

ANALISIS KAPASITAS PENAMPANG DAN TINGGI MUKA AIR SUNGAI MALINO TERHADAP BERBAGAI KALA ULANG BANJIR

Valen Yanny Lumentut

Jeffrey S. F. Sumarauw, Tiny Mananoma

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

email: VLumentut@yahoo.com

ABSTRAK

Sungai Malino di kabupaten Parimo Sulawesi Tengah, pernah meluap dan membanjiri beberapa daerah aliran sungainya yang mengakibatkan kerugian bagi warga yang tinggal di bantaran sungai maupun pengguna jalan raya. Untuk mengantisipasi bahaya banjir, dibutuhkan data kapasitas penampang dan tinggi muka air sungai Malino.

Pada penelitian ini, frekuensi hujan dihitung dengan metode Log Pearson III. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum tahun 2008 s/d 2017 dari pos hujan Ongka - Persatuan. Simulasi hujan aliran dilakukan dengan HSS SCS menggunakan bantuan program HEC-HMS. Untuk memperoleh elevasi tinggi muka air, maka debit puncak hasil simulasi dimasukkan dalam program HEC-RAS.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa kapasitas penampang dari STA 0+0 sampai dengan STA 0+200 sungai Malino tidak dapat lagi menampung debit banjir dengan kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun .

Kata kunci : *Banjir, Kapasitas Penampang Sungai, Tinggi Muka Air, HEC-HMS, HEC-RAS.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Banjir adalah peristiwa yang terjadi ketika debit air yang berlebihan merendam daratan yang disebabkan oleh intensitas hujan yang sangat tinggi sehingga debit air melebihi kapasitas penampang sungai yang tersedia. Apabila debit air tidak begitu besar maka kerugian bagi masyarakat di sekitar sungai tidak dirasakan namun sebaliknya bila debit air begitu besar sehingga menimbulkan banjir maka terjadi kerugian materi yang besar di kalangan masyarakat, kerusakan infrastruktur seperti jalan raya dan dapat pula menimbulkan wabah penyakit bagi masyarakat di sekitar daerah aliran sungai (DAS). Daerah aliran sungai mempunyai karakteristik yang dapat mempengaruhi besarnya debit air pada sungai tersebut.

Sungai Malino adalah sungai yang alirannya melewati beberapa desa di kecamatan Ongka Malino, Sulawesi Tengah. Hulu sungai Malino terletak di pegunungan Tinombala dan desa Karya Mandiri, Kabupaten Parigi Moutong, Sulawesi Tengah. Pada saat hujan deras terjadi di sekitar DAS Malino menyebabkan meluapnya air sungai ke pemukiman warga yang menimbulkan kerugian bagi warga yang tinggal di sekitar sungai.

Berdasarkan informasi, sungai Malino terakhir meluap pada bulan September 2017 yang menggenangi 3 desa yakni desa Malino, Tinombala dan Tabolo-bolo. Dengan demikian perlu dilakukan analisis untuk penanggulangan banjir di sekitar bantaran Sungai Malino.

Rumusan Masalah

Pada saat hujan dengan intensitas tinggi terjadi, debit air di sungai Malino akan meluap dan menyebabkan banjir, sehingga perlu dilakukan analisis tampung kapasitas penampang sungai Malino sebagai acuan untuk melakukan pengendalian banjir di sungai Malino.

Batasan Penelitian

Masalah yang diteliti dalam penelitian ini 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 hidrologi dihitung dengan program HEC-HMS, (*Hydrologic Engineering Center-The Hydrologic Modeling System*) sedang untuk analisis hidraulika dilakukan dengan HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center-River Analysis System*).

4. Data penampang sungai diperoleh dari pengukuran yang ditinjau dari titik control di Jembatan Malino yaitu sepanjang 100meter menuju hulu sungai dan 100meter menuju hilir sungai dari titik control pengukuran.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kapasitas penampang sungai terhadap berbagai kala ulang banjir di daerah aliran Sungai Malino.

Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan informasi untuk instansi terkait yang berwenang dalam melakukan penanggulangan masalah banjir di wilayah sungai Malino.

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 perubahan letak planet bumi terhadap matahari sepanjang.
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)

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.

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. Memperhatikan keperluan untuk berbagai kepentingan analisis berikutnya, dan dipertimbangkan pula segi kepraktisan pemakaian, maka peta dengan skala 1:50.000 dipandang mencukupi. Dari peta yang dimiliki, ditetapkan titik-titik tertinggi di sekeliling sungai utama (*main stream*) yang dimaksudkan, masing-masing titik tersebut dihubungkan satu dengan lainnya sehingga membentuk garis utuh yang bertemu ujung pangkalnya. Garis tersebut merupakan batas DAS di titik kontrol tertentu.

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 Polygon Thiessen. Metode ini dipandang cukup baik karena memberikan koreksi terhadap kedalaman hujan sebagai fungsi luas daerah yang dianggap mewakili.

Curah hujan rata-rata dengan cara *Polygon Thiessen* dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\bar{R} = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + \dots + A_nR_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (1)$$

dengan:

- \bar{R} = Curah hujan rata-rata.
- R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan di tiap titik pengamatan dan n adalah jumlah titik-titik pengamatan.
- A_1, A_2, \dots, A_n = Luas daerah yang mewakili tiap stasiun pengamatan.

Analisis Frekuensi

Data hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi seperti:

curah hujan, temperatur, penguapan, debit sungai dan lain sebagainya yang akan selalu berubah menurut waktu. Komponen data hidrologi dapat disusun dalam bentuk daftar atau tabel.

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. Tujuan Analisis frekuensi adalah untuk mengetahui besarnya suatu kejadian dan frekuensi atau periode ulang kejadian tersebut dengan menggunakan 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. Peluang kumulatif dari sebuah varian adalah peluang dari suatu variabel acak yang mempunyai nilai sama atau kurang dari suatu nilai tertentu.

Salah satu tujuan dalam analisa distribusi peluang adalah menentukan periode ulang (*return period*). Menurut Triatmodjo (2009), Periode ulang didefinisikan sebagai waktu hipotetik dimana debit atau hujan dengan suatu besaran tertentu (xT) akan disamai atau dilampaui satu kali dalam jangka waktu tertentu.

Fungsi distribusi peluang yang sering digunakan dalam penelitian adalah:

1. Distribusi Normal
2. Distribusi Log-Normal
3. Distribusi Gumbel
4. Distribusi Log Pearson III

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
 $C_s \approx 1,14 ; C_k \approx 5,40$
- 4) 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 menggunakan metode empiris yaitu hidrograf satuan untuk menghitung besarnya debit banjir.

HSS-SCS

Hidrograf tidak berdimensi SCS (*Soil Conesevation 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.

$$\begin{aligned} \text{Lag Time } (t_p) &= 0,6 \times T_c \\ \text{Waktu Naik } (T_p) &= \frac{t_r}{2} + t_p \\ \text{Time base } (t_b) &= 5 \times T_p \\ q_p &= \frac{CA}{T_p} \end{aligned}$$

Analisis Hidrolika

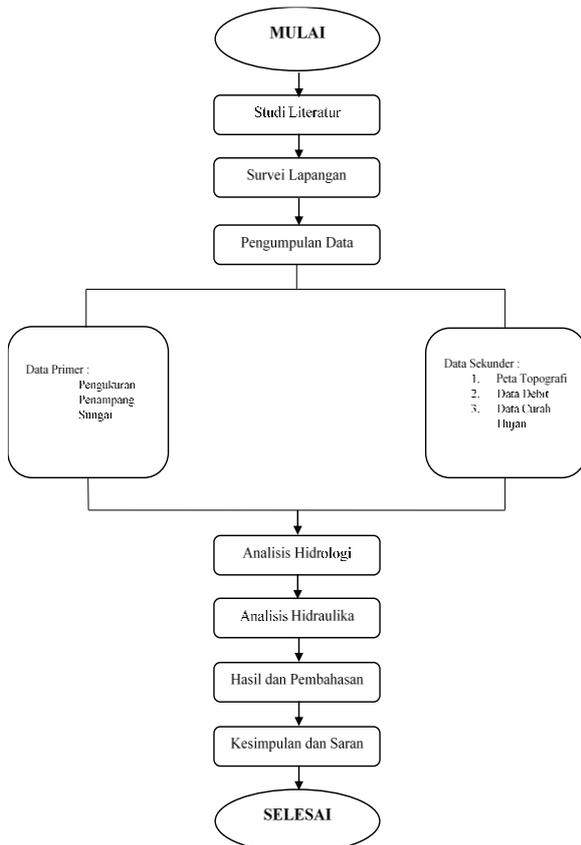
Aliran dikatakan langgeng (*steady*) jika kecepatan tidak berubah selama selang waktu tertentu.

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 diperlihatkan pada bagan berikut:



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

ANALISIS, HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Daerah Aliran Sungai

Analisis daerah aliran sungai dilakukan agar dapat mengetahui luas DAS sungai Malino. Perhitungan luas DAS dilakukan dengan menggunakan bantuan program AutoCAD dengan mengambil data dari Peta Rupa Bumi Indonesia yang bersumber dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Sehingga luas DAS yang diperoleh untuk sungai Malino adalah 230,32 km².

Gambar 2 berikut, adalah peta yang memperlihatkan Daerah Aliran Sungai (DAS) Malino



Gambar 2. Gambar DAS Malino
Sumber: Badan Informasi Geospasial

Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan di DAS Malino dilakukan dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi III dengan periode pencatatan tahun 2008 sampai dengan tahun 2017. Pos hujan yang digunakan sebanyak 1 Pos Hujan yang berpengaruh yaitu Pos Hujan MRG Ongka - Persatuan. Berikut merupakan data hujan harian maksimum

Tabel 1. Curah Hujan Harian Maksimum

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
	MRG Ongka - Persatuan
2008	120
2009	54,2
2010	71,6
2011	82,9
2012	115,4
2013	65,3
2014	70,8
2015	87,9
2016	84
2017	79,5

Sumber: BWSS-III.

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.

Uji data outlier mempunyai 3 syarat, yaitu:

1. Jika $C_{slog} \geq 0,4$ maka: uji outlier tinggi, koreksi data, uji outlier rendah, koreksi data.
2. Jika $C_{slog} \leq -0,4$ maka: uji outlier rendah, koreksi data, uji outlier tinggi, koreksi data.
3. Jika $-0,4 < C_{slog} < 0,4$ maka: uji outlier tinggi atau rendah, koreksi data. Pengujian data outlier dimulai dengan menghitung nilai-nilai parameter statistik, nilai rata-rata, standar deviasi, dan koefisien kemencengan (*Skewness*) dari data yang ada dan data pengamatan diubah dalam nilai log.

Untuk nilai C_{slog} lebih dari 0,4:

$$K_n = (-0,62201) + (6,28446 n^{\frac{1}{4}}) - (2,49835 n^{\frac{1}{2}}) + (0,491436 n^{\frac{3}{4}}) - (0,037911 n)$$

Untuk nilai C_{slog} kurang dari -0,4:

$$K_n = (-3,62201) + (6,28446 n^{\frac{1}{4}}) - (2,49835 n^{\frac{1}{2}}) + (0,491436 n^{\frac{3}{4}}) - (0,037911 n)$$

Kemudian dilakukan uji outlier pada data curah hujan MRG Ongka - Persatuan. Hasil uji outlier mendapatkan bahwa data-data curah hujan tersebut tidak 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	$C_s = 0$	0,7789	Tidak Memenuhi
	$C_k = 3$	4,0296	Tidak Memenuhi
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3 \cdot C_v = 0,8392$	0,7789	Tidak Memenuhi
	$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3 = 4,2778$	0,7789	Tidak Memenuhi
Gumbel	$C_s = 1.14$	0,7789	Tidak Memenuhi
	$C_k = 5.40$	4,0296	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 dilakukan dengan tipe sebaran Log Pearson tipe III.

Perhitungan dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung parameter statistik sebagai berikut:

Tabel 3. Parameter Statistik Log Pearson-III

Ranking	Data (X)	log X (Y)	Y - \bar{Y}	(Y - \bar{Y}) ²	(Y - \bar{Y}) ³
1	54,2	1,73399	-0,17424	0,03036	-0,00529
2	65,3	1,81491	-0,09333	0,00871	-0,00081
3	70,8	1,85003	-0,05821	0,00338	-0,0002
4	71,6	1,85491	-0,05333	0,00284	-0,00015
5	79,5	1,90036	-0,00788	6,2E-05	-4,9E-07
6	82,9	1,91855	0,01031	0,00010	1,1E-06
7	84	1,92427	0,01603	0,00025	4,12E-1
8	87,9	1,94398	0,03574	0,00178	4,57E-1
9	115,4	2,06220	0,15396	0,02370	0,00365
10	120	2,07918	0,17093	0,02922	0,00499
	$\Sigma =$	19,0824	-1,6E-15	0,09993	0,00224

Rata-rata hitung:

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i = 1,908244$$

Simpangan Baku:

$$S_{\log X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} = 0,105373$$

Koefisien Skewness (Kemencengan):

$$C_{S_{\log X}} = \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot (S_{\log X})^3} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3 = 0,2662136 \text{ (Kemencengan Positif)}$$

Faktor frekuensi K untuk tiap kala ulang terdapat pada tabel nilai K_T untuk kemencengan positif yang ditentukan dengan menggunakan nilai $C_{S_{\log X}}$ dan kala ulang dalam tahun.

Nilai K untuk tiap kala ulang adalah sebagai berikut:

5 Tahun	: 0,826027
10 Tahun	: 1,306297
25 Tahun	: 1,835526
50 Tahun	: 2,193431
100 Tahun	: 2,519674

Kala Ulang (TR)	Log X_{TR}	X_{TR}
5 Tahun	1,995285	98,92 mm
10 Tahun	2,045892	111,14 mm
25 Tahun	2,101975	126,46 mm
50 Tahun	2,139372	137,83 mm
100 Tahun	2,17375	149,19 mm

Tabel 4. Hujan Rencana Tiap Kala Ulang

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 Kab.Parimo dan sekitarnya.

Tabel 5. Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang 5 Tahun

Jam ke -	1	2	3	4	5
% distribusi hujan	58,5	15,1	10,7	8,5	7,2
P (mm)	57,868	14,937	10,585	8,408	7,122

Tabel 6. Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang 10 Tahun

Jam ke -	1	2	3	4	5
% distribusi hujan	58,5	15,1	10,7	8,5	7,2
P (mm)	65,020	16,783	11,893	9,447	8,002

Tabel 7. Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang 25 Tahun

Jam ke -	1	2	3	4	5
% distribusi hujan	58,5	15,1	10,7	8,5	7,2
P (mm)	73,983	19,096	13,532	10,750	9,106

Tabel 8. Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang 50 Tahun

Jam ke -	1	2	3	4	5
% distribusi hujan	58,5	15,1	10,7	8,5	7,2
P (mm)	80,636	20,814	14,749	11,716	9,924

Tabel 9. Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang 100 Tahun

Jam ke -	1	2	3	4	5
% distribusi hujan	58,5	15,1	10,7	8,5	7,2
P (mm)	87,278	22,528	15,964	12,681	10,742

Perhitungan Nilai SCS Curve Number

Tabel 10. Perhitungan nilai CN DAS Malino

Jenis Tutup Lahan	Luas (Km ²)	Persentase (%)	CN Tiap Lahan	CN
Pemukiman	11,516	0,05	68	3,4
Tanah yang diolah dan ditanami	62,187	0,27	81	21,870
Hutan	138,192	0,60	55	33
Ladang	11,516	0,08	71	5,679
Total	230,32	1	-	63,950

Nilai CN rata-rata untuk DAS Malino adalah 63,950.

Analisis Debit Banjir Rencana

Pemodelan hujan aliran dengan 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*.

Pertama, dihitung asumsi *lag time* awal dari DAS Malino dengan data parameter DAS sebagai berikut: L = 20,2km; s = 0,097624 m/m; n = 0,076

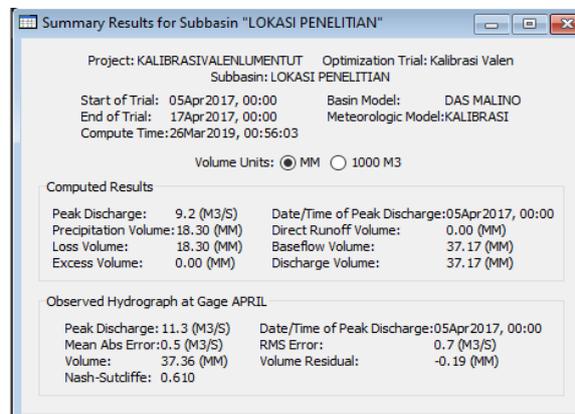
$$T_c = \frac{0,606(L.n)^{0,467}}{S^{0,234}} = 1,27013 \text{ jam}$$

$$T_l = 0,6 \cdot T_c = 0,765608 \text{ jam}$$

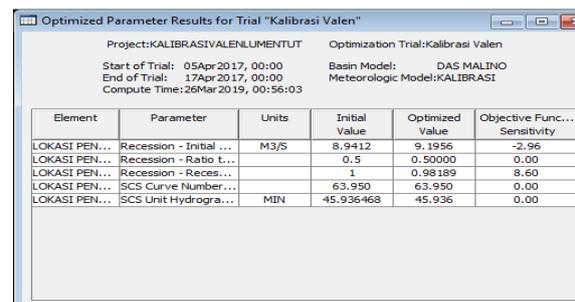
Kalibrasi Parameter HSS SCS

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 di lapangan.

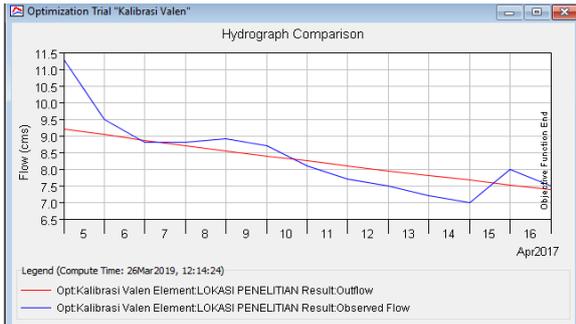
Data hujan dan data debit dimasukkan ke komponen Time-Series Data. Data hujan dan data debit yang digunakan adalah data tahun 2017, dengan waktu mulai pada 05 April 2017 dan waktu selesai 17 April 2017. Data debit yang digunakan adalah data debit perbandingan sungai Sidoan dengan menggunakan metode analisis regional.



Gambar 3. Rangkuman Hasil Kalibrasi



Gambar 4. Parameter teroptimasi hasil kalibrasi DAS Malino

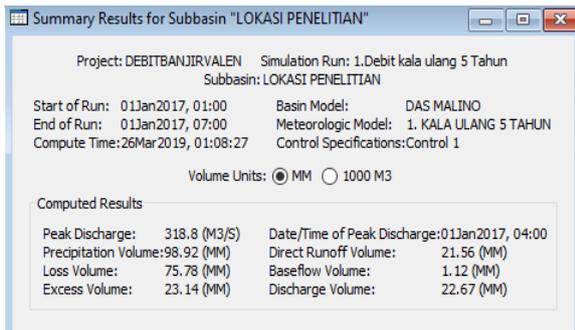


Gambar 5. Grafik Perbandingan Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur

Simulasi Debit Banjir dengan Program Komputer HEC-HMS

Setelah kalibrasi, semua parameter terkalibrasi akan digunakan sebagai parameter pada komponen sub-DAS untuk perhitungan debit banjir.

