

ANALISIS DEBIT BANJIR DAN TINGGI MUKA AIR SUNGAI WARAT DI DESA WARUKAPAS KECAMATAN DIMEMBE KABUPATEN MINAHASA UTARA

Alfa Dipo Sundalangi

Jeffry S. F. Sumarauw, Tiny Mananoma

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

email: dipoalfa01@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu bencana alam yang sering terjadi pada saat musim penghujan adalah banjir. Sungai Warat merupakan salah satu sungai di Kabupaten Minahasa Utara yang mengalir melewati Desa Warukapas, Kecamatan Dimembe. Letak Sungai Warat yang mengalir melewati kawasan perkampungan memerlukan perhitungan debit banjir dan elevasi tinggi muka air.

Dalam penelitian ini dilakukan perkiraan besaran debit banjir rencana di Sungai Warat dengan metode Perbandingan Luas DAS. Simulasi elevasi tinggi muka air pada penampang yang ditinjau menggunakan program HEC-RAS versi 4.1.0. Sungai Warat memiliki luas DAS 5,454 km². Data debit yang digunakan berasal dari tempat pengukuran debit Sungai Talawaan dengan debit terukur sepanjang 10 tahun dari tahun 2007, 2010 sampai tahun 2018. Karena data debit terukur berada di sungai utama yang sama dengan lokasi penelitian, maka debit terukur di titik penelitian Sungai Warat dapat diperkirakan dari data debit terukur Sungai Talawaan dengan menggunakan metode Perbandingan Luas DAS. Setelah mendapatkan data debit terukur di Sungai Warat, dilakukan analisis frekuensi debit menggunakan distribusi Log Pearson III untuk mendapatkan debit banjir rencana dengan kala ulang 5, 10, 50 dan 100 tahun. Debit puncak hasil perhitungan setiap kala ulang dimasukkan dalam program komputer HEC-RAS untuk simulasi tinggi muka air pada penampang yang telah diukur.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada penampang STA 0+75 sampai STA 0+200 pada kala ulang 5 tahun; STA 0+125 sampai STA 0+200 pada kala ulang 10 tahun; STA 0+75 sampai STA 0+200 pada kala ulang 50 tahun; dan STA 0+75 sampai STA 0+200 pada kala ulang 100 tahun terjadi luapan karena elevasi tinggi muka air melebihi tinggi tebing sungai pada penampang yang ditinjau.

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

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sungai merupakan bagian penting dalam kehidupan manusia. Untuk memenuhi kebutuhan dan keperluan manusia, sungai merupakan sumber air yang dapat digunakan untuk keperluan air minum, rumah tangga, irigasi, industri, dan lain sebagainya. Namun sungai juga dapat menimbulkan bencana yaitu banjir. Banjir bisa terjadi sewaktu-waktu apabila hujan yang turun deras dalam kurun waktu yang cukup lama, terutama pada musim hujan. Banjir adalah suatu keadaan di mana air di saluran atau di sungai tidak dapat lagi tertampung. Dampak banjir yang merugikan mulai dirasakan sebagai masalah apabila kegiatan masyarakat sehari-hari disekitar sungai mulai terganggu.

Sungai Warat yang terletak di Desa Warukapas, kecamatan Tatelu, kabupaten Minahasa Utara ini pernah mengalami banjir pada beberapa tahun lalu berdasarkan keterangan masyarakat yang tinggal di bantaran sungai Warat. Banjir yang terjadi diakibatkan maraknya pembangunan rumah di daerah sekitar sungai dan kurangnya kesadaran masyarakat sekitar untuk tidak membuang langsung sampah rumah ke sungai. Pada saat musim hujan dengan curah hujan yang cukup tinggi dalam kurun waktu yang lama, maka sungai tidak dapat menampung lagi air sungai yang berakibat beberapa rumah dan hewan ternak yang berada di dekat sungai Warat tersebut kena banjir, bahkan ada rumah yang pernah amblas dan hanyut karena posisi rumah yang berada terlalu dekat dengan sungai. Berdasarkan peristiwa yang terjadi di atas, maka

diperlukan analisis hidrologi untuk mengetahui besarnya debit banjir dan analisis hidraulika untuk menganalisis tinggi muka air saat terjadi banjir di Sungai Warat dengan kala ulang tertentu.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, permasalahan yang mengakibatkan banjir yaitu maraknya pembangunan rumah di pinggir sungai dan pembuangan sampah langsung ke sungai, sehingga mengecilnya penampang dan pendangkalan dasar sungai.

Batasan Penelitian

Penelitian dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Titik kontrol DAS pada penelitian ini berada di Jembatan Warat
2. Data debit yang akan digunakan adalah data debit maksimum sesaat tahunan.
3. Kala ulang rencana dibatasi pada 5, 10, 50 dan 100 tahun.
4. Penampang melintang sungai yang ditinjau yaitu sepanjang 200 meter mengarah dari titik kontrol yaitu di Jembatan Warat ke hulu Sungai Warat.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besaran debit banjir serta elevasi tinggi muka air Sungai Warat di Desa Warukapas dengan berbagai kala ulang.

Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi kepada masyarakat terhadap potensi banjir yang bisa terjadi dan juga dapat bermanfaat dalam penanggulangan banjir di Sungai Warat sehingga bisa mengurangi kerugian dan terlebih pada keselamatan masyarakat sekitar akibat banjir.

LANDASAN TEORI

Daur Hidrologi

Menurut Triatmodjo (dalam Karim dkk., 2016), daur hidrologi merupakan proses kontinu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali lagi ke bumi. Neraca air tahunan diberikan dalam nilai relatif terhadap hujan yang jatuh di daratan (100%).

Daerah Aliran Sungai (DAS)

Menurut Sri Harto (dalam Rapar dkk., 2014), Daerah aliran sungai (DAS) adalah daerah dimana 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 Poligon *Thiessen*. Metode ini dipandang cukup baik karena memberikan koreksi terhadap kedalaman hujan sebagai fungsi luas daerah yang dianggap mewakili.

Analisis Frekuensi

Dalam sistem hidrologi, ada waktu-waktu terjadinya kejadian ekstrim seperti hujan badai, banjir, dan kekeringan. Besarnya kejadian ekstrim berbanding terbalik dengan frekuensi kejadiannya. Bencana yang sangat parah cenderung jarang terjadi dibandingkan dengan bencana yang tidak terlalu parah. Menurut Triatmodjo (dalam Nadia dkk., 2019), analisis frekuensi bertujuan untuk mencari hubungan antara besarnya suatu kejadian ekstrim dan frekuensinya berdasarkan distribusi probabilitas

Parameter Statistik

Parameter statistik yang digunakan dalam analisis data hidrologi yaitu: rata-rata hitung (*mean*), simpangan baku (standar deviasi), koefisien variasi, kemencengan (koefisien *skewness*) dan koefisien kurtosis.

Distribusi Probabilitas

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

Salah satu tujuan dalam analisis distribusi peluang adalah menentukan periode ulang (*return period*).

Menurut Triatmodjo (dalam Sondak dkk., 2019), periode ulang didefinisikan sebagai waktu hipotetik dimana debit atau hujan dengan suatu besaran tertentu (x_T) akan disamai atau dilampaui satu kali dalam jangka waktu tertentu.

Pemilihan Tipe Distribusi

Tipe distribusi yang sesuai dapat diketahui berdasarkan parameter-parameter statistik data pengamatan. Hal ini dilakukan dengan melakukan tinjauan terhadap syarat batas parameter statistik tiap distribusi dengan parameter data pengamatan. Secara teoritis, langkah awal penentuan tipe distribusi dapat dilihat dari parameter-parameter statistik data pengamatan lapangan yaitu C_S , C_V , dan C_K . Kriteria pemilihan untuk tiap tipe distribusi berdasarkan parameter statistik adalah sebagai berikut :

- 1) Distribusi Normal
 $C_S \approx 0$; $C_K \approx 3$
- 2) Distribusi Log-Normal
 $C_S \approx C_V^3 + 3 C_V$
 $C_K \approx C_V^8 + 6 C_V^6 + 15 C_V^4 + 16 C_V^2 + 3$
- 3) Distribusi Gumbel
 $C_S \approx 1,14$; $C_K \approx 5,4$
- 4) Bila kriteria 3 (tiga) sebaran di atas tidak memenuhi, kemungkinan tipe sebaran yang cocok adalah 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:

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

dengan:

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

Persamaan diatas merupakan persamaan dasar untuk menghitung kedalaman hujan efektif.

Retensi potensial maksimum mempunyai bentuk berikut:

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

Dengan CN adalah *Curve Number* yang dapat memperhitungkan total hujan untuk berbagai karakteristik DAS dengan tipe tanah dan tata guna lahan yang berbeda (Supit, 2013).

Debit Banjir Rencana

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

1. Data Debit Tersedia

Ketersediaan data debit dengan minimal 10 tahun dengan memasukan data debit maksimum sesaat, metode yang dapat digunakan berupa:

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

2. Tidak Tersedia Data Debit

Jika data debit tidak tersedia, maka analisis dilakukan dengan menghitung hujan rencana terlebih dahulu dengan memasukan data curah hujan minimal 10, setelah didapat hujan rencana, hasil hujan rencana tersebut diubah menjadi debit rencana dengan menggunakan macam-macam metode yang ada antara lain:

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

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

Hidrograf

Hidrograf adalah penyajian antara salah satu unsur aliran dengan waktu. Ada beberapa macam hidrograf yang menunjukkan tanggapan menyeluruh DAS terhadap masukan tertentu. Sesuai dengan sifat dan perilaku DAS yang bersangkutan, hidrograf aliran selalu berubah sesuai dengan besaran dan waktu terjadinya.

1. Hidrograf muka air (*stage hydrograph*), yaitu hubungan antara perubahan tinggi muka air dengan waktu.
2. Hidrograf debit (*discharge hydrograph*), yaitu hubungan antara debit dengan waktu. Hidrograf debit ini sering disebut sebagai hidrograf.
3. Hidrograf sedimen (*sediment hydrograph*), yaitu hubungan antara kandungan sedimen dengan waktu.

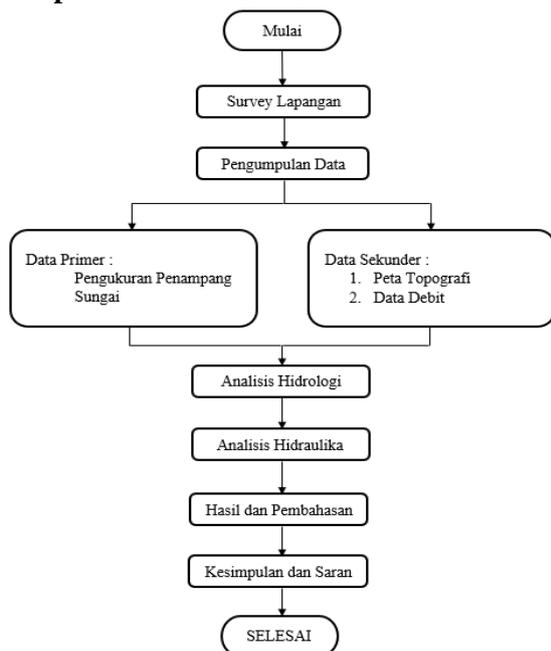
Hidrograf terdiri dari tiga bagian yaitu sisi naik (*rising limb*), puncak (*crest*), dan sisi turun (*recession limb*). Bentuk hidrograf dapat ditandai dengan 3 sifat pokoknya yaitu waktu puncak (*time of rise*), debit puncak (*peak discharge*), dan waktu dasar (*base time*).

Analisis Hidraulika

Aliran alami umumnya bersifat tidak tetap, 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 :

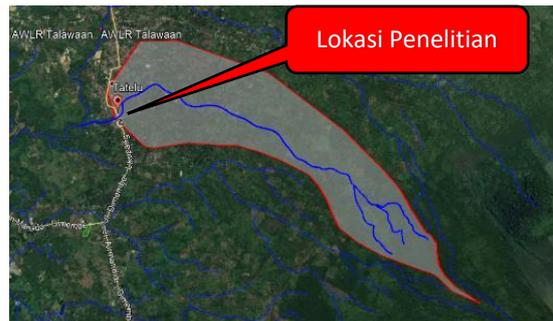


Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

ANALISIS, HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Daerah Aliran Sungai

Analisis daerah aliran sungai (DAS) dilakukan untuk mengetahui luas DAS Warat. Perhitungan luas DAS dilakukan dengan bantuan program komputer *Google Earth* dengan menggunakan data yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi-I. Sehingga diperoleh luas DAS Warat sebesar 5,45 Km².



Gambar 2. Gambar DAS Warat
Sumber: *Google Earth*, Data Balai Wilayah Sungai Sulawesi I

Analisis Debit Banjir Rencana

Lokasi penelitian berada di Sungai Warat yang merupakan anak Sungai Talawaan. Pada sungai Talawaan tersedia data debit terukur sepanjang 10 tahun dari tahun 2007 dan 2010 sampai 2018. Karena data debit terukur berada di sungai utama yang sama dengan lokasi penelitian, maka debit terukur di titik penelitian sungai Warat dapat diperkirakan dari data debit terukur di sungai Talawaan dengan menggunakan metode perbandingan luas DAS. Berikut adalah DAS dititik yang merupakan tempat pengukuran debit, dengan luas 38 km².



Gambar 3. Gambar DAS di Titik Pengukuran Debit
Sumber: *Google Earth*, Data Balai Wilayah Sungai Sulawesi I

Selanjutnya data debit terukur di sungai Warat di analisis dengan menggunakan analisis frekuensi debit untuk mendapatkan debit banjir rencana

Perhitungan Perbandingan Luas DAS

Untuk mendapat data debit terukur pada Sungai Warat, maka dihitung menggunakan perhitungan perbandingan luas DAS dengan sungai yang mempunyai data debit yaitu Sungai Talawaan. Berikut adalah data debit Sungai Talawaan dari tahun 2007-2018.

Tabel 1. Data Debit Sungai Talawaan

Tahun	Debit Talawaan (m ³ /s)
2007	32,253
2010	14,016
2011	12,302
2012	6,838
2013	25,531
2014	13,486
2015	17,297
2016	17,077
2017	21,249
2018	12,815

Sumber: Data Balai Wilayah Sungai Sulawesi I

Rumus perbandingan luas DAS:

$$Q_2 = \frac{A_2}{A_1} \times Q_1$$

dimana:

A₁ = Luas DAS di Titik Pengukuran (km²)

A₂ = Luas DAS Warat (km²)

Q₁ = Debit Sungai Talawaan (m³/det)

Q₂ = Debit Sungai Warat (m³/det)

Sehingga

$$Q_2 = \frac{5,454}{38} \times 32,253 = 4,629 \frac{m^3}{det}$$

Setelah dilakukan perhitungan perbandingan luas DAS, maka didapat data debit terukur pada Sungai Warat (Table 2).

Analisis Frekuensi Debit

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

Tabel 2. Data Debit Sungai Warat

Tahun	Debit Sungai Warat (m ³ /s)
2007	4,629
2010	2,012
2011	1,766
2012	0,981
2013	3,664
2014	1,936
2015	2,483
2016	2,451
2017	3,050
2018	1,839

Penentuan Tipe Distribusi Debit

Jenis sebaran debit bergantung pada nilai parameter statistik yaitu rata-rata hitung atau mean (\bar{X}), simpangan baku (S) koefisien kemencengan (Cs), koefisien variasi (Cv) dan koefisien kurtosis (Ck).

