

PREDIKSI BANJIR DI SUNGAI RANOWANGKO KOTA TOMOHON

Rolando Pangemanan

Cindy J. Supit, Jeffry D. Mamoto

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

email: rolandopangemanan8@gmail.com

ABSTRAK

Sungai Ranowangko adalah salah satu sungai terpanjang di Sulawesi Utara, yang alirannya melewati beberapa kelurahan di Kota Tomohon dan sebagian desa di Kabupaten Minahasa. Dan sungai ini berakhir di laut Sulawesi tepatnya di Tanawangko, Kabupaten Minahasa. Aliran sungai ini dimanfaatkan oleh masyarakat untuk mengairi daerah persawahan, khususnya di Kelurahan Taratara Raya, Kota Tomohon. Beberapa tahun yang lalu, hujan deras mengakibatkan debit air di sungai ranowangko meningkat, dan luapan air sungai menggenangi pemukiman warga di sekitar aliran sungai ranowangko. Dengan demikian perlu dilakukan analisis untuk penanggulangan banjir di sekitar bantaran Sungai Ranowangko.

Analisis dilakukan dengan mencari frekuensi hujan dengan metode Log Pearson III. Adapun data hujan yang digunakan berasal dari 2 pos hujan, yaitu pos hujan MRG Kakaskasen dan pos hujan Tinoor. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum dari tahun 2008 s/d 2018. 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 0,978 (memenuhi). Dilakukan analisis debit banjir dengan parameter terkalibrasi menggunakan program komputer HEC-HMS. Debit puncak hasil simulasi setiap kala ulang dan kemudian dimasukkan dalam program komputer HEC-RAS untuk simulasi tinggi muka air pada penampang yang telah diukur.

Hasil simulasi pada titik kontrol 500 m arah hulu jembatan Taratara tiga menunjukkan bahwa semua penampang melintang dari sta 0+25 sampai 0+150 tidak dapat menampung debit banjir untuk semua kala ulang rencana, sedangkan penampang pada sta 0+0 hanya bisa menampung debit banjir untuk kala ulang rencana 2 tahun. Untuk hasil simulasi pada titik kontrol 2260 m arah hulu jembatan Taratara tiga menunjukkan bahwa semua penampang melintang dari sta 0+25 sampai 0+50 tidak dapat menampung debit banjir untuk semua kala ulang rencana, sedangkan penampang pada sta 0+0 hanya bisa menampung debit banjir untuk kala ulang rencana 2 tahun.

Kata Kunci: *Sungai Ranomea, Prediksi Banjir, Debit, 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 pemerintahan seperti jalan raya dan dapat pula

menimbulkan wadahnya penyakit bagi masyarakat disekitaran daerah aliran sungai (DAS). Daerah aliran sungai mempunyai karakteristik yang dapat mempengaruhi besarnya debit air pada sungai tersebut.

Sungai Ranowangko adalah salah satu sungai terpanjang di Sulawesi Utara, yang alirannya melewati beberapa kelurahan di Kota Tomohon dan sebagian desa di Kabupaten Minahasa. Dan sungai ini berakhir di laut Sulawesi tepatnya di Tanawangko, Kabupaten Minahasa. Aliran sungai ini dimanfaatkan oleh masyarakat untuk mengairi daerah persawahan, khususnya di Kelurahan Taratara Raya, Kota Tomohon. Beberapa tahun yang lalu, hujan

deras mengakibatkan debit air di sungai ranowangko meningkat, dan luapan air sungai menggenangi pemukiman warga di sekitar aliran sungai ranowangko.

Berdasarkan masalah banjir yang pernah terjadi di Sungai Ranowangko, maka diperlukan studi kasus mengenai Analisis Kapasitas Penampang dan Tinggi Muka Air Sungai Ranowangko terhadap berbagai kala ulang banjir. Dengan demikian perlu dilakukan analisis untuk penanggulangan banjir di sekitar bantaran Sungai Ranowangko.

Rumusan Masalah

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

Batasan Penelitian

Dalam penelitian ini, masalah yang akan diteliti dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Untuk daerah dekat pemukiman masyarakat titik kontrol DAS terletak pada 500 m dan daerah tanpa pemukiman masyarakat titik kontrol DAS terletak pada 2260 m bagian hulu jembatan Ranowangko.
2. Data hujan yang digunakan adalah data hujan harian maksimum.
3. Kala ulang rencana dibatasi pada 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun.
4. 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 di titik kontrol 500 m dan 50 m di titik kontrol 2260 m bagian hulu jembatan Ranowangko dengan jarak antar segmen 25 m.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memprediksi nilai debit banjir rencana dan tinggi muka air yang akan terjadi pada penampang bagian hilir sungai Ranowangko.

Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini manfaat yang diharapkan yaitu dapat memberikan informasi sebagai dasar pertimbangan bagi instansi terkait yang berwenang untuk merencanakan atau

melakukan penanggulangan masalah banjir di sungai Ranowangko, setelah diketahui debit banjir maksimum berdasarkan kala ulang banjir.

LANDASAN TEORI

Daur Hidrologi

Daur hidrologi atau siklus hidrologi merupakan proses berkelanjutan dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi (dikutip dalam Abdulkarim dkk., 2016). 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)

Sungai merupakan jaringan alur-alur pada permukaan bumi yang terbentuk secara alamiah, mulai dari bentuk kecil di bagian hulu sampai besar di bagian hilir. Air hujan yang jatuh di atas permukaan bumi dalam perjalanannya sebagian kecil menguap dan sebagian besar mengalir dalam bentuk alur-alur kecil, kemudian menjadi alur-alur sedang seterusnya berkumpul menjadi satu alur besar atau utama. Dengan demikian dapat dikatakan sungai berfungsi menampung curah hujan dan mengalirkannya ke laut.

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggungan gunung/pegunungan dimana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik/stasiun yang ditinjau (dikutip dalam Rivaldy dkk., 2018). 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.

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 *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:

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

dengan:

$$\bar{R} = \text{Curah hujan rata-rata.}$$

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. 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.

Parameter Statistik

Parameter statistik yang digunakan dalam analisis data hidrologi yaitu: rata-rata hitung (*mean*), simpangan baku (standar deviasi), koefisien variasi, kemencengan (koefisien *skewness*) dan koefisien kurtosis.

Distribusi Probabilitas

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

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.

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
 $C_s \approx 1,14$; $C_k \approx 5,40$
- 4) Bila kriteria 3 (tiga) sebaran di atas tidak memenuhi, kemungkinan tipe sebaran yang cocok adalah Tipe Distribusi Log-Normal 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:

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

Dengan:

- P_e = Kedalaman Hujan Efektif (mm).
- P = Kedalaman Hujan (mm).
- S = Retensi potensial maksimum air oleh tanah, yang sebagian besar adalah karena infiltrasi.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (3)$$

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 Coneservation 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.

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

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu Naik} &= \frac{tr}{2} + t_p \\
 \text{Time base } (t_b) &= 5 \times T_p \\
 q_p &= \frac{CA}{T_p}
 \end{aligned}$$

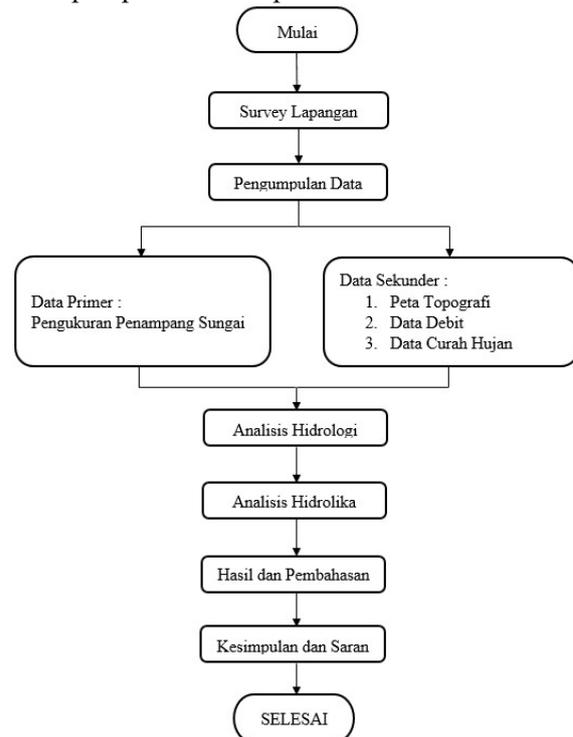
Analisis Hidraulika

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 :



