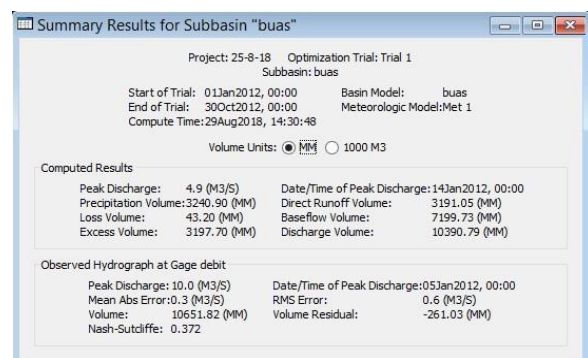
Debit rata-rata dari tahun 2011 sampai 2013 adalah 1,2334 m³/s



Gambar 4. Grafik Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur



Gambar 5. Parameter Hasil Kalibrasi DAS SG Bus



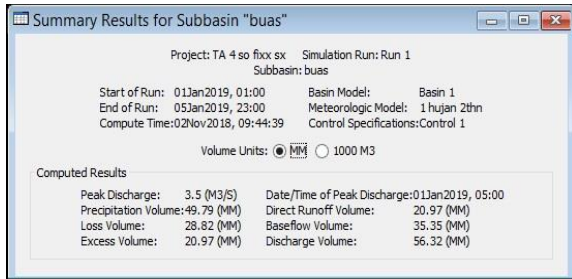
Gambar 6. Rangkuman Hasil Kalibrasi

Hasil kalibrasi menunjukkan nilai NSE yang memenuhi yaitu 0.372, dimana kriteria nilai NSE terdapat pada Tabel 13 berikut:

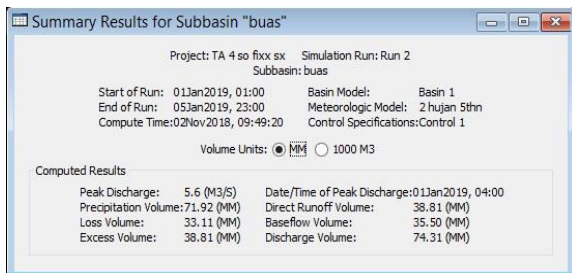
Tabel 13. Kriteria Nilai *Nash Sutcliffe Efficiency*

$NSE > 0,75$	Baik
$0,36 < NSE < 0,75$	Memenuhi
$NSE < 0,36$	Tidak Memenuhi

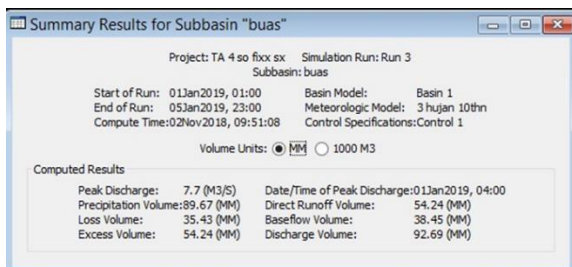
Sumber: Talumepa, 2018



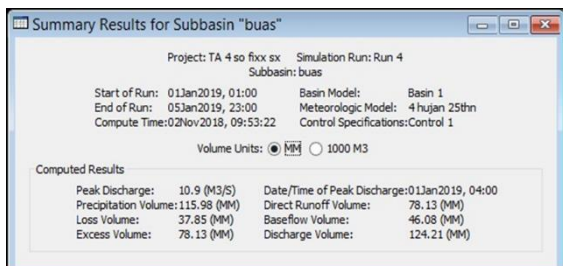
Gambar 7. Hasil *Summary Result* Kala Ulang 2 Tahun



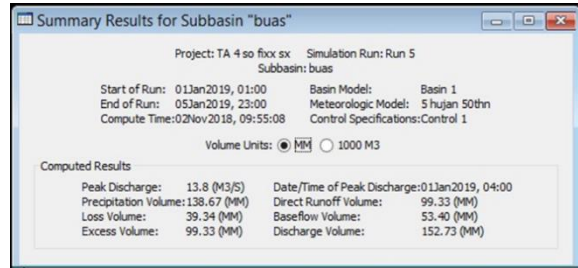
Gambar 8. Hasil *Summary Result* Kala Ulang 5 Tahun



