

ANALISIS KAPASITAS PENAMPANG SUNGAI LONDOLA TILAWAT KECAMATAN TOMBATU UNTUK PENGENDALIAN BANJIR

Gabriella Elmalina Tuda

Jeffrey S. F. Sumarauw, Cindy J. Supit

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: randinigabriella@gmail.com

ABSTRAK

Sungai Londola Tilawat adalah salah satu sungai di Desa Tombatu yang sering meluap dan membanjiri beberapa daerah yang dilewati oleh sungai Londola Tilawat. Luapan air dari sungai Londola Tilawat menimbulkan kerugian bagi warga yang tinggal di sekitar sungai maupun pengguna jalan raya. Oleh karena itu dalam mengantisipasi banjir yang kemungkinan akan terjadi kelak, dibutuhkan data debit banjir dan tinggi muka air untuk penyesuaian penampang sungai Londola Tilawat.

Analisis dilakukan dengan mencari frekuensi hujan dengan metode Log Pearson III. Adapun data hujan yang digunakan berasal dari pos hujan Molompar. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum dari tahun 2009 s/d 2018. Setelah didapat besar hujan, pemodelan hujan aliran pada program komputer HEC-HMS menggunakan metode HSS Soil Conservation Services, dan untuk kehilangan air dengan SCS Curve Number (CN). Untuk aliran dasar (baseflow) akan menggunakan metode recession. Dilakukan kalibrasi parameter HSS SCS sebelum melakukan simulasi debit banjir dengan menggunakan uji koefisien determinasi (r^2). Dalam kalibrasi ini, parameter yang akan dikalibrasi adalah lag time, curve number, recession constant, baseflow dan ratio to peak. Untuk batasan setiap parameter disesuaikan dengan nilai standar pada program komputer HEC-HMS.

Hasil uji koefisien determinasi (r^2) menunjukkan nilai 0,897. Kemudian dilakukan analisis debit banjir dengan parameter terkalibrasi menggunakan program komputer HEC-HMS. Debit puncak hasil simulasi setiap kala ulang dimasukkan dalam program komputer HEC-RAS untuk simulasi tinggi muka air pada penampang yang telah diukur. Hasil simulasi menunjukkan untuk penampang STA 0+25 masih mampu menampung debit banjir untuk kala ulang 5 tahun. Selain itu semua penampang di Sungai Londola Tilawat yang ditinjau sudah tidak mampu menampung debit banjir untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun.

Kata kunci: *Sungai Londola Tilawat, Debit Banjir, Elevasi Tinggi Muka Air, HEC-HMS, HEC-RAS*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sungai Londola Tilawat adalah sungai yang mengalir melewati beberapa desa yang ada di Kecamatan Tombatu. Saat terjadi hujan lebat sungai Londola Tilawat meluap pada titik yang berada di desa Kuyanga. Luapan air dari sungai Londola Tilawat menyebabkan terjadinya banjir dan menimbulkan kerugian bagi warga yang tinggal disekitar sungai maupun pengguna jalan raya.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perlu dilakukan analisis hidrologi untuk mengetahui besarnya debit banjir dan analisis hidraulik untuk menganalisis tinggi muka air saat terjadi banjir di Sungai Londola Tilawat dengan kala ulang tertentu. Dengan diketahuinya hal tersebut dapat digunakan sebagai acuan perencanaan penanggulangan banjir di bantaran Sungai Londola Tilawat.

Rumusan Masalah

Sungai Londola Tilawat sering mengalami banjir namun belum memiliki data kapasitas tamping penampang sungai sebagai acuan untuk melakukan pengendalian banjir.

Batasan Penelitian

Dalam penelitian dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Data hujan yang digunakan adalah data hujan harian maksimum.
2. Kala ulang rencana dibatasi pada 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun.
3. Analisis dihitung dengan bantuan program komputer yaitu Hydrologic Engineering Center-The Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) untuk analisis hidrologi dan Hydrologic Engineering Center-River Analysis System (HEC-RAS) untuk analisis hidraulika.
4. Penampang melintang sungai yang ditinjau

adalah sepanjang 200 meter menuju hulu dari titik awal pengukuran yaitu di sekitar gereja GMIM Siloam yang terbagi atas 8 segmen.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kapasitas tampung penampang sungai Londola Tilawat terhadap berbagai kala ulang banjir di sekitaran Gereja GMIM Siloam.

