

ANALISIS DEBIT BANJIR DAN TINGGI MUKA AIR SUNGAI TALER DI KELURAHAN PAPA KELAN KECAMATAN TONDANO TIMUR KABUPATEN MINAHASA

Venezia Syaloom Mambu

Jeffrey S. F. Sumarauw, Liany A. Hendratta

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

email: veneziamambu@gmail.com

ABSTRAK

Sungai Taler merupakan salah satu sungai yang berada di Kecamatan Tondano Timur yang pernah meluap dan membanjiri Kelurahan Papakelan. Kejadian ini menyebabkan kerugian bagi masyarakat akibat terendamnya rumah penduduk, jalan serta lahan pertanian. Oleh karena itu dalam mengantisipasi banjir yang kemungkinan akan terjadi kelak, dibutuhkan data mengenai besarnya debit banjir dan tinggi muka air untuk penyesuaian penampang sungai Taler.

Pada penelitian ini dilakukan perkiraan debit banjir rencana di Sungai Taler dengan analisis hidrologi untuk mengetahui besarnya debit banjir rencana. Simulasi elevasi tinggi muka air pada penampang sungai yang ditinjau menggunakan program komputer HEC-RAS. Analisis dimulai dengan mencari frekuensi debit menggunakan metode Log Pearson III untuk mendapatkan debit banjir rencana dengan kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 50 tahun dan 100 tahun. Adapun data debit yang digunakan berasal dari pos pemantauan debit Taler – Papakelan. Data debit yang digunakan adalah data debit maksimum sesaat tahunan dengan debit terukur tahun 2004, 2010 sampai tahun 2018. Debit puncak hasil simulasi setiap kala ulang dimasukkan dalam program komputer HEC-RAS untuk simulasi tinggi muka air pada penampang sungai yang telah diukur.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa penampang sungai Taler untuk STA 0+50, STA 0+75, STA 0+150 dan STA 0+200 pada kala ulang 2 tahun, STA 0+25 sampai STA 0+200 pada kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 50 tahun dan 100 tahun tidak dapat menampung debit banjir yang terjadi. Hal ini disebabkan oleh tinggi muka air banjir melebihi elevasi tebing sungai.

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

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sungai berperan sebagai sumber air yang banyak digunakan untuk keperluan manusia, di antaranya sebagai sumber air untuk keperluan air minum, rumah tangga, irigasi, industri, dan lain sebagainya. Sungai Taler merupakan sungai yang mengalir melewati beberapa kelurahan yang berada di Kecamatan Tondano Timur seperti Kelurahan Papakelan, Liningaan, Taler dan Kiliar. Aliran sungai Taler digunakan untuk mengairi lahan pertanian di sekitarnya.

Berdasarkan informasi warga, banjir yang terjadi di Kelurahan Papakelan pada tahun 2019 dan 2020 disebabkan oleh kapasitas tampung sungai yang berkurang akibat pendangkalan dan intensitas curah hujan yang tinggi dengan durasi waktu lama. Kejadian ini menyebabkan kerugian bagi masyarakat akibat terendamnya rumah penduduk, jalan serta lahan pertanian.

Upaya pengendalian banjir diperlukan untuk mengurangi resiko akibat luapan air yang menggenangi daratan yang tidak seharusnya tergenang. Dalam hal ini, diperlukan analisis hidrologi untuk mengetahui besarnya debit banjir dan analisis hidraulika untuk mengetahui elevasi muka air sungai dengan berbagai kala ulang, yang dapat menjadi acuan untuk perencanaan pengendalian banjir.

Rumusan Masalah

Terjadi peluapan air akibat banjir dari Sungai Taler di Kelurahan Papakelan yang menyebabkan kerugian bagi penduduk sekitarnya dan membutuhkan penanganan.