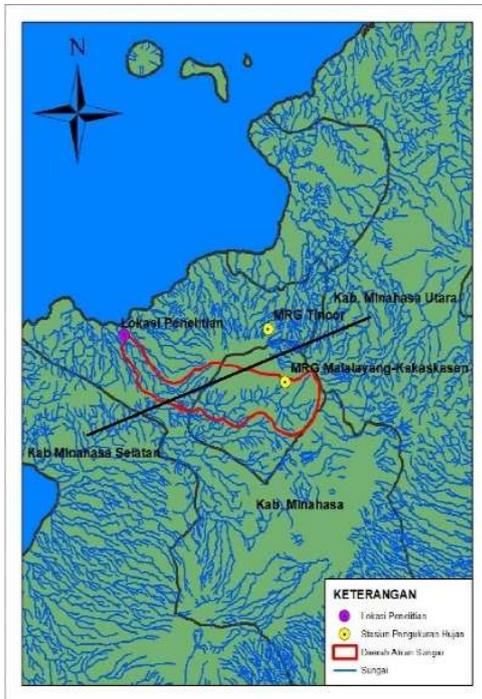
Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Daerah Aliran Sungai

Analisis daerah aliran sungai (DAS) dilakukan untuk mengetahui luas DAS

Ranowanko. Perhitungan luas DAS dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Arcgis 10.3 tahun 1999-2014* dengan data-data pendukung dari BWS-1 Sehingga diperoleh luas DAS Ranowanko sebesar 78.29 km².



Gambar 2. Gambar DAS Ranomea

Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan di DAS Ranomea dilakukan dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan periode pencatatan tahun 2008 sampai dengan tahun 2018. Pos hujan yang digunakan sebanyak 2 Pos Hujan MRG ARR Kakaskasen dan pos hujan Tinoor. Berikut merupakan data hujan harian maksimum dari tahun 2008 sampai 2018.

Tabel 1. Curah Hujan Harian Maksimum

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)	
	MRG Kakaskasen	Pos Hujan Tinoor
2008	43,2	-
2009	59,9	-
2010	72,5	49,1
2011	94,4	119
2012	101,9	211
2013	84,9	59
2014	80,2	156,2
2015	82,8	29,4
2016	98,7	58,7
2017	75,4	83,2
2018	87	89,5

Sumber: "Balai Wilayah Sungai Sulawesi I"

Uji Data Outlier

Pengujian data outlier dilakukan untuk menentukan berapa banyak data yang menyimpang terlalu tinggi dan terlalu rendah. Data yang menyimpang bisa dikarenakan kesalahan saat pencatatan data atau adanya kejadian ekstrim. Berikut adalah uji outlier data hujan harian maksimum pos hujan Tinoor.

Nilai CS_{log} lebih besar dari 0,4 sehingga dilakukan uji outlier tinggi terlebih dahulu lalu dilakukan koreksi data, kemudian uji outlier rendah lalu koreksi data.

Sebelum dilakukan uji outlier tinggi, dihitung terlebih dahulu nilai Kn

$$Kn = (-0,62201) + (6,28446 \times 11^{1/4}) - (2,49835 \times 11^{1/2}) + (0,491436 \times 11^{3/4}) - (0,037911 \times 11) = 5,088$$

Uji outlier tinggi:

$$Log x_h = \overline{\log x} + Kn . S_{log} = 1,871 + 5,088 \times 0,253 = 1437,112 \text{ mm}$$

Hasil uji outlier mendapatkan bahwa 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 (C_s), koefisien variasi (C_v) dan koefisien kurtosis (C_k).

Tabel 2. Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	$C_s = 0$	1,375	Tidak Memenuhi
	$C_k = 3$	5,125	Tidak Memenuhi
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3 \cdot C_v = 2,144$	1,375	Tidak Memenuhi
	$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3 = 12,146$	5,125	Tidak Memenuhi
Gumbel	$C_s = 1,14$	1,375	Tidak Memenuhi
	$C_k = 5,40$	5,125	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:

$$\log \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i = \frac{1}{11} \times 20,577 = 1,871$$

Simpangan Baku:

$$S_{\log X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,640}{11-1}} = 0,253$$

Koefisien *Skewness* (Kemencengan):

$$C_{S_{\log X}} = \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot (S_{\log X})^3} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3 = \frac{11}{(11-1)(11-2) \cdot 0,253^3} \times 0,050 = 0,374$$

Tabel 3. Hujan Rencana Tiap Kala Ulang

Kala Ulang	Log Xn	Xn
2 Tahun	1,852	71,053 mm
5 Tahun	2,055	113,556 mm
10 Tahun	2,171	148,211 mm
25 Tahun	2,321	209,520 mm
50 Tahun	2,388	244,578 mm
100 Tahun	2,470	295,020 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 Manado dan sekitarnya (Talumepa dkk., 2017).