Manfaat Penelitian

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

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:

1. Daur tersebut dapat berupa daur pendek, yaitu hujan yang jatuh di laut, danau atau sungai yang segera dapat mengalir kembali ke laut.
2. Tidak adanya keseragaman waktu yang diperlukan oleh suatu daur. Pada musim kemarau kelihatannya daur berhenti sedangkan di musim hujan daur berjalan kembali.
3. Intensitas dan frekuensi daur tergantung pada keadaan geografis dan iklim, yang mana hal ini merupakan akibat adanya matahari yang berubah-ubah letaknya terhadap meridian bumi sepanjang tahun (sebenarnya yang berubah-ubah letaknya adalah planet bumi terhadap matahari).
4. Berbagai bagian daur dapat menjadi sungai kompleks, sehingga kita hanya dapat mengamati bagian akhirnya saja dari suatu hujan yang jatuh di atas permukaan tanah dan kemudian mencari jalannya untuk kembali ke laut.

Daerah Aliran Sungai (DAS)

Menurut Sri Harto (2003), 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 (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). Menurut Triatmodjo (2008), 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.

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 $C_s \approx 1,14$; $C_k \approx 5,40$

Bila kriteria 3 (tiga) sebaran di atas tidak memenuhi, kemungkinan tipe sebaran yang cocok adalah Tipe Distribusi Log-Normal III.

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.

Dalam penelitian ini akan digunakan metode empiris yaitu hidrograf satuan untuk menghitung besarnya debit banjir.

HSS-SCS

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

Jika debit puncak dan waktu keterlambatan dari suatu durasi hujan efektif (Lag Time) diketahui, maka hidrograf satuan dapat diestimasi dari UH sintesis SCS.

Analisis Hidraulika

Aliran dikatakan langgeng (*steady*) jika

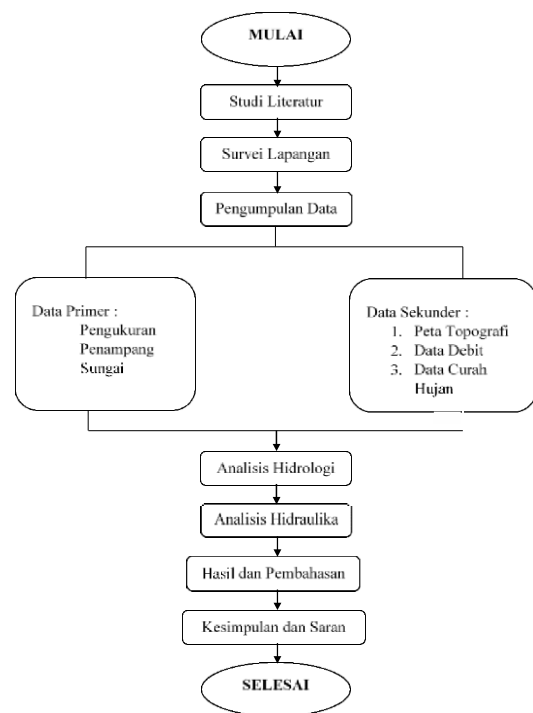
kecepatan tidak berubah selama selang waktu tertentu.

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 Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian dapat dijelaskan dengan gambar dalam diagram alir berikut:



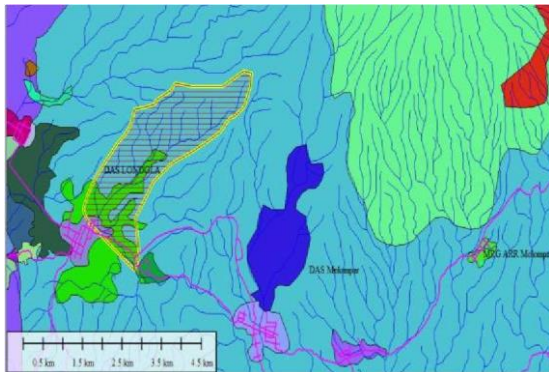
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Daerah Aliran Sungai

Analisis daerah aliran sungai (DAS) dilakukan untuk mengetahui luas DAS Londola Tilawat. Perhitungan luas DAS dilakukan dengan bantuan program *Global Mapper*

dengan menggunakan data SIG yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi-I. Sehingga diperoleh luas DAS Londola Tilawat sebesar 5,704 km².