Batasan Penelitian

Penelitian dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Titik kontrol DAS terdapat pada lokasi penelitian yaitu disekitar Gereja GMIM Elim

- Papakelan (jalan *paving*) pada koordinat $1^{\circ}17'59.15''$ LU dan $124^{\circ}56'15.31''$ BT.
2. Data debit yang akan digunakan adalah data debit maksimum sesaat tahunan.
 3. Analisis hidraulika menggunakan program komputer HEC-RAS untuk mendapatkan elevasi tinggi muka air banjir.
 4. Kala ulang rencana dibatasi pada 2, 5, 10, 50 dan 100 tahun.
 5. Penampang melintang sungai yang ditinjau yaitu sepanjang 200 meter (100 meter ke arah hulu dan 100 meter ke arah hilir) dari lokasi penelitian di sekitar Gereja GMIM Elim Papakelan (jalan *paving*).

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui debit banjir serta elevasi tinggi muka air Sungai Taler di Kelurahan Papakelan dengan berbagai kala ulang.

Manfaat Penelitian

Memberikan informasi dan bahan pertimbangan bagi pemerintah dan masyarakat dalam mengantisipasi terjadi bencana banjir.

LANDASAN TEORI

Daur Hidrologi

Menurut Bambang Triatmodjo (2008), daur hidrologi merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali lagi ke bumi. Air di permukaan tanah, sungai, danau dan laut menguap menjadi uap air. 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. Air yang tertinggal di permukaan tanah sebagian menguap menjadi

embun, tapi sebagian besar dari air ini bergabung menjadi aliran dan mengalir sebagai air limpasan permukaan menuju sungai. Akhirnya aliran air di sungai akan sampai ke laut. Proses tersebut berlangsung terus menerus yang disebut siklus hidrologi.

Daerah Aliran Sungai (DAS)

Menurut Bambang Triatmodjo (2008), daerah aliran sungai adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggungan gunung atau pengunungan dimana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik (stasiun) yang ditinjau. Daerah aliran sungai ditentukan dengan menggunakan peta topografi yang dilengkapi 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.

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 (2008), 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*).

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.

Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit maksimum pada suatu sungai dengan periode ulang tertentu. Sumaraw (2013) mengungkapkan 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. 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*).

Analisis Hidraulika

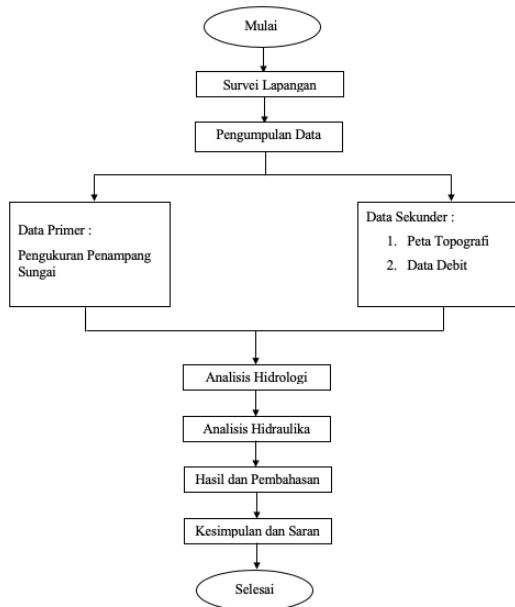
Aliran dikatakan langgeng (*steady*) jika kecepatan tidak berubah selama selang waktu tertentu.

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:

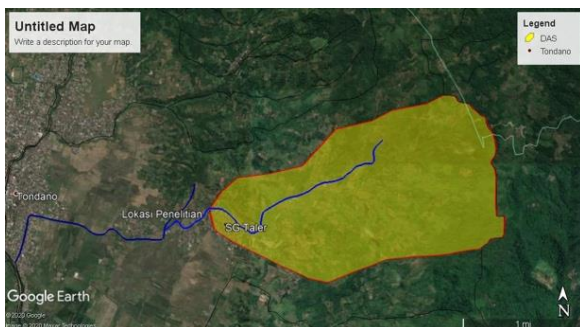


Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

ANALISIS, HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Daerah Aliran Sungai

Analisis daerah aliran sungai (DAS) dilakukan untuk mengetahui luas DAS Taler. 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 Taler sebesar 6,024 km².



Gambar 2. Gambar DAS Taler

Sumber: *Google Earth*, Data Balai Wilayah Sungai Sulawesi I

Analisis Debit Banjir

Dalam penelitian ini analisis debit banjir menggunakan data debit terukur yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai I dengan periode pencatatan tahun 2004, 2010 sampai tahun 2018.