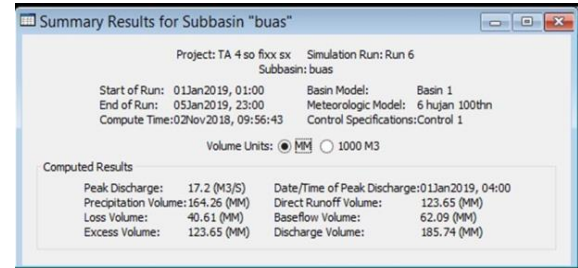
Gambar 9. Hasil *Summary Result* Kala Ulang 10 Tahun



Gambar 10 Hasil *Summary Result* Kala Ulang 25 Tahun

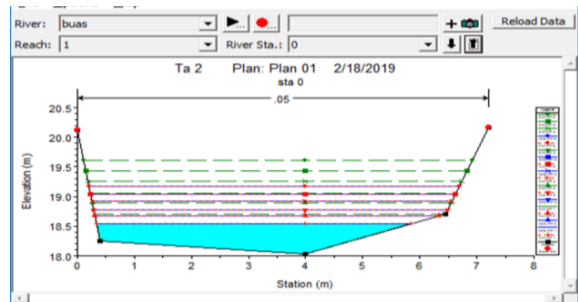


Gambar 11. Hasil *Summary Result* Kala Ulang 50 Tahun

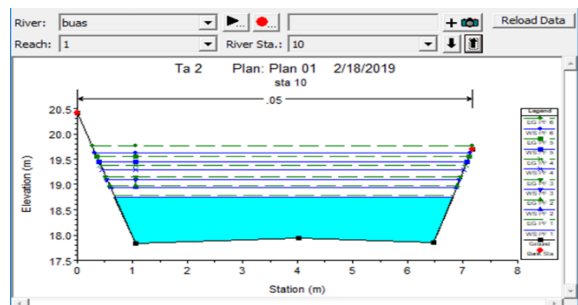


Gambar 12. Hasil *Summary Result* Kala Ulang 100 Tahun

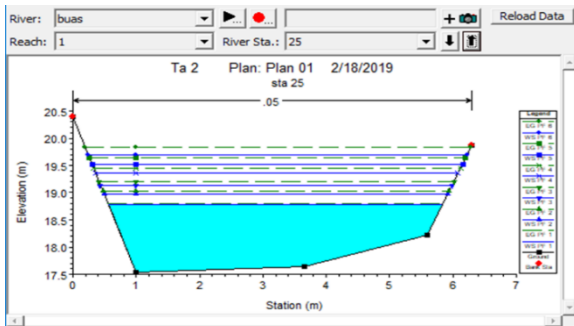
- Kala ulang 2 tahun 3,5 m³/det,
- Kala ulang 5 tahun 5,6 m³/det
- Kala ulang 10 tahun 7,7 m³/det
- Kala ulang 25 tahun 10,9 m³/det,
- Kala ulang 50 tahun 13,8 m³/det
- Kala ulang 100 tahun 17,2 m³/det



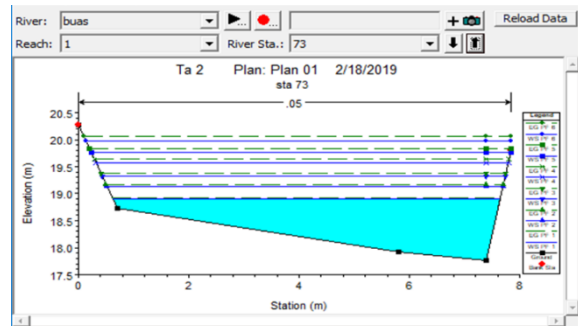
Gambar 13.. Rangkuman Tinggi Muka Air Sta 0 + 0



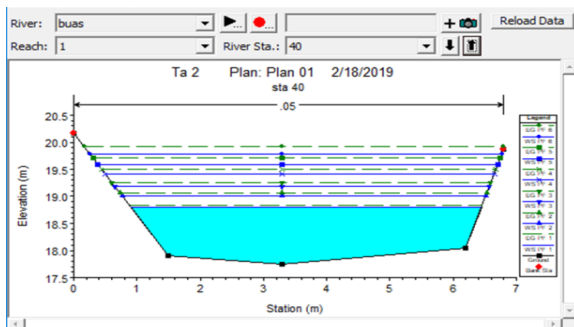
Gambar 14. Rangkuman Tinggi Muka Air Sta 0 +10



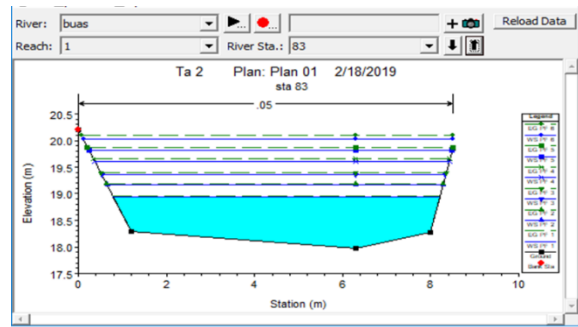
Gambar 15. Rangkuman Tinggi Muka Air Sta 0 +25



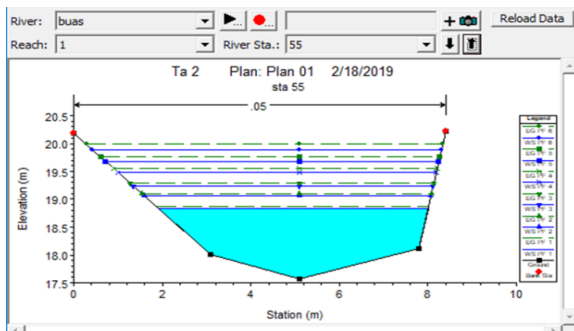
Gambar 19. Rangkuman Tinggi Muka Air Sta 0 +73



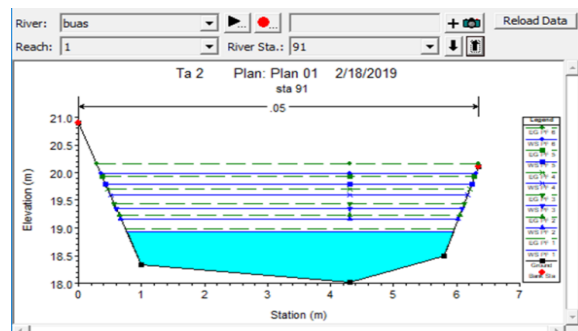
Gambar 16. Rangkuman Tinggi Muka Air Sta 0 +40



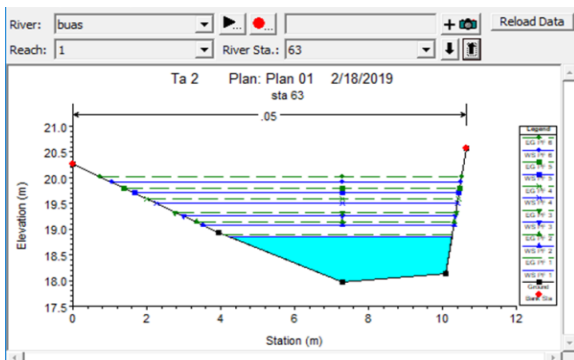
Gambar 20. Rangkuman Tinggi Muka Air Sta 0 +83



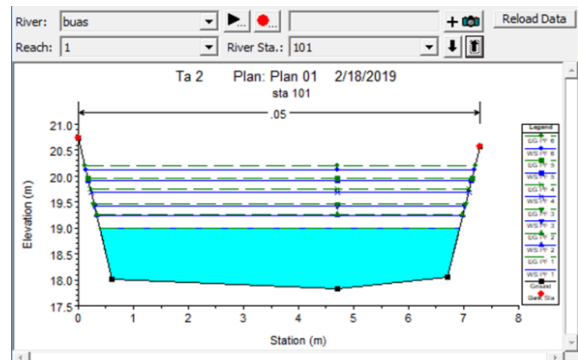
Gambar 17. Rangkuman Tinggi Muka Air Sta 0 +55



Gambar 21. Rangkuman Tinggi Muka Air Sta 0 +91



Gambar 18. Rangkuman Tinggi Muka Air Sta 0 +63



Gambar 22. Rangkuman Tinggi Muka Air Sta 0 +101

PENUTUP

Kesimpulan

1. Debit banjir yang diperoleh dari hasil simulasi untuk masing-masing kala ulang adalah sebagai berikut:
 - Kala ulang 2 tahun adalah sebesar 3,5 m³/det,
 - Kala ulang 5 tahun adalah sebesar 5,6 m³/det
 - Kala ulang 10 tahun adalah sebesar 7,7 m³/det
 - Kala ulang 25 tahun adalah sebesar 10,9 m³/det,
 - Kala ulang 50 tahun adalah sebesar 13,8 m³/det

- Kala ulang 100 tahun adalah sebesar 17,2 m³/det.
2. Untuk kala ulang 2 tahun, 5 tahun 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun kapasitas penampang pada sta 0+0 sampai sta 0+101 dapat menampung debit banjir yang terjadi
 3. Untuk kala ulang 100 tahun kapasitas penampang pada sta, 0 + 73 dan 0 + 83 tidak dapat menampung debit banjir yang terjadi

Saran

Jika dilakukan penelitian lebih lanjut, sebaiknya pos stasiun curah hujan diperbanyak, mengingat minimnya data curah hujan yang didapat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulhalim, Dwiki., L. Tanudjaja, Jeffry S. F. Sumarauw., 2018. *Analisa Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Talawaan di Titik 250 Meter Sebelah Hulu Bendung Talawaan*. Jurnal Sipil Statik Vol.6 No.5, Mei 2018 (269-276) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Akbar, Mohammad., Isri R. Mangangka., 2016. *Analisis Profil Muka Air Sungai Molompar Kabupaten Minahasa Tenggara*. Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.1, Januari 2016 (49-64) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Data Debit Harian Sungai Kuma, Manado, 2017
- Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Data Hujan Harian Pos Hujan Kuma, Manado, 2017.
- Chow, V. T. 1985. *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulics)*. Erlangga, Jakarta
- Harto, S. 1993. *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- HEC-HMS *Technical Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA
- HEC-RAS *5.0 Hydraulic Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA (Hal. 25-30)
- Kapantouw, Billy., 2017. *Analisis Debit dan Tinggi Muka Air Sungai Paniki di Kawasan Holland Village*. Jurnal Sipil Statik Vol. 5 Februari 2017 (21-29) ISSN:2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Mangkana, Inggrit A. R., 2011. *Evaluasi Kapasitas Daya Tampung Sungai Bailang terhadap Banjir Maksimum*. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Ros Rante, Novia., Jeffry S. F. Sumarauw, E. M. Wuisan., 2016. *Analisis Debit Banjir Anak Sungai Tikala Pada Titik Tinjauan Kelurahan Banjer Link. V Kecamatan Tikala Dengan Menggunakan HEC-HMS Dan HEC-RAS*. TEKNO Vol.14/No.65/April 2016, ISSN: 0215-9617, 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
- Soemarto, C. D. 1987. *Hidrologi Teknik*. Edisi Kedua. Erlangga, Jakarta.
- Soewarno. 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*. Nova, Bandung.
- Sumarauw, Jeffry, S. F., 2013. *Bahan ajar Hidrologi Terapan untuk mahasiswa*
- Talumepa, Marcio., L. Tanudjaja., Jeffry S. F. Sumarauw., 2018. *Analisa 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, B., 2008. *Hidrologi Terapan*. Betta Offset, Yogyakarta

Halaman ini sengaja dikosongkan