Gambar 2. Gambar DAS Londola Tilawat
Sumber: Global Mapper, Data GIS BWSS-I

Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan di DAS Londola Tilawat dilakukan dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan periode pencatatan tahun 2009 sampai dengan tahun 2018. Pos hujan yang digunakan sebanyak 1 pos Hujan MRG Molompar. Berikut merupakan data hujan harian maksimum dari tahun 2009 sampai 2018.

Tabel 1. Curah Hujan Harian Maksimum

Tahun	MRG Molompar
2009	98,2
2010	109,6
2011	94,4
2012	101,9
2013	84,9
2014	80,2
2015	82,8
2016	98,7
2017	75,4
2018	87

Sumber: Balai Wilayah Sungai Sulawesi I

Uji Data Outlier

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

Hasil uji *oulier* mendapatkan bahwa data-data curah hujan tidak ada yang menyimpang.

Penentuan Tipe Distribusi Hujan

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

Tabel 2. Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	Cs = 0	0,5430	Tidak Memenuhi
	Ck = 3	2,7346	Tidak Memenuhi
Log Normal	Cs = Cv ³ + 3 . Cv = 0,8392	0,5430	Tidak Memenuhi
	Ck = Cv ⁸ + 6Cv ⁶ + 15Cv ⁴ + 16Cv ² + 3 = 4,2778	2,7346	Tidak Memenuhi
Gumbel	Cs = 1,14	0,5430	Tidak Memenuhi
	Ck = 5,40	2,7346	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Bila tidak ada parameter statistik yang sesuai dengan ketentuan distribusi sebelumnya	-	Memenuhi

Analisis Curah Hujan Rencana

Analisis curah hujan rencana dengan tipe sebaran Log Pearson tipe III. Hasil perhitungan diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Curah Hujan Rencana

Kala Ulang (TR)	Log X _{TR}	X _{TR}
5 Tahun	2,001335	100,3080 mm
10 Tahun	2,024220	105,7354 mm
25 Tahun	2,048651	111,8538 mm
50 Tahun	2,064453	115,9987 mm
100 Tahun	2,078659	119,8560 mm

Pola Distribusi Hujan Jam-jaman

Distribusi hujan jam-jaman merupakan pembagian intensitas hujan berdasarkan pola hujan suatu daerah. Dalam penelitian ini digunakan pola hujan dari daerah sekitar yaitu pola hujan daerah Minahasa Selatan dan sekitarnya.

Tabel 4. Pola Distribusi Hujan Minahasa Selatan dan Sekitarnya

Jam ke -	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
% Distribusi Hujan	63	8	19	7	2	1	1	1	1	1

Sumber: Sumarauw, 2017

Tabel 5. Distribusi Hujan Rencana untuk Setiap Kala Ulang

Jam ke-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P (mm) tiap kala ulang										
5 tahun	63,19	8,02	19,05	7,02	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10 tahun	66,61	8,45	20,08	7,40	2,11	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
25 tahun	70,46	8,94	21,25	7,82	2,23	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11
50 tahun	73,06	9,27	22,03	8,38	2,31	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
100 tahun	75,50	9,58	22,77	8,11	2,39	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19

Sumber: Hasil olahan

Perhitungan Nilai SCS Curve Number

Nilai CN rata-rata untuk DAS Londola Tilawat didapat dengan menjumlahkan hasil kali antara nilai CN tiap tutup lahan dengan presentase luas lahan terhadap luas total.

Tabel 6. Perhitungan Nilai CN Rata-Rata DAS Londola Tilawat

Jenis Tutup Lahan	Luas (Km ²)	Persentase (%)	CN Tiap Lahan	CN
Sawah	1,29597	22,72	81	18,4032
Pemukiman (20% skedap air)	0,1337	2,34	68	1,5912
Tegalan/Ladang	4,27433	74,94	61	45,7134
Total	5,704	100	-	65,7078

Analisis Debit Banjir Rencana

Pemodelan hujan aliran pada program komputer HEC-HMS akan menggunakan metode HSS Soil Conservation Services, dan untuk kehilangan air dengan SCS Curve Number (CN). Untuk aliran dasar (baseflow) akan menggunakan metode recession.