Data debit terukur tersebut merupakan data debit sungai Taler. Selanjutnya, data debit terukur sungai Taler dianalisis dengan menggunakan analisis frekuensi debit untuk mendapatkan debit banjir rencana pada kala ulang tertentu.

Tabel 1. Data Debit Tahunan Maksimum

No	Tahun	Pos Debit Taler – Papakelan (m ³ /det)
1	2004	4.848
2	2010	3.161
3	2011	3.401
4	2012	3.567
5	2013	4.000
6	2014	6.290
7	2015	0.158
8	2016	0.286
9	2017	0.303
10	2018	2.756

Sumber: Balai Wilayah Sungai Sulawesi I

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 (Tabel 2) bergantung pada nilai parameter statistik yaitu rata-rata hitung atau *mean* (\bar{X}), simpangan baku (*S*) koefisien kemencengan (*Cs*), koefisien variasi (*Cv*) dan koefisien kurtosis (*Ck*).

Tabel 2. Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	$Cs = 0$	-0,0825	Tidak Memenuhi
	$Ck = 3$	3,2341	Tidak Memenuhi
Log Normal	$Cs = Cv^2 + 3 \cdot Cv = 2,5228$	-0,0825	Tidak Memenuhi
	$Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3 = 16,1121$	3,2341	Tidak Memenuhi
Gumbel	$Cs = 1.14$	-0,0825	Tidak Memenuhi
	$Ck = 5.40$	3,2341	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. Perhitungan dilakukan sebagai berikut.

Rata-rata hitung:

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i = \frac{1}{10} \times 2,2468 = 0,2247$$

Simpangan Baku:

$$S_{\log X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{3,2034}{10-1}} = 0,5966$$

Koefisien *Skewness* (Kemencengan):

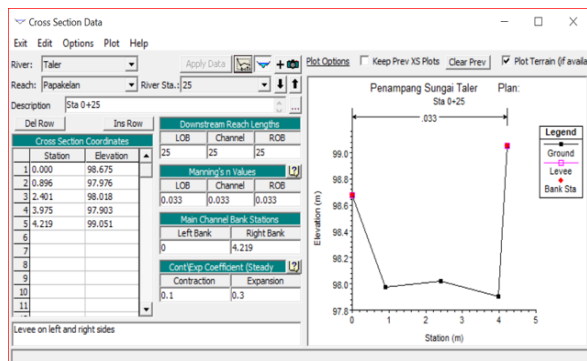
$$C_{S_{\log X}} = \frac{n}{(n-1)(n-2)(S_{\log X})^3} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3 = \frac{10}{(10-1)(10-2) \cdot 0,5966^3} \times (-1,5085) = -0,9866 \text{ (Kemencengan Negatif)}$$

Tabel 3. Debit Banjir Rencana

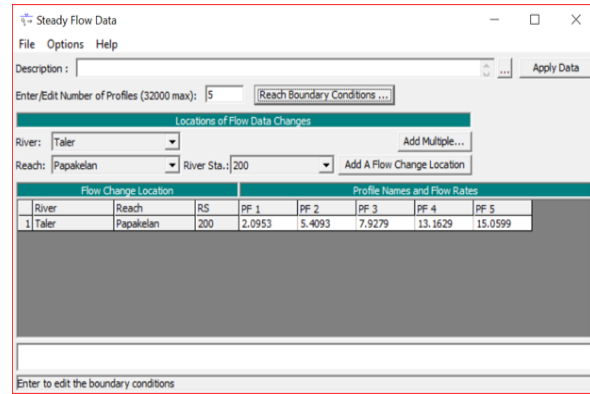
Kala Ulang (TR)	Log X _{TR}	X _{TR}
2 Tahun	0,3212	2,0953 m ³ /det
5 Tahun	0,7331	5,4093 m ³ /det
10 Tahun	0,8992	7,9279 m ³ /det
50 Tahun	1,1194	13,1629 m ³ /det
100 Tahun	1,1778	15,0599 m ³ /det

