

TINJAUAN KAPASITAS PENAMPANG TERHADAP BANJIR RENCANA DI SUNGAI KARIS KECAMATAN SONDER KABUPATEN MINAHASA

Theressa Martha Montolalu

Tiny Mananoma, Hanny Tangkudung

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: theressamontolalu1803@gmail.com

ABSTRAK

Sungai Karis yang berada di kecamatan Sonder Kabupaten Minahasa Provinsi Sulawesi Utara merupakan sungai dengan luas DAS 8,1 km². Pada saat musim penghujan dengan intensitas yang tinggi sungai Karis memiliki potensi terjadi banjir. Banjir yang terjadi pada tahun 2017 lalu sangat merugikan, selain merendam rumah warga, banjir juga merusak lahan pertanian dan lahan peternakan warga. Perlu dilakukan analisis untuk mendapatkan data debit banjir dan kapasitas tampung sungai Karis.

Analisis dilakukan dengan mencari frekuensi hujan dengan metode Log Pearson III. Adapun data hujan yang digunakan berasal dari 1 pos hujan dan 1 pos klimatologi, yaitu pos hujan MRG Ranowangko Tara - Tara dan 1 pos Klimatologi Tondano - Paleloan. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum dari tahun 2010 s/d 2019. Pemodelan hujan aliran pada program komputer HEC-HMS menggunakan metode HSS Soil Conservation Service dan SCS Curve Number (CN). Aliran dasar (baseflow) menggunakan metode recession. Dilakukan kalibrasi parameter HSS SCS sebelum melakukan simulasi debit banjir dengan menggunakan program komputer HEC-HMS. Dalam kalibrasi ini, parameter yang dikalibrasi adalah lag time, curve number, recession constant, baseflow, dan ratio to peak. Kalibrasi dilakukan dengan menggunakan uji koefisien determinasi dengan memperhatikan nilai koefisien determinasi yang > 0,6 dianggap sudah bisa memenuhi untuk tingkat kemiripan. Hasil kalibrasi didapat 0,650 (memenuhi). 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 terukur.

Hasil simulasi program HEC-RAS menunjukkan penampang melintang di titik kontrol 5 m arah hilir jembatan Sonder - Rambunan pada sta 0+150, sta 0+125, dan sta 0+100 masih dapat menampung debit banjir untuk semua kala ulang rencana. Untuk sta 0+75 dan sta 0+50 tidak dapat menampung debit banjir kala ulang 50 tahun dan 100 tahun. Sedangkan untuk sta 0+25 dan sta 0+0 tidak mampu menampung debit banjir untuk kala ulang banjir 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun.

Kata Kunci: Sungai Karis, Debit Banjir, Tinggi Muka Air, HEC-HMS, HEC-RAS

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sungai Karis yang berada di kecamatan Sonder Kabupaten Minahasa Provinsi Sulawesi Utara merupakan sungai dengan luas DAS 8,1 km². Pada saat musim penghujan dengan intensitas yang tinggi sungai Karis memiliki potensi terjadi banjir, seperti yang pernah terjadi pada tahun 2017. Banjir yang terjadi pada tahun 2017 lalu sangat merugikan masyarakat yang ada di sekitar bantaran sungai Karis, selain merendam rumah warga, banjir juga merusak lahan pertanian dan lahan peternakan warga.

Rumusan Masalah

Bencana banjir yang terjadi mengakibatkan kerugian bagi masyarakat sekitar sungai. Dibutuhkan data debit banjir dan data kapasitas penampang dari sungai Karis yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk melakukan pencegahan dan penanggulangan banjir.

Batasan Penelitian

- Titik kontrol DAS terletak pada 5 m bagian hilir jembatan Sonder-Rambunan.
- Data hujan yang digunakan adalah data hujan harian maksimum.

- Kala ulang rencana dibatasi pada 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun.
- Analisis dihitung dengan bantuan program komputer yaitu HEC-HMS untuk analisis hidrologi dan HEC-RAS untuk analisis hidraulika.
- Penampang melintang sungai yang ditinjau yaitu sepanjang 150 m dimulai pada titik kontrol 5 m arah hilir jembatan Sonder-Rambunan dengan jarak antar segmen 25 m.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui debit banjir dan tinggi muka air yang akan terjadi pada penampang sungai Karis.

Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi sebagai dasar pertimbangan bagi instansi terkait untuk merencanakan atau melakukan penanggulangan masalah banjir di sungai Karis, setelah diketahui debit banjir maksimum berdasarkan kala ulang banjir.

LANDASAN TEORI

Daur Hidrologi

Menurut Bambang Triatmodjo (dikutip dalam Toha dkk., 2019). Daur hidrologi atau daur air adalah siklus air yang berasal dari bumi kemudian menuju ke atmosfer dan kembali lagi ke bumi yang berlangsung secara terus – menerus. Karena bentuknya memutar dan berlangsung secara berkelanjutan inilah yang menyebabkan air seperti tidak pernah habis. Melalui siklus ini, ketersediaan air di daratan bumi dapat terjaga, proses siklus hidrologi juga berdampak pada teraturnya suhu lingkungan, cuaca, hujan dan keseimbangan ekosistem bumi. Susunan secara siklus peristiwa tersebut tidaklah sederhana.

Pertama, daur tersebut dapat berupa daur pendek, yaitu hujan yang jatuh di laut, danau atau sungai yang segera dapat mengalir kembali ke laut.

Kedua, tidak adanya keseragaman waktu yang diperlukan oleh suatu daur. Pada musim kemarau kelihatannya daur berhenti sedangkan di musim hujan daur berjalan kembali.

Ketiga, 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).

Keempat, 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 dimana semua airnya mengalir ke dalam suatu sungai yang dimaksudkan (dikutip dalam Kapantow., 2017). 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.

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.

Curah hujan rata – rata dengan cara Poligon Thiessen dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

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

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

Dalam sistem hidrologi, ada waktu – waktu terjadinya kejadian ekstrim seperti hujan badai, banjir, dan kekeringan. Besarnya kejadian ekstrim berbanding terbalik dengan frekuensi kejadiannya. Menurut Triatmodjo (dikutip dalam Kamase dkk., 2017). Bencana yang sangat parah cenderung jarang terjadi dibandingkan dengan bencana yang tidak terlalu parah. Analisis frekuensi bertujuan untuk mengetahui besarnya suatu kejadian dan frekuensi atau periode ulang kejadian tersebut dengan menggunakan distribusi probabilitas.

Analisis 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.

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{n}$$

$$S_{log} = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \overline{\log x})^2}{N-1}}$$

$$C_{Slog} = \frac{N}{(N-1)(N-2)S_{log}^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3$$

- *Outlier* tinggi:
 $\log x_h = \overline{\log x} + Kn \cdot S_{log}$
- *Outlier* rendah:
 $\log x_l = \overline{\log x} - Kn \cdot S_{log}$

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 (dikutip dalam Nadia dkk., 2019).

Distribusi Probabilitas

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

Fungsi distribusi peluang yang dipergunakan dalam penulisan ini adalah:

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

Pemilihan Tipe Distribusi

Parameter-parameter yang digunakan sebagai langkah awal penentuan tipe distribusi adalah C_s , C_v , 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
- 4) 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:

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

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:

$$s = \frac{25400}{CN} - 254$$

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. 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 tugas akhir ini akan digunakan metode empiris yaitu hidrograf satuan untuk menghitung besarnya debit banjir.

HSS-SCS

Hidrograf Tidak berdimensi SCS (*Soil Consevation Services*) adalah hidrograf satuan sintetis 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.

$$Lag\ Time = \frac{L^{0,8} (2540 - 22,86\ CN)^{0,7}}{14,104\ CN \times s^{0,5}}$$

$$Waktu\ Naik = \frac{tr}{2} + t_p$$

$$Time\ base\ (t_b) = 5 \times T_p$$

$$q_p = \frac{CA}{T_p}$$

Analisis Hidraulika

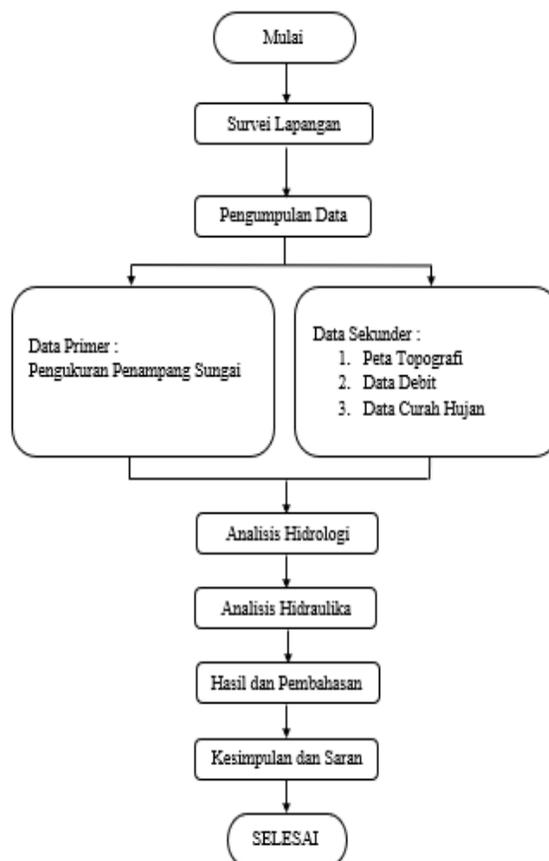
Aliran dikatakan langgeng (*steady*) jika kecepatan tidak berubah selama selang waktu tertentu.

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 Curah Hujan

Analisis curah hujan di DAS Karis dilakukan dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan periode pencatatan tahun 2010 sampai dengan tahun 2019. Pos hujan yang digunakan sebanyak 1 Pos Hujan MRG Ranowanko Tara - Tara dan 1 Pos Klimatologi Tondano Paleloan. Berikut adalah data hujan harian maksimum tiap pos dari tahun 2010 sampai 2019.

Tabel 1. Data Curah Hujan Harian Maksimum

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)	
	MRG Ranowanko Tara-Tara	Klimatologi Tondano – Paleloan
2010	156	67,2
2011	158	90,9
2012	136,4	69,8
2013	80,8	66,5
2014	196,5	110,5
2015	112,4	-
2016	102	115,5
2017	92	160,2
2018	105,5	-
2019	66	-

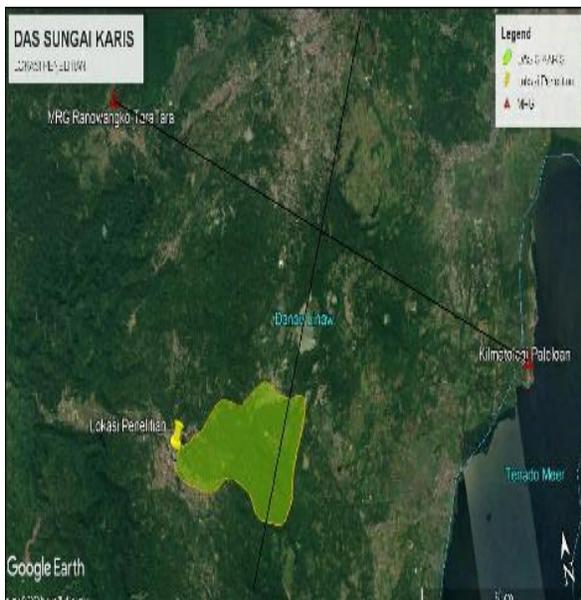
Sumber: “Balai Wilayah Sungai Sulawesi I”

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 *Outlier* mendapatkan bahwa data – data curah hujan dari kedua pos hujan tidak ada yang menyimpang.

Analisis Curah Hujan Rerata



Gambar 2. Poligon Thiessen DAS Karis

Hujan rata-rata pada DAS Karis dapat dihitung menggunakan metode poligon thiessen, karena jumlah pos hujan yang berpengaruh pada DAS Karis sebanyak 1 pos hujan dan 1 pos klimatologi. Metode ini digunakan karena dapat memberikan data presipitasi yang lebih akurat, karena setiap bagian wilayah tangkapan hujan diwakili secara proporsional oleh suatu alat penakar hujan.

Tabel 2. Hujan Rata – rata DAS Karis

Tahun	Stasiun Pengukur Hujan		Luas Pengaruh Stasiun Terhadap DAS		R
	Ranowanko Tara-tara	Klimatologi Tondano-Paleloan	Ranowanko Tara-tara	Klimatologi Tondano-Paleloan	
2010	156	67.2	6.17	1.68	137
2011	158	90.9			143.6
2012	136.4	69.8			122.1
2013	80.8	66.5			77.7
2014	196.5	110.5			178.1
2015	112.4	0			112.4
2016	102	115.5			104.9
2017	92	160.2			106.6
2018	105.5	0			105.5
2019	66	0			66

Analisis Frekuensi Hujan

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

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 3. Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	Cs = 0	0,422	Tidak Memenuhi
	Ck = 3	4,425	Tidak Memenuhi
Log Normal	Cs = Cv ³ + 3 . Cv = 0.861	0,422	Tidak Memenuhi
	Ck = Cv ⁸ + 6Cv ⁶ + 15Cv ⁴ + 16Cv ² + 3 = 4.349	4,425	Tidak Memenuhi
Gumbel	Cs = 1,14	0,422	Tidak Memenuhi
	Ck = 5,40	4,425	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 dihitung menggunakan tipe sebaran Log Pearson tipe III. Perhitungan dilakukan dengan menghitung parameter statistik terlebih dahulu.

Rata-rata hitung:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i = \frac{1}{10} \times 20,464 = 2,046$$

Simpangan Baku:

$$S_{\log X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,141}{10-1}}$$

$$= 0,125$$

Koefisien *Skewness* (Kemencengan):

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

$$= \frac{10}{(10-1)(10-2) \cdot 0,125^3} \times (-0,005)$$

$$= -0,340 \text{ (Kemencengan Negatif)}$$

Tabel 4. Curah Hujan Rencana

Kala Ulang	Log Xn	Xn
2 Tahun	2,053	113,107
5 Tahun	2,153	142,338
10 Tahun	2,201	159,072
25 Tahun	2,250	177,936
50 Tahun	2,280	190,647
100 Tahun	2,306	202,332

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 dan sekitarnya (Sumarauw, 2017).

Perhitungan Nilai SCS Curve Number

Tabel 5. Perhitungan nilai CN DAS Karis

No	Jenis Tutup Lahan	Luas	%	CN Tiap Lahan	CN
1	Tanah yang di tanami	0,89	11,34 %	81	9,18
2	Hutan Alam	5,63	71,72 %	55	39,45
3	Pemukiman	0,77	9,81 %	75	7,36
4	Tempat Terbuka	0,56	7,13 %	69	4,92
Total					60,91

Nilai CN untuk DAS Karis adalah 60,91.

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 dilapangan.

Dikarenakan data debit terukur pada lokasi pengukuran tinggi muka air, maka perlu dilakukan perhitungan dengan metode analisis regional sehingga data debit Sungai Karis pada lokasi penelitian dapat diketahui.

Data hujan dan data debit dimasukkan ke komponen *Time-Series Data*.

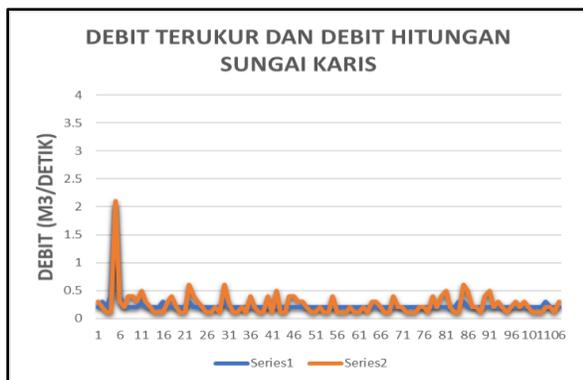
Data hujan dan data debit yang digunakan adalah data tahun 2015. Data debit yang digunakan adalah data debit perbandingan Sungai Nimanga dengan menggunakan metode analisis regional.

Project: TA THERESSA MONTOLALU Optimization Trial: Optimization 3 Subbasin: LOKASI PENELITIAN							
Start of Trial: 01Jan2015, 00:00		Basin Model: DAS KARIS					
End of Trial: 31Dec2015, 00:00		Meteorologic Model: KALIBRASI					
Compute Time: 11Jan2021, 14:19:59							
Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)	Obs Flow (M3/S)
5 00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.3	0.3	0.2
5 00:00	0.60	0.60	0.00	0.0	0.2	0.2	0.3
5 00:00	22.20	22.20	0.00	0.0	0.1	0.1	0.2
5 00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.3
5 00:00	24.90	24.90	0.00	0.0	0.0	0.0	0.3
5 00:00	19.00	18.08	0.92	0.1	0.0	0.1	0.6
5 00:00	112.40	70.44	41.96	2.8	0.0	2.9	1.8
5 00:00	32.70	13.34	19.36	2.1	0.0	2.1	2.0
5 00:00	67.80	21.91	45.89	3.6	0.0	3.6	2.0
5 00:00	3.80	1.05	2.75	1.2	0.0	1.2	1.9
5 00:00	0.00	0.00	0.00	0.2	0.2	0.4	1.0
5 00:00	0.50	0.14	0.36	0.1	0.2	0.3	0.4
5 00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.1	0.2	0.2
5 00:00	15.20	4.02	11.18	0.8	0.1	0.8	0.2
5 00:00	7.20	1.82	5.38	0.6	0.1	0.6	0.2
5 00:00	5.00	1.24	3.76	0.4	0.0	0.4	0.2
5 00:00	5.80	1.40	4.40	0.4	0.0	0.4	0.2
5 00:00	3.60	0.86	2.74	0.3	0.0	0.3	0.2
5 00:00	7.20	1.68	5.52	0.4	0.0	0.5	0.3
5 00:00	1.30	0.30	1.00	0.2	0.1	0.3	0.2
5 00:00	0.50	0.11	0.39	0.1	0.1	0.2	0.2
5 00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.1	0.1	0.2
5 00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.1	0.1	0.2

Gambar 3. Rangkuman Perhitungan Debit Hasil Hitungan Sungai Karis (*Total Flow*)

Tabel 6. Parameter Hasil Kalibrasi DAS Karis

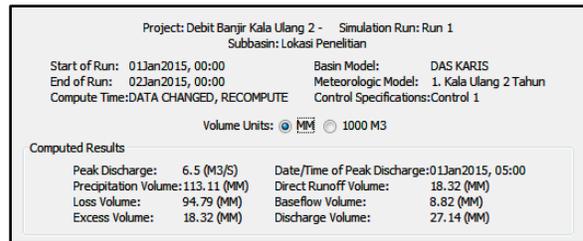
<i>Curve Number</i>	55
<i>Recession Constant</i>	0,9
<i>Ratio to Peak</i>	0,25
<i>Initial Discharge</i>	0,238 m ³ /det
<i>Lag Time</i>	150 menit



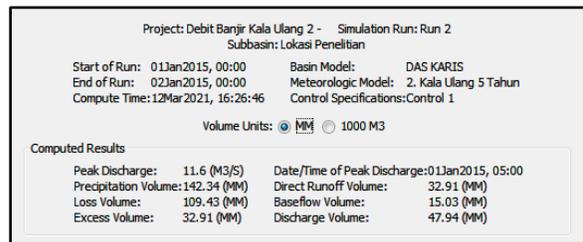
Gambar 4. Grafik Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur

Simulasi Debit Banjir dengan Program Komputer HEC-HMS

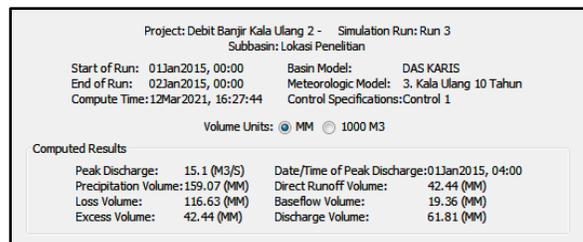
Dengan data parameter DAS yang sudah lengkap, simulasi dilakukan dengan menambahkan jenis simulasi berdasarkan kala ulang yang akan dihitung pada *simulation run manager*. Semua parameter terkalibrasi digunakan sebagai parameter pada komponen sub-DAS untuk perhitungan debit banjir. Dengan data hujan rencana jam-jaman yang telah dihitung maka diperoleh hasil simulasi program komputer HEC-HMS sebagai berikut:



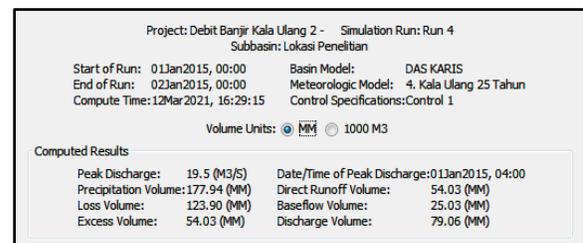
Gambar 5. Hasil *Summary Result* Kala Ulang 2 Tahun