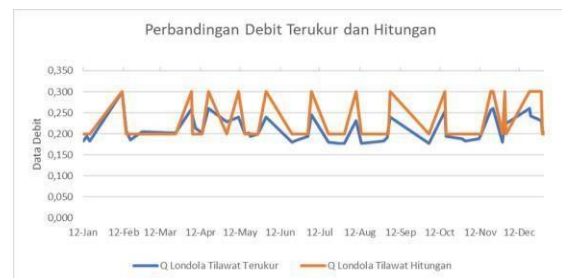
Kalibrasi Parameter HSS SCS

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

Kalibrasi dilakukan pada DAS Lokasi penelitian dengan data debit terukur hasil perhitungan.

Dikarenakan sungai Londola Tilawat tidak memiliki data debit terukur, maka perlu dilakukan perhitungan dengan metode analisis regional sehingga data debit sungai Londola Tilawat dapat diketahui.

Uji koefisien determinasi (r^2) dilakukan dengan membandingkan debit terukur sungai Londola Tilawat dan debit terbaik hasil hitungan yang diperoleh dari parameter yang sudah terkalibrasi.



Gambar 3. Grafik Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur

Simulasi Debit Banjir dengan HEC-HMS

Setelah kalibrasi, semua parameter terkalibrasi akan digunakan sebagai parameter pada komponen sub-DAS untuk perhitungan debit banjir. Hasil simulasi untuk tiap kala ulang adalah sebagai berikut:

Date	Time	Precip (mm)	Loss (mm)	Excess (mm)	Direct Flow (mm)	Baseflow (mm)	Total Flow (mm)	Obs Flow (mm)
01-Jan-2018	00:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,10
02-Jan-2018	00:00	7,10	7,10	0,00	0,00	0,10	0,10	0,20
03-Jan-2018	00:00	29,40	29,40	0,00	0,00	0,10	0,10	0,20
04-Jan-2018	00:00	78,70	78,70	0,00	0,00	0,10	0,10	0,20
05-Jan-2018	00:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,20
06-Jan-2018	00:00	4,60	4,60	0,00	0,00	0,10	0,10	0,20
07-Jan-2018	00:00	2,00	2,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,20
08-Jan-2018	00:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,20
09-Jan-2018	00:00	7,10	7,10	0,00	0,00	0,10	0,10	0,20
10-Jan-2018	00:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,20
11-Jan-2018	00:00	3,30	3,30	0,00	0,00	0,10	0,10	0,20
12-Jan-2018	00:00	12,60	12,22	0,38	0,00	0,10	0,20	0,20
13-Jan-2018	00:00	14,70	13,55	1,15	0,10	0,10	0,30	0,20
14-Jan-2018	00:00	4,70	3,86	0,84	0,10	0,10	0,20	0,20
15-Jan-2018	00:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,20	0,20
16-Jan-2018	00:00	4,80	3,87	0,93	0,00	0,10	0,20	0,20
18-Jan-2018	00:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,20	0,20
19-Jan-2018	00:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,20	0,20
20-Jan-2018	00:00	0,00	0,72	0,18	0,00	0,10	0,20	0,20
21-Jan-2018	00:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,20	0,20
22-Jan-2018	00:00	15,40	15,40	0,00	0,00	0,10	0,20	0,20
23-Jan-2018	00:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,20	0,20
24-Jan-2018	00:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,20	0,20

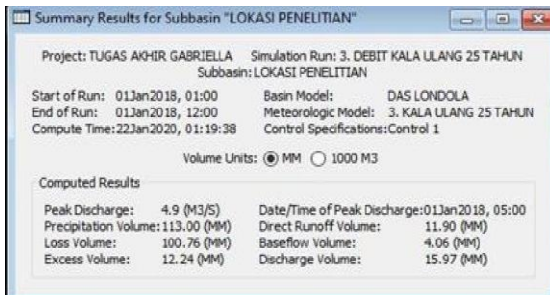
Gambar 2. Debit Hitungan Sungai Londola Tilawat

Computed Results	Value	Date/Time of Peak Discharge
Peak Discharge:	3.8 (M3/S)	01-Jan-2018, 05:00
Precipitation Volume:	104.46 (MM)	Direct Runoff Volume: 9.05 (MM)
Loss Volume:	95.10 (MM)	Baseflow Volume: 3.07 (MM)
Excess Volume:	9.36 (MM)	Discharge Volume: 12.13 (MM)

Gambar 4. Summary Result Kala Ulang 5 Tahun



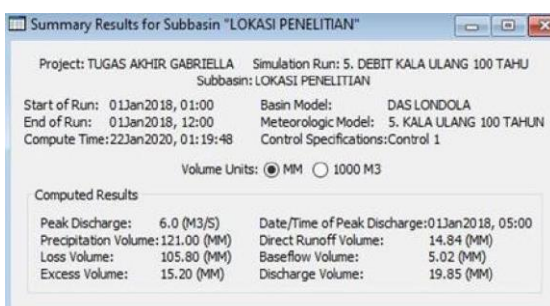
Gambar 5. Summary Result Kala Ulang 10 Tahun



Gambar 6. Summary Result Kala Ulang 25 Tahun



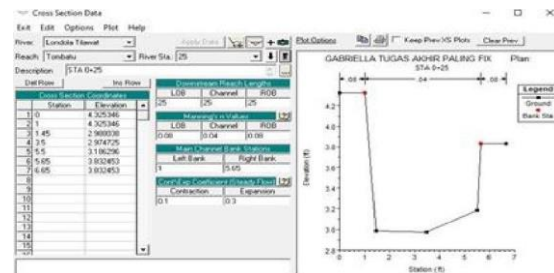
Gambar 7. Summary Result Kala Ulang 50 Tahun



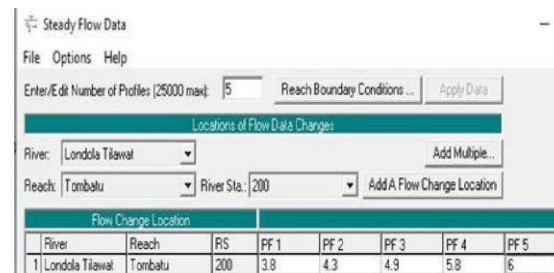
Gambar 8. Summary Result Kala Ulang 100 Tahun

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*).



Gambar 9. Data Penampang Melintang STA 0+0m



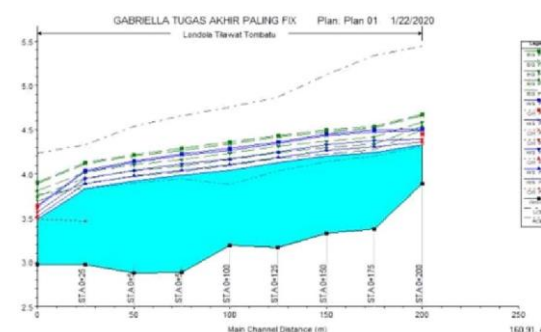
Gambar 10. Pengisian Data Debit



Gambar 11. Pengisian Reach Boundary Conditions

Simulasi Tinggi Muka Air dengan HEC-RAS

Hasil simulasi menunjukkan untuk penampang STA 0+25 masih mampu menampung debit banjir untuk kala ulang 5 tahun. Selain itu, semua penampang Sungai Londola Tilawat yang ditinjau sudah tidak mampu menampung debit banjir untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun.



Gambar 12. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Londola Tilawat

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi yang telah dilakukan, maka:

1. Debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun = 3,8 m³/det, kala ulang 10 tahun = 4,3 m³/det, kala ulang 25 tahun = 4,9 m³/det, kala ulang 50 tahun = 5,8 m³/det, kala ulang 100 tahun = 6 m³/det .
2. Hasil simulasi menunjukkan untuk penampang STA 0+25 masih mampu

menampung debit banjir untuk kala ulang 5 tahun. Selain itu semua penampang Sungai Londola Tilawat yang ditinjau sudah tidak mampu menampung debit banjir untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun.

Saran

1. Perlu dibuatkan tanggul pada daerah sebelah kanan penampang sungai yang di ukur agar tidak terjadi luapan

DAFTAR PUSTAKA

- _____.2000. *HEC-HMS Technical Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- _____.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.
- _____.*Data Debit Harian Sungai Londola Tilawat*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- _____.*Data Hujan Harian Pos Hujan Molompar*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- Triatmodjo Bambang., 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta. (12-4, 34, 155-158, 163).
- Sri Harto Br., 2003. *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Sumarauw, Jeffry. 2017. *Analisis Frekwensi Hujan*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Halaman ini sengaja dikosongkan