Analisis Tinggi Muka Air

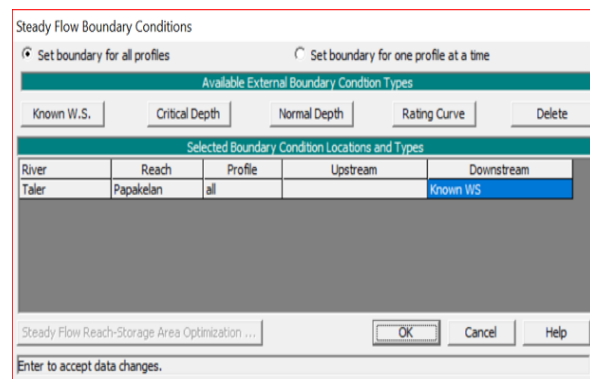
Analisis tinggi muka air menggunakan program komputer HEC-RAS membutuhkan data masukan yaitu penampang saluran, karakteristik saluran untuk nilai koefisien *n Manning*, dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng (*Steady Flow*). Data penampang sungai Taler diambil sepanjang 200 meter, yaitu 100 meter ke arah hulu dan 100 meter ke arah hilir dari koordinat 1°17'59.15"LU dan 124°56'15.31"BT.



Gambar 3. Data Penampang Melintang STA 0 + 25 m



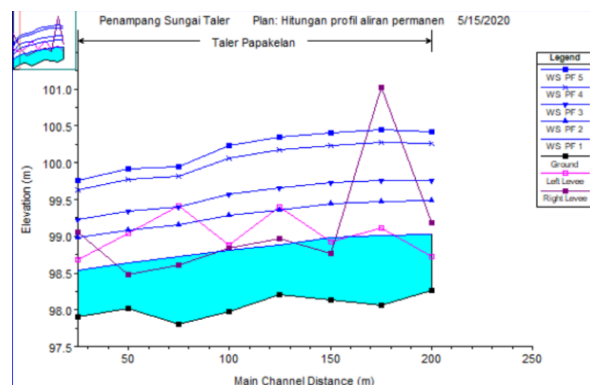
Gambar 4. Pengisian Data Debit



Gambar 5. Pengisian Reach Boundary Conditions

Simulasi Tinggi Muka Air Dengan Program Komputer HEC-RAS

Hasil simulasi menunjukkan bahwa penampang Sungai Taler yang ditinjau untuk STA 0+50, STA 0+75, STA 0+150 dan STA 0+200 pada kala ulang 2 tahun, STA 0+25 sampai STA 0+200 pada kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 50 tahun dan 100 tahun tidak dapat menampung debit banjir yang terjadi. Hal ini disebabkan oleh tinggi muka air banjir melebihi elevasi tebing sungai.



Gambar 6. Rangkaian Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Taler

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 2 tahun = 2,0953 m³/det, kala ulang 5 tahun = 5,4093 m³/det, kala ulang 10 tahun = 7,9279 m³/det, kala ulang 50 tahun = 13,1629 m³/det dan kala ulang 100 tahun = 15,0599 m³/det.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa penampang sungai Taler untuk STA 0+50, STA 0+75, STA 0+150 dan STA 0+200 pada kala ulang 2 tahun, STA 0+25 sampai STA 0+200 pada kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 50 tahun dan

100 tahun tidak dapat menampung debit banjir yang terjadi. Hal ini disebabkan oleh tinggi muka air banjir melebihi elevasi tebing sungai.

Saran

Beberapa alternatif atau solusi yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan banjir yang terjadi:

1. Perlu adanya pembangunan tanggul untuk menanggulangi luapan pada sungai.
2. Perlu dilakukan perawatan rutin pada sungai seperti pengerukan dasar sungai karena dapat mempengaruhi kapasitas tampung.

DAFTAR PUSTAKA

- _____. *Data Debit Harian Sungai Taler*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- _____. 2016. *HEC-RAS 5.0 Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- _____. 2016. *HEC-RAS 5.0 Users Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- Sumarauw, Jeffry. 2013. *Hujan*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sherman, L. K., 1932. *Stream Flow from Rainfall by the Unit Graph Method*, Engineering News-Record, Vol. 108, pp. 501-505.
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta.