

ANALISIS DEBIT BANJIR DAN TINGGI MUKA AIR SUNGAI KOKOLEH KABUPATEN MINAHASA UTARA

Kevin Elberd Moningka

Jeffry S. F. Sumarauw, Tiny Mananoma

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

email: elberdmoningka@gmail.com

ABSTRAK

Sungai Kokoleh merupakan salah satu sungai di Kabupaten Minahasa Utara yang melewati Desa Kokoleh, Kecamatan Likupang Selatan. Sungai Kokoleh pernah mengalami peningkatan tinggi muka air dan menyebabkan banjir, oleh karena itu dibutuhkan perhitungan debit banjir dan elevasi tinggi muka air yang dapat terjadi.

Analisis debit banjir dan elevasi tinggi muka air dilakukan dengan mencari debit banjir rencana melalui analisis frekuensi menggunakan metode Log Pearson III. Data debit berasal dari pos debit, yaitu pos debit Likupang. Data debit ini adalah data debit maksimum sesaat selama 10 tahun, yaitu dari tahun 2007, 2010 s/d 2018. Data debit yang digunakan ini sudah melalui perhitungan perbandingan luas DAS antara data debit terukur dan data debit sungai pada lokasi penelitian. Debit puncak setiap kala ulang dimasukkan dalam program komputer HEC-RAS untuk simulasi tinggi muka air pada penampang yang telah diukur.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada semua penampang Sungai Kokoleh yang ditinjau tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 50 tahun dan 100 tahun.

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

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sungai terbentuk oleh air permukaan seperti mata air maupun dengan adanya hujan yang jatuh di daratan, akan mengalir menuju ke tempat yang lebih rendah. Sungai juga mempunyai peranan penting sebagai sumber air untuk kebutuhan manusia, antara lain untuk keperluan rumah tangga, air bersih, irigasi, industri, tenaga listrik dan lain sebagainya. Dalam musim penghujan, kelebihan debit air yang terjadi akan menyebabkan meluapnya air pada sungai dan dapat menimbulkan masalah banjir.

Sungai Kokoleh adalah salah satu sungai yang terletak di Kabupaten Minahasa Utara. Sungai yang melewati Desa Kokoleh Kecamatan Likupang Selatan ini, pernah mengalami peningkatan tinggi muka air dan menyebabkan banjir pada Sungai Kokoleh. Dikarenakan pemukiman yang berbatasan langsung dengan sungai, banyak rumah warga yang tergenang dan salah satu jembatan penyebrangannya hanyut terbawa banjir. Oleh karena itu, dalam perencanaan pengendalian

banjir perlu dilakukan analisis hidrologi dan hidraulika pada Sungai Kokoleh dengan kala ulang tertentu.

Rumusan Masalah

Belum adanya analisis debit banjir dan tinggi muka air di Sungai Kokoleh, maka perlu mengetahui besarnya debit dan tinggi muka air yang nantinya dapat dipakai untuk perencanaan penanggulangan banjir.

Batasan Penelitian

Penelitian ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Titik kontrol DAS di jembatan Kokoleh
2. Data debit yang digunakan adalah data debit maksimum sesaat tahunan.
3. Kala ulang rencana dibatasi pada 5, 10, 50 dan 100 tahun.
4. Analisis hidraulika dihitung dengan menggunakan bantuan program komputer HEC-RAS.
5. Penampang melintang sungai yang ditinjau yaitu satu segmen sepanjang 200 meter ke arah hulu dari jembatan.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui debit banjir dan tinggi muka air Sungai Kokoleh di Desa Kokoleh dengan berbagai kala ulang.

Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai besaran banjir yang akan terjadi dan juga dapat bermanfaat dalam penanggulangan banjir di Sungai Kokoleh sehingga bisa mengurangi kerugian dan dampak buruk yang akan terjadi.

LANDASAN TEORI

Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah sirkulasi air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer melalui kondensasi, presipitasi, evaporasi dan transpirasi. Susunan secara siklus peristiwa tersebut tidaklah sederhana.

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 (.Sri Harto dalam Rapar dkk., 2014),

Untuk menentukan batas DAS sangat diperlukan peta topografi yang memuat semua keterangan tentang suatu wilayah tertentu, baik jalan, kota, desa, sungai, jenis tumbuh-tumbuhan, tata guna lahan lengkap dengan garis-garis kontur.

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. Analisis frekuensi bertujuan untuk mencari hubungan antara besarnya suatu kejadian ekstrim dan frekuensinya berdasarkan distribusi probabilitas (Triatmodjo dalam Nadia dkk., 2019)

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

Salah satu tujuan dalam analisis distribusi peluang adalah menentukan periode ulang (*return period*). 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 (Triatmodjo dalam Sahusilawane dkk., 2019).

Pemilihan Tipe Distribusi

Tipe distribusi yang sesuai dapat diketahui berdasarkan parameter-parameter statistik data pengamatan. Hal ini dilakukan dengan melakukan tinjauan terhadap syarat batas parameter statistik tiap distribusi dengan parameter data pengamatan. Secara teoritis, langkah awal penentuan tipe distribusi dapat dilihat dari parameter-parameter statistik data pengamatan lapangan yaitu C_s , C_v , dan C_k .

Hujan Efektif

Metode untuk menghitung hujan efektif dari hujan deras, dinyatakan dalam 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. Sumarauw Jeffry (2013) mengungkapkan bahwa debit banjir rencana biasa didapatkan dengan beberapa metode antara lain:

1. Data Debit Tersedia .
2. Tidak Tersedia Data Debit

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

Hidrograf

Hidrograf adalah penyajian antara salah satu unsur aliran dengan waktu. Teori klasik hidrograf satuan (*unit hydrograph*) pertama kali diperkenalkan oleh L.K. Sherman (1932). 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*).

Untuk memperoleh hidrograf satuan dari suatu kasus banjir, maka diperlukan data sebagai berikut: rekaman AWLR, pengukuran debit yang cukup, data hujan biasa (manual), dan data hujan otomatis.

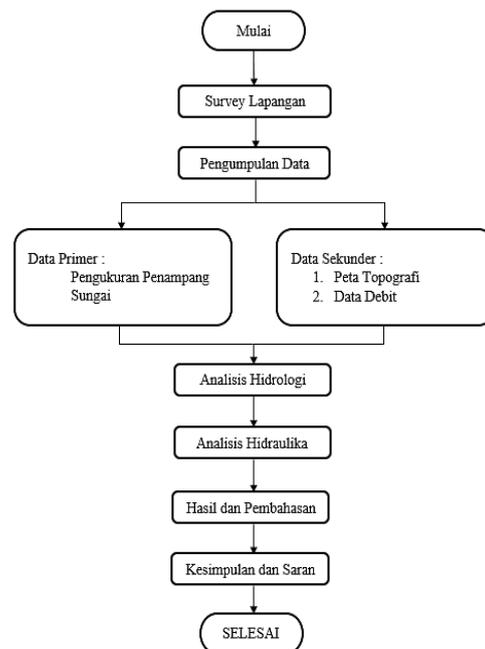
Analisis Hidraulika

Aliran dikatakan langgeng (*steady*) jika kecepatan tidak berubah selama selang waktu tertentu. Komponen pada *steady flow* dapat memodelkan profil muka air pada kondisi aliran subkritis, superkritis dan sistem gabungan.

Dalam ilmu hidraulika dasar, diketahui bahwa jumlah energi yang melalui suatu penampang saluran dapat dinyatakan sebagai tinggi air, yang setara dengan jumlah dari ketinggian di atas suatu bidang persamaan, tinggi tekanan dan tinggi kecepatan. Profil permukaan air dihitung dari satu titik temu menuju titik temu berikut dengan memecahkan persamaan energi yang dinamakan metode standar.

METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan Pelaksanaan Penelitian :

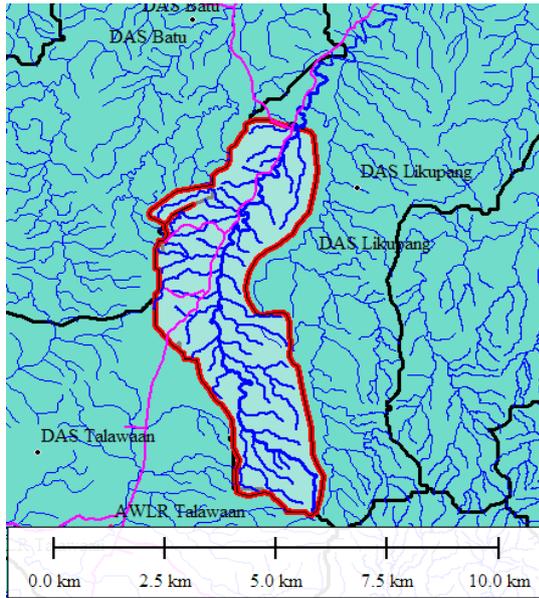


Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

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 Kokoleh sebesar 20,44 km².



Gambar 2. Gambar DAS Kokoleh
Sumber: *Global Mapper*, Data SIG Balai Wilayah Sungai Sulawesi I

Analisis Debit Banjir

Untuk mendapatkan debit banjir diperlukan adanya perhitungan curah hujan yaitu analisis frekuensi hujan untuk mendapatkan debit banjir rencana selanjutnya melalui program HEC-HMS mendapatkan data debit, perhitungan juga dapat dilakukan melalui analisis frekuensi debit maksimum sesaat dikarenakan sudah tersedianya data debit terukur sepanjang 10 tahun, maka dengan menggunakan data debit maksimum yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan periode pencatatan tahun 2007, 2010 sampai dengan tahun 2018. Pos debit yang digunakan yaitu pos debit Likupang.

Perhitungan Perbandingan Luas DAS

Data debit Sungai Kokoleh di titik kontrol dapat diperkirakan dengan cara metode analisis regional. Diperlukan data debit pada

pos pengukuran tinggi muka air, sehingga debit sungainya dapat dibandingkan dengan perbandingan luas DAS. Berikut adalah data debit maksimum Sungai Kokoleh pada tahun 2007, 2010-2018.

Tabel 1. Data Debit Terukur di Titik Pos Debit Tahun 2007, 2010-2018

No.	Tahun	m3/det	Tanggal
1	2007	240,38	10-Mar
2	2010	71,91	30-Jan
3	2011	176,38	21-Feb
4	2012	51,44	06-Mar
5	2013	274,12	17-Feb
6	2014	224,53	13-Jan
7	2015	492,61	14-Feb
8	2016	46,38	25-Jul
9	2017	349,98	26-Jan
10	2018	59,08	08-Feb

Sumber: 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 pos debit (km²)

A₂ = Luas DAS di titik kontrol (km²)

Q₁ = Debit Sungai Likupang (m³/det)

Q₂ = Debit Sungai Kokoleh (m³/det)

Sehingga

$$Q_2 = \frac{240,38}{58,217} \times 20,44 = 84,40 \text{ m}^3/\text{det}$$

Tabel 2. Data Debit Sungai Kokoleh hasil perbandingan luas DAS

No.	Tahun	m3/det
1	2007	84,40
2	2010	25,25
3	2011	61,93
4	2012	18,06
5	2013	96,24
6	2014	78,83
7	2015	172,96
8	2016	16,28
9	2017	122,88
10	2018	20,74

Analisis Frekuensi Debit

Analisis frekuensi debit dilakukan untuk menentukan besarnya debit yang terjadi pada periode ulang tertentu. Analisis frekuensi debit meliputi penentuan tipe distribusi debit, kemudian perhitungan besarnya debit

berdasarkan kala ulang menggunakan persamaan yang sesuai dengan tipe distribusi.

Penentuan Tipe Distribusi Debit

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

Tabel 3. Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	Cs = 0	0,835259	Tidak Memenuhi
	Ck = 3	3,951613	Tidak Memenuhi
Log Normal	Cs = Cv ³ + 3 . Cv = 2,658458	0,835259	Tidak Memenuhi
	Ck = Cv ⁸ + 6Cv ⁶ + 15Cv ⁴ + 16Cv ² + 3 = 17,746004	0,835259	Tidak Memenuhi
Gumbel	Cs = 1,14	0,835259	Tidak Memenuhi
	Ck = 5,40	3,951613	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Bila tidak ada parameter statistik yang sesuai dengan ketentuan	-	Memenuhi

Analisis Debit Banjir Rencana

Analisis debit rencana dengan tipe sebaran Log Pearson tipe III. Perhitungan dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung parameter statistik.

Tabel 4. Parameter Statistik Untuk Distribusi Log Pearson III

No.	Q = X	Log X (Y)	(Y - \bar{Y})	(Y - \bar{Y}) ²	(Y - \bar{Y}) ³
1	84,40	1,9263	0,1540557	0,0237332	0,003656227
2	25,25	1,9263	0,1540557	0,0237332	0,003656227
3	61,93	1,4022	-0,3700450	0,1369333	-0,05067147
4	18,06	1,7919	0,0195955	0,000384	7,52438E-06
5	96,24	1,2568	-0,5155186	0,2657595	-0,13700395
6	78,83	1,9834	0,2110964	0,0445617	0,009406809
7	172,96	1,8967	0,1244171	0,0154796	0,001925928
8	16,28	2,2379	0,4656552	0,2168348	0,100970246
9	122,88	1,2118	-0,5605113	0,3141729	-0,17609744
10	20,74	2,0895	0,3171993	0,1006154	0,03191514
Σ	697,57	17,7228	0,0000000	1,1422074	-0,21223477

Rata-rata hitung:

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i = \frac{1}{10} \times 17,7228 = 1,7723$$

Simpangan Baku:

$$S_{\log X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1,1422074}{10-1}} = 0,356247$$

Koefisien Skewness (Kemencengan):

$$C_{S_{\log X}} = \frac{n}{(n-1)(n-2)(S_{\log X})^3} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3 = \frac{10}{(10-1)(10-2) \cdot 0,356247^3} \times -0,021223 = -0,651974$$

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 : 0,7729
- 10 Tahun : 1,3379
- 50 Tahun : 2,4821
- 100 Tahun : 2,9337

Selanjutnya adalah perhitungan debit kala ulang 5 tahun.

$$\log Q_{TR} = \bar{Y} + K \cdot S_{\log X} = 1,7723 + (0,7729) \times 0,356 = 2,04762$$

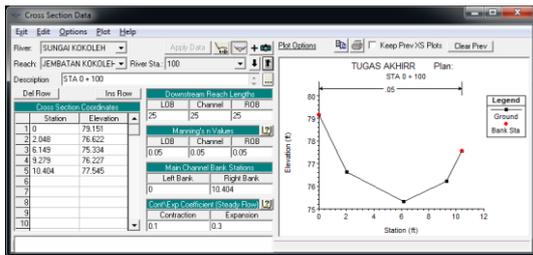
$$Q_{TR} = 10^{2,04762} = 111,59 \text{ m}^3/\text{det}$$

Tabel 5. Debit Banjir

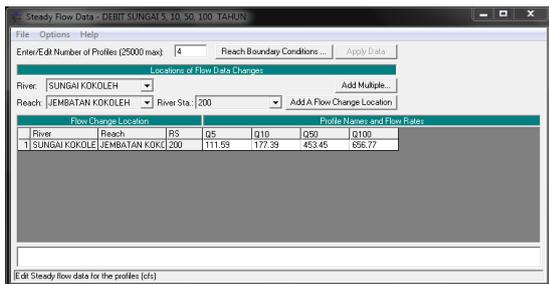
Kala Ulang (TR)	Log Q _{TR}	Q _{TR}
5 Tahun	2,04762	111,59 m ³ /det
10 Tahun	2,24892	177,39 m ³ /det
50 Tahun	2,65653	453,45 m ³ /det
100 Tahun	2,81741	656,77 m ³ /det

Analisis Tinggi Muka Air

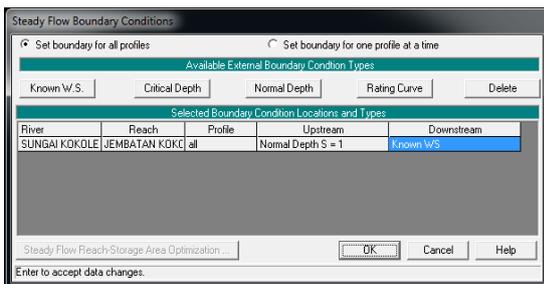
Analisis tinggi muka air menggunakan program komputer HEC-RAS membutuhkan data masukan yaitu penampang saluran, karakteristik saluran untuk nilai koefisien n Manning, dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng (Steady Flow). Data penampang sungai Kokoleh diambil sepanjang 200 meter, yaitu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



Gambar 3. Data Penampang Melintang STA 0 + 100 m



Gambar 4. Pengisian Data Debit

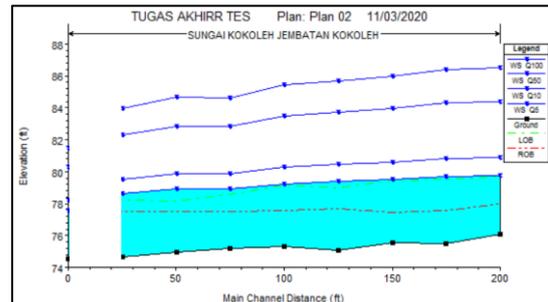


Gambar 5. Pengisian Reach Boundary Conditions

Simulasi Tinggi Muka Air Dengan Program Komputer HEC-RAS

Hasil simulasi menunjukkan bahwa semua penampang Sungai Kokoleh yang ditinjau tidak dapat menampung debit banjir

yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 50 tahun dan 100 tahun.



Gambar 6. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Kokoleh

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan, debit banjir untuk kala ulang 5 tahun sebesar 111,59 m³/det, 10 tahun sebesar 177,39 m³/det, 50 tahun sebesar 453,45 m³/det, dan 100 tahun sebesar 656,77 m³/det.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada semua penampang sungai Kokoleh yang ditinjau, sudah tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun.

Saran

Diperlukan pembuatan tanggul dengan tinggi yang sesuai pada lokasi yang ditinjau untuk menanggulangi banjir agar tidak terjadi luapan pada pemukiman warga, dan perlu menjaga kebersihan sungai serta menghimbau masyarakat agar menghindari pembuangan limbah di sepanjang sungai.

DAFTAR PUSTAKA

_____. *Data Debit Harian Sungai Likupang*. 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.

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.
- Sahusilawane, Gravenno, Sumarauw, Jeffry S. F., Tangkudung, H.,. *Analisis Kapasitas Penampang Terhadap Berbagai Kala Ulang Banjir di Sungai Lobong, Kecamatan Tutuyan Kabupaten Bolaang Mongondow Timur*. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.5 Mei 2019 (537-546) ISSN: 2337-6732 Universitas Sam Ratulangi Manado,
- Sumarauw, Jeffry. "Hujan." (2013).
- 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