Tabel 3. Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	Cs = 0	0,883	Tidak Memenuhi
	Ck = 3	4,630	Tidak Memenuhi
Log Normal	Cs = Cv ³ + 3 . Cv = 0,8392	0,883	Tidak Memenuhi
	Ck = Cv ⁸ + 6Cv ⁶ + 15Cv ⁴ + 16Cv ² + 3 = 4,2778	4,630	Tidak Memenuhi
Gumbel	Cs = 1.14	0,883	Tidak Memenuhi
	Ck = 5.40	4,630	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Bila tidak ada parameter statistik yang sesuai dengan ketentuan distribusi sebelumnya	-	Memenuhi

Analisis Debit Rencana

Analisis debit rencana dengan tipe sebaran Log Pearson tipe III.

Rata-rata hitung:

$$\begin{aligned} \bar{Y} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i \\ &= \frac{1}{10} \times 3,592 = 0,359 \end{aligned}$$

Simpangan Baku:

$$\begin{aligned} S_{\log X} &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n - 1}} \\ &= \sqrt{\frac{0,318}{10-1}} = 0,188 \end{aligned}$$

Koefisien *Skewness* (Kemencengan):

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

$$= \frac{10}{(10-1)(10-2) \cdot 0,188^3} \times -0,01 = -0,271$$

Faktor frekuensi *K* untuk tiap kala ulang terdapat pada tabel nilai K_T untuk Koefisien *Skewness* yang ditentukan dengan menggunakan nilai C_S dan kala ulang dalam tahun.

Nilai *K* untuk tiap kala ulang adalah sebagai berikut:

5 Tahun	: 0,778
10 Tahun	: 1,336
50 Tahun	: 2,460
100 Tahun	: 2,946

Selanjutnya adalah perhitungan debit kala ulang 5 tahun

$$\log Q_{TR} = \bar{Y} + K \cdot S_{\log X}$$

$$= 0,359 + (0,778) \times 0,188 = 0,505$$

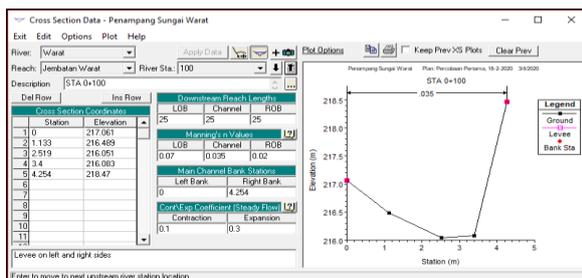
$$Q_{TR} = 10^{0,505} = 3,202 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabel 4. Debit Banjir Rencana

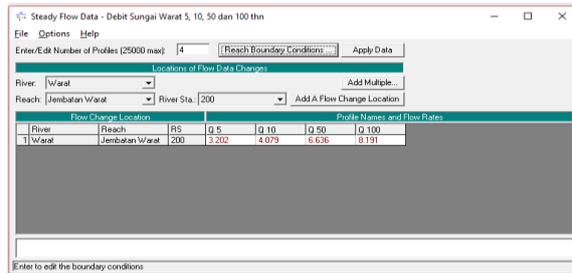
Kala Ulang (TR)	Log Q_{TR}	Q_{TR}
5 Tahun	0,505	3,202 m ³ /s
10 Tahun	0,610	4,079 m ³ /s
50 Tahun	0,821	6,636 m ³ /s
100 Tahun	0,913	8,191 m ³ /s

Analisis Tinggi Muka Air

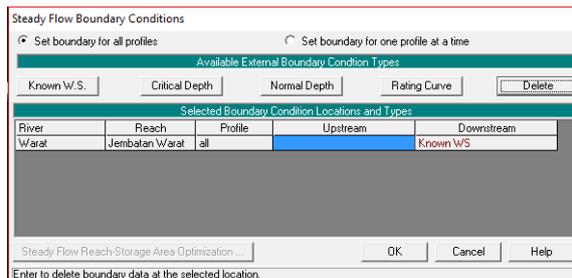
Analisis tinggi muka air menggunakan program komputer HEC-RAS membutuhkan data masukan yaitu penampang saluran, karakteristik saluran untuk nilai koefisien *n Manning*, dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng (*Steady Flow*). Data penampang sungai Warat diambil sepanjang 200 meter ke arah hulu sungai.



Gambar 4. Data Penampang Melintang STA 0 + 100m



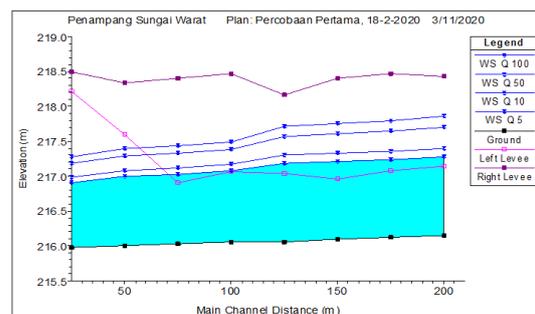
Gambar 5. Pengisian Data Debit



Gambar 6. Pengisian Reach Boundary Conditions

Simulasi Tinggi Muka Air Dengan Program Komputer HEC-RAS

Hasil simulasi menunjukkan untuk penampang STA 0+025 sampai STA 0+050 masih mampu menampung debit banjir untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 50 tahun dan 100 tahun. Selain itu, semua penampang sungai Warat yang ditinjau sudah tidak mampu menampung debit banjir untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 50 tahun dan 100 tahun.



Gambar 7. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Warat

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan simulasi yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

Debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun = 3,202 m³/det, kala ulang 10 tahun =

4,079 m³/det, kala ulang 50 tahun = 6,636 m³/det, dan kala ulang 100 tahun = 8,191 m³/det.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa: STA 0+75 sampai STA 0+200 pada kala ulang 5 tahun; STA 0+75, STA 0+125 sampai STA 0+200 pada kala ulang 10 tahun; STA 0+75 sampai STA 0+200 pada kala ulang 50 tahun; dan STA 0+75 sampai STA 0+200 pada kala ulang 100 tahun terjadi peluapan elevasi tinggi muka air pada penampang sungai yang ditinjau.

Saran

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

1. Memperbaiki tanggul sungai yang telah ambles di beberapa titik penampang sungai.
2. Memberikan edukasi kepada masyarakat agar tidak membuang sampah sembarangan ke sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- _____. *Data Debit Harian Sungai Talawaan.*, Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- _____. 2010. *HEC-RAS 4.1.0 Reference Manual.* ,Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- _____. 2010. *HEC-RAS 4.1.0 Users Manual.*, Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- Karim, Intan ANS Abdul, Supit, Cindy J., Hendratta, Liany A., 2016. *Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih di Desa Motongkad Utara Kecamatan Nuangan Kabupaten Bolaang Mongondow Timur*, Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.11 November 2016 (705-714) ISSN: 2337-6732
- Nadia, Kivani., Mananoma, T., Tangkudung, H., 2019. *Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Tembran di Kabupaten Minahasa Utara*, Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.6 Juni 2019 (703-710) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Rapar, S. M. E., Mananoma, T., Wuisan, E. M., Binilang, A., 2014. *Analisis Debit Banjir Sungai Tondano menggunakan Metode HSS Gama I dan HSS Limantara*, Jurnal Sipil Statik Vol.2 No.1, Januari 2014 (13-21) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Sondak, Scrivily W., Tangkudung, H., Hendratta, Liany A., 2019. *Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Girian Kota Bitung*, Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.8 Agustus 2019 (1049-1058) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Sumarauw, Jeffry S. F., 2013. Bahan Ajar "Hujan.", Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Supit, Cindy J., 2013. *The Impact of Water Projects On River Hydrology*, TEKNO SIPIL, Volume 11, No.59, Agustus 2013 (56-61). Universitas Sam Ratulangi Manado.

Halaman ini sengaja dikosongkan