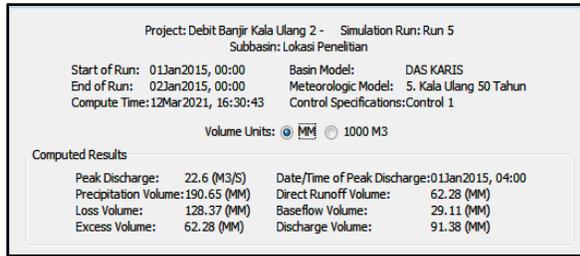
Gambar 6. Hasil *Summary Result* Kala Ulang 5 Tahun



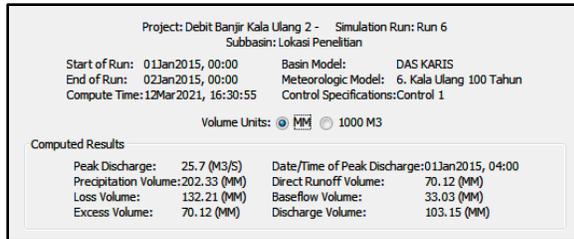
Gambar 7. Hasil *Summary Result* Kala Ulang 10 Tahun



Gambar 8. Hasil *Summary Result* Kala Ulang 25 Tahun



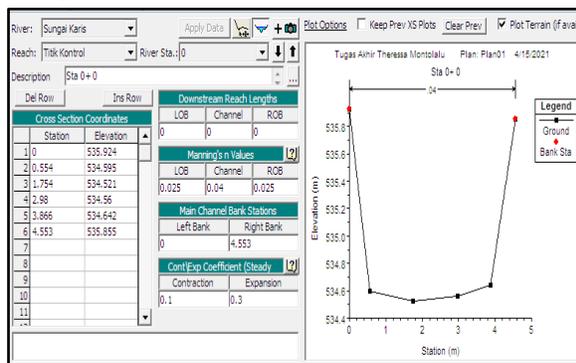
Gambar 9. Hasil *Summary Result* Kala Ulang 50 Tahun



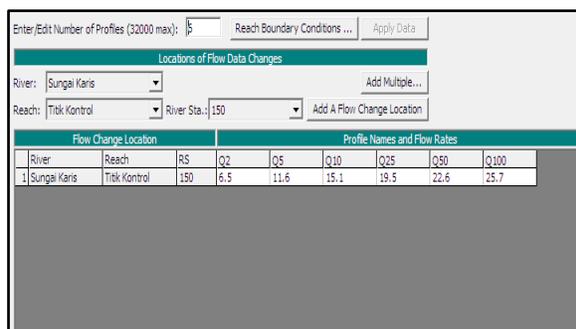
Gambar 10. Hasil *Summary Result* Kala Ulang 100 Tahun

Analisis Tinggi Muka Air

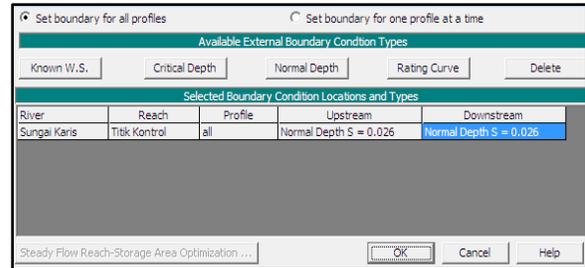
Analisis tinggi muka air menggunakan program komputer HEC-RAS membutuhkan data masukan yaitu penampang saluran, karakteristik saluran untuk nilai koefisien *n Manning*, dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng (*Steady Flow*).



Gambar 11. Data Penampang Melintang Sta 0+0 m



Gambar 12. Pengisian Data Debit



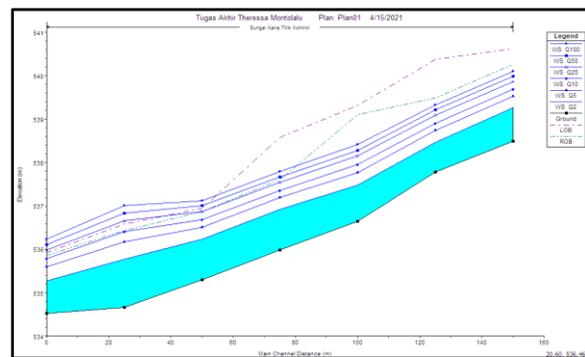
Gambar 13. Pengisian *Reach Boundary Conditions*

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m³/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. Elev (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m²)	Top Width (m)	Froude #	Chl #
Trik Kontrol 100	PF-1	PF-1	5.50	544.50	548.55	548.55	0.000082	0.30	18.27	4.95	0.05		
		PF-2	10.80	544.50	549.04	549.04	0.000231	0.52	20.67	4.95	0.08		
		PF-3	14.40	544.50	549.32	549.32	0.000351	0.65	22.06	4.95	0.10		
		PF-4	18.00	544.50	549.62	549.62	0.000508	0.80	23.58	4.95	0.12		
		PF-5	21.90	544.50	549.82	549.82	0.000624	0.89	24.57	4.95	0.13		
		PF-6	24.80	544.50	550.00	550.00	0.000736	0.97	25.45	4.95	0.14		
Trik Kontrol 75	PF-1	PF-1	5.50	544.99	548.55	548.55	0.000113	0.34	16.03	5.31	0.06		
		PF-2	10.80	544.99	549.03	549.04	0.000298	0.58	18.58	5.31	0.10		
		PF-3	14.40	544.99	549.30	549.31	0.000436	0.72	20.04	5.31	0.12		
		PF-4	18.00	544.99	549.60	549.64	0.000615	0.87	21.64	5.31	0.14		
		PF-5	21.90	544.99	549.80	549.85	0.000742	0.97	22.69	5.31	0.15		
		PF-6	24.80	544.99	549.97	550.03	0.000862	1.05	23.61	5.31	0.16		
Trik Kontrol 50	PF-1	PF-1	5.50	545.64	548.54	548.55	0.000179	0.41	13.39	5.17	0.08		
		PF-2	10.80	545.64	549.01	549.03	0.000446	0.68	15.82	5.17	0.12		
		PF-3	14.40	545.64	549.28	549.31	0.000640	0.84	17.21	5.17	0.15		
		PF-4	18.00	545.64	549.57	549.62	0.000881	1.00	18.72	5.17	0.17		
		PF-5	21.90	545.64	549.76	549.82	0.001051	1.11	19.71	5.17	0.18		
		PF-6	24.80	545.64	549.93	550.00	0.001210	1.21	20.57	5.17	0.19		
Trik Kontrol 25	PF-1	PF-1	5.50	546.77	548.51	548.54	0.000811	0.70	7.84	5.00	0.18		
		PF-2	10.80	546.77	548.95	549.01	0.001576	1.08	10.03	5.04	0.24		
		PF-3	14.40	546.77	549.20	549.28	0.002037	1.38	11.28	5.06	0.27		
		PF-4	18.00	546.77	549.47	549.58	0.002556	1.49	12.65	5.08	0.30		
		PF-5	21.90	546.77	549.64	549.78	0.002900	1.62	13.53	5.08	0.32		
		PF-6	24.80	546.77	549.79	549.95	0.003212	1.73	14.31	5.08	0.33		
Trik Kontrol 0	PF-1	PF-1	5.50	547.50	548.21	548.21	0.024352	2.22	2.47	5.03	1.01		
		PF-2	10.80	547.50	548.49	548.88	0.023213	2.76	3.91	5.10	1.01		
		PF-3	14.40	547.50	548.65	548.65	0.022111	3.03	4.75	5.14	1.01		
		PF-4	18.00	547.50	548.84	549.39	0.023172	3.31	5.69	5.18	1.01		
		PF-5	21.90	547.50	548.96	549.57	0.023218	3.47	6.31	5.21	1.01		
		PF-6	24.80	547.50	549.07	549.07	0.023149	3.60	6.89	5.24	1.00		

Gambar 14. Rekapitulasi Hasil Simulasi HEC-RAS

Simulasi Tinggi Muka Air Penampang Rencana Dengan Program Komputer HEC-RAS

Hasil simulasi tinggi muka air pada titik kontrol 5 m arah hilir jembatan Sonder - Rambunan memperlihatkan penampang dengan sta 0+150, sta 0+125, dan sta 0+100 masih bisa menampung debit banjir untuk semua kala ulang rencana. Untuk sta 0+75 dan sta 0+50 tidak bisa menampung debit banjir kala ulang 50 tahun dan 100 tahun. Sedangkan sta 0+25 dan sta 0+0 tidak bisa menampung debit banjir untuk kala ulang 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun.



Gambar 15. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Karis

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan, besaran hujan dengan semua kala ulang menghasilkan debit puncak yang besar. Hal ini dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor pada DAS Karis yaitu koefisien penutup lahan, dan kelambatan waktu di dalam DAS, serta kekasaran saluran (nilai n Manning).

Hasil simulasi program HEC-RAS menunjukkan penampang melintang di titik kontrol 5 m arah hilir jembatan Sonder - Rambunan pada sta 0+150, sta 0+125, dan sta 0+100 masih dapat

menampung debit banjir untuk semua kala ulang rencana. Untuk sta 0+75 dan sta 0+50 tidak dapat menampung debit banjir kala ulang 50 tahun dan 100 tahun. Sedangkan untuk sta 0+25 dan sta 0+0 tidak mampu menampung debit banjir untuk kala ulang banjir 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun.

Saran

Data hujan yang tersedia merupakan data hujan dari pos hujan yang berada di pinggiran DAS dan bahkan di luar DAS Karis sehingga untuk mendapatkan data hujan yang lebih akurat dapat dipasang alat ukur hujan di bagian hulu DAS.

DAFTAR PUSTAKA

- _____. 2017. *HEC-HMS 4.2.1 Technical Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- _____. 2016. *HEC-RAS 5.0.3 Hydraulic Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- Bambang Triatmodjo. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta.
- Chow, V. T. 1985. *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulics)*. Erlangga, Jakarta.
- Chow, V.T, Maidment, D. R, Mays, L. W. 1988. *Applied Hydrology*. McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- Kamase, Malinda., Liany A. Hendratta, Jeffry S. F. Sumarauw. 2017. *Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Tondano di Jembatan Desa Kuwil Kecamatan Kalawat*. Jurnal Sipil Statik Vol.5 No. 4 Juni 2017 (175-185) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Kapantow, Billy., Tiny Mananoma, Jeffry S. F. Sumarauw. 2017. *Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Paniki di Holland Village*. Jurnal Sipil Statik Vol.5 No. 1 Februari 2017 (21-29) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Mamuaya, Frana L., Jeffry S. F. Sumarauw, Hanny Tangkudung. 2019. *Analisis Kapasitas Penampang Sungai Roong Tondano Terhadap Berbagai Kala Ulang Banjir*. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No. 2 Februari 2019 (179-188) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Nadia, Kivani., Tiny Mananoma, Hanny Tangkudung. 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.
- Ramdan, Hikmat. 2004. *Prinsip Dasar Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Universitas Winaya Mukti, Sumedang.
- Seyhan, Ersin. 1990. *Dasar – dasar hidrologi*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Soemarto, C. D. 1987. *Hidrologi Teknik*. Edisi Kedua. Erlangga, Jakarta.
- Soewarno. 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*. Nova, Bandung.
- Sumarauw, Jeffry. 2013. *Hujan*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

- Sumarauw, Jeffry. 2017. *Analisi Frekuensi Hujan*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sumarauw, Jeffry. 2017. *Hidrograf Satuan Sintetis*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sumarauw, Jeffry. 2017. *Pola Distribusi Hujan Jam – jaman Daerah Manado, Minahasa Utara, dan Minahasa*. Jurnal Sipil Statik Vol.5 No. 10 Desember 2017 (669-678) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sumarauw, Jeffry. 2018. *HEC-HMS*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Supit, Cindy J. 2013. *The Impact Of Water Projects On River Hydrology*. Jurnal Tekno-Sipil Vol.11 No. 59 Agustus 2013 (56-61) ISSN: 0215-9617, Universitas Sam Ratulangi, Manado
- Toha, Judhistira R.S., Jeffry S. F, Sumarauw, Tiny Mananoma. 2019. *Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Di Sungai Poigar Provinsi Sulawesi Utara*. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.10 Oktober 2019 (1229-1238) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.