Dengan data hujan rencana jam-jaman yang telah dihitung maka diperoleh hasil simulasi program komputer HEC-HMS sebagai berikut:



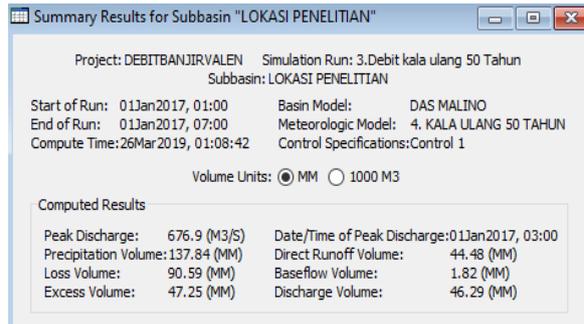
Gambar 6. Summary Result Kala Ulang 5 Tahun



Gambar 7. Summary Result Kala Ulang 10 Tahun



Gambar 8. Summary Result Kala Ulang 25 Tahun



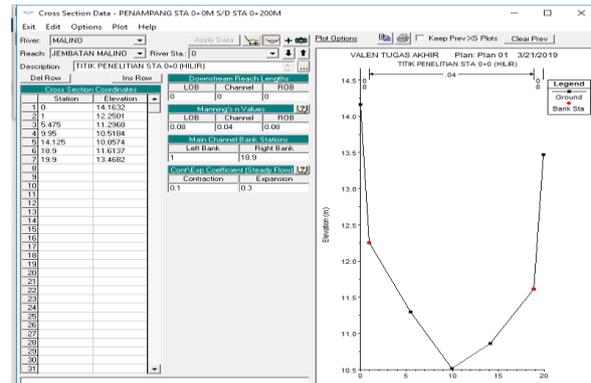
Gambar 9. Summary Result Kala Ulang 50 Tahun



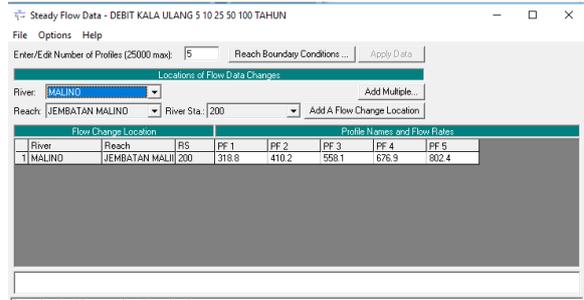
Gambar 10. Summary Result Kala Ulang 100 Tahun

Analisis Tinggi Muka Air

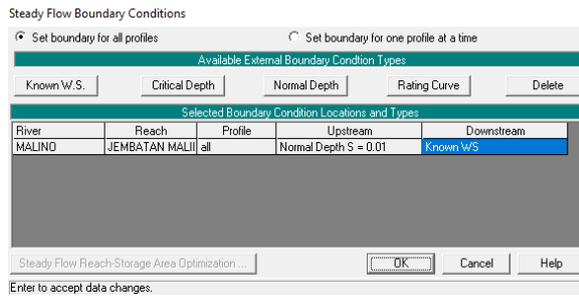
Analisis tinggi muka air menggunakan program komputer HEC-RAS membutuhkan data masukan yaitu penampang sungai, karakteristik saluran untuk nilai koefisien *n* Manning, dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng (*Steady Flow*).



Gambar 11. Memasukkan Data Penampang Sungai

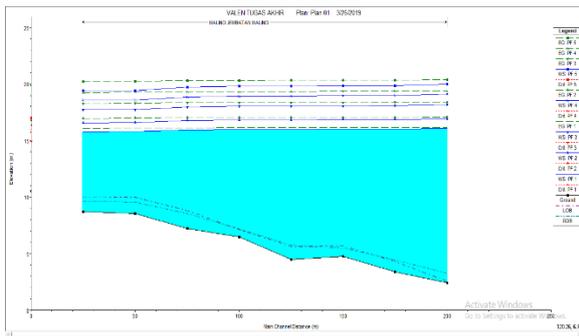


Gambar 12. Pengisian Data Debit



Gambar 13. Pengisian *Reach Boundary Conditions*

Simulasi Tinggi Muka Air dengan Program Komputer HEC-RAS



Gambar 14. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Malino

Hasil simulasi menunjukkan bahwa semua penampang sungai Malino yang ditinjau, sudah tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan, besar hujan dengan kala ulang yang panjang menghasilkan debit puncak yang besar. Sehingga kapasitas daya tampung sungai Malino tidak dapat lagi menampung besarnya debit banjir.

Hasil perhitungan menunjukkan penampang STA 0+0 sampai dengan STA 0+200 sungai Malino tidak dapat menampung debit banjir dengan kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun.

Saran

Perlu dibuatkan tanggul dan pengerukan dasar sungai Malino pada semua daerah penampang sungai yang di ukur agar tidak terjadi luapan.

DAFTAR PUSTAKA

- _____, Data Hujan Harian Pos Hujan Ongka-Persatuan. Balai Wilayah Sungai Sulawesi III, Palu.
- _____, Data Debit Harian Sidoan. Balai Wilayah Sungai Sulawesi III, Palu.
- _____, Peta Rupa Bumi Indonesia (Badan Informasi Geospasial BIG).
- Kamase, M., Hendratta, L. A., Sumarauw, J. S. F., 2017. *Analisis Debit dan Tinggi Muka Air Sungai Tondano di Jembatan Desa Kuwil Kecamatan Kalawat*, Jurnal Sipil Statik, Vol.5 No. 4, ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Kapantouw, Billy., Jeffry S. F. Sumarauw, Tiny Mananoma, 2017. *Analisis Debit dan Tinggi Muka Air Sungai Paniki Di Kawasan Holland Village*, Jurnal Sipil Statik, Vol.5 No. 1, ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Ohgushi., Koichiro, Jeffry Sumarauw, Takenori Hino, 2012. *A Study on The Flood Management of Jobaru River Basin by Geotechnical and Hydraulic Engineering Approach*. Proceedings of IAHR-APD 2012, USB Memory, Department of Civil Engineering and Architecture, Faculty of Science and Engineering Saga University, Japan.
- Sumarauw, J. S. F., 2013. *The effect of land cover changes on the hydrological process in Jobaru river basin: a step for integrated river basin management*, Saga University, Japan.
- Sumarauw, J. S. F., Ohgushi, K., 2012. *Analysis on Curve Number, Land Use and Land Cover Changes and the Impact to the Peak Flow in the Jobaru River Basin, Japan*. International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS, Department

of Civil Engineering and Architecture, Faculty of Science and Engineering Saga University, Japan.

Sumarauw, J.S.F. & Ohgushi, K., 2012. Analysis on Curve Number, Land Use and Land Changes in the Jobaru River Basin, Japan.

Supit, C. J., 2013. *The Impact of Water Projects on River Hydrologi*, Jurnal Tekno, Vol.11, No.59., Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado.

Talumepa, M. Y., Tanudjaja, L., & Sumarauw, J. S. (2017). *Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Sangkub Kabupaten Bolaang Mongondow Utara*. Jurnal Sipil Statik, Vol.5 No. 10, ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Tanudjaja, Lambertus., 1991. *Analisis Aliran di Saluran Terbuka dengan Metode Elemen Hingga*, Tesis S2 Teknik Sumberdaya Air, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Triatmodjo, Bambang., 2009. *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.

Halaman ini sengaja dikosongkan