Tabel 4. Pola Distribusi Hujan Wilayah Manado Dan Sekitarnya

Jam ke -	1	2	3	4	5	6	7	8
% Distribusi Hujan	54	22	8	6	3	1	3	3

Sumber: Talumepa,(2017)

Perhitungan Nilai *SCS Curve Number*

Tabel 5. Perhitungan Nilai *CN* Rata-Rata DAS Ranomea

No	Jenis Tutup Lahan	Luas	%	CN Tiap Lahan	CN
1	Tegalan/Ladang	28.2	36.020 %	88	31.698
3	Hutan Alam	49.55	63.290 %	70	44.303
4	Pemukiman	0.54	0.690 %	83	0.572
Total					76.573

Nilai *CN* rata-rata untuk DAS Ranomea adalah 70,126

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 *Exponential Recession Model*.

Kalibrasi Parameter HSS SCS

Kalibrasi merupakan suatu proses di mana 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, maka dibandingkan dengan data debit terukur. Kalibrasi dilakukan pada DAS lokasi penelitian dengan data debit terukur dilapangan. Dikarenakan sungai Ranowanko tidak memiliki data debit terukur, maka perlu dilakukan perhitungan dengan metode analisis regional sehingga data debit sungai Ranowanko dapat diketahui.

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)	Obs Flow (M3/S)
01Jan2011	00:00				0.0	2.9	2.9	3.5
02Jan2011	00:00	98.92	98.68	0.24	0.2	2.9	3.1	3.1
03Jan2011	00:00	7.40	6.95	0.45	0.3	2.9	3.3	3.1
04Jan2011	00:00	2.51	2.31	0.20	0.2	2.9	3.2	2.8
05Jan2011	00:00	0.00	0.00	0.00	0.1	2.9	3.0	2.8
06Jan2011	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	2.9	2.9	2.8
07Jan2011	00:00	0.35	0.32	0.03	0.0	2.9	2.9	2.8
08Jan2011	00:00	6.69	6.02	0.67	0.5	2.9	3.4	2.8
09Jan2011	00:00	4.15	3.65	0.50	0.5	2.9	3.4	2.8
10Jan2011	00:00	7.15	6.14	1.01	0.8	2.9	3.7	2.7
11Jan2011	00:00	7.48	6.23	1.25	1.1	2.9	4.0	2.7
12Jan2011	00:00	1.08	0.88	0.20	0.4	2.9	3.3	3.3
13Jan2011	00:00	12.03	9.58	2.44	1.7	2.9	4.7	3.1
14Jan2011	00:00	1.14	0.88	0.26	0.6	2.9	3.6	3.1
15Jan2011	00:00	5.04	3.87	1.18	0.9	2.9	3.9	3.1
16Jan2011	00:00	4.80	3.61	1.19	1.1	2.9	4.0	3.1
17Jan2011	00:00	14.07	10.20	3.87	2.9	2.9	5.8	3.1
18Jan2011	00:00	11.17	7.71	3.45	3.1	2.9	6.0	3.1
19Jan2011	00:00	11.63	7.70	3.93	3.4	2.9	6.4	3.1
20Jan2011	00:00	0.00	0.00	0.00	0.9	2.9	3.8	3.1
21Jan2011	00:00	2.09	1.35	0.74	0.7	2.9	3.6	3.1

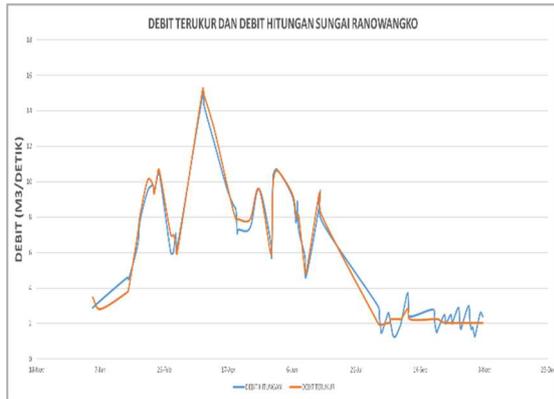
Gambar 3. Debit Hitungan Sungai Tembran

Debit hasil hitungan dan debit terukur Sungai Tembran akan diuji menggunakan uji koefisien determinasi (r^2) untuk menilai tingkat kemiripan model hidrologi antara hasil debit hitungan dan debit terukur.

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

Tabel 6. Parameter Hasil Kalibrasi DAS Ranomea

Curve Number	70,126
Recession Constant	1
Ratio to Peak	0,5
Initial Discharge	3,169 m ³ /det
Lag Time	262,031 menit



Gambar 4. Grafik Perbandingan Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur

Simulasi Debit Banjir dengan Program Komputer HEC-HMS

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:

Project: Tugas akhir olan		Simulation Run: 1 Run 2 tahun	
Subbasin: lokasi penelitian			
Start of Run: 01Jan2011, 01:00	Basin Model: DAS Ranawangko	End of Run: 05Jan2011, 23:00	Meteorologic Model: 1 Kala ulang 2 tahun
Compute Time: 13Jul2020, 07:47:10	Control Specifications: Control 1		
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3			
Computed Results			
Peak Discharge: 12.6 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge: 01Jan2011, 09:00	Direct Runoff Volume: 3.07 (MM)	
Precipitation Volume: 32.60 (MM)		Baseflow Volume: 17.19 (MM)	
Loss Volume: 29.53 (MM)		Discharge Volume: 20.27 (MM)	
Excess Volume: 3.07 (MM)			

Gambar 5. Summary Result Kala Ulang 2 Tahun

Project: Tugas akhir olan		Simulation Run: 2 Run 5 tahun	
Subbasin: lokasi penelitian			
Start of Run: 01Jan2011, 01:00	Basin Model: DAS Ranawangko	End of Run: 05Jan2011, 23:00	Meteorologic Model: 2 Kala ulang 5 tahun
Compute Time: 13Jul2020, 07:51:08	Control Specifications: Control 1		
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3			
Computed Results			
Peak Discharge: 37.8 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge: 01Jan2011, 06:00	Direct Runoff Volume: 11.75 (MM)	
Precipitation Volume: 52.20 (MM)		Baseflow Volume: 37.93 (MM)	
Loss Volume: 40.45 (MM)		Discharge Volume: 49.68 (MM)	
Excess Volume: 11.75 (MM)			

Gambar 6. Summary Result Kala Ulang 5 Tahun

Project: Tugas akhir olan		Simulation Run: 3 Run 10 tahun	
Subbasin: lokasi penelitian			
Start of Run: 01Jan2011, 01:00	Basin Model: DAS Ranawangko	End of Run: 05Jan2011, 23:00	Meteorologic Model: 3 Kala ulang 10 tahun
Compute Time: 13Jul2020, 07:51:29	Control Specifications: Control 1		
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3			
Computed Results			
Peak Discharge: 67.7 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge: 01Jan2011, 06:00	Direct Runoff Volume: 21.21 (MM)	
Precipitation Volume: 68.10 (MM)		Baseflow Volume: 66.65 (MM)	
Loss Volume: 46.89 (MM)		Discharge Volume: 87.86 (MM)	
Excess Volume: 21.21 (MM)			

Gambar 7. Summary Result Kala Ulang 10 Tahun

Project: Tugas akhir olan		Simulation Run: 4 Run 25 tahun	
Subbasin: lokasi penelitian			
Start of Run: 01Jan2011, 01:00	Basin Model: DAS Ranawangko	End of Run: 05Jan2011, 23:00	Meteorologic Model: 4 Kala ulang 25 tahun
Compute Time: 13Jul2020, 07:51:35	Control Specifications: Control 1		
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3			
Computed Results			
Peak Discharge: 131.5 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge: 01Jan2011, 06:00	Direct Runoff Volume: 41.31 (MM)	
Precipitation Volume: 96.50 (MM)		Baseflow Volume: 128.01 (MM)	
Loss Volume: 55.19 (MM)		Discharge Volume: 169.32 (MM)	
Excess Volume: 41.31 (MM)			

Gambar 8. Summary Result Kala Ulang 25 Tahun

Project: Tugas akhir olan		Simulation Run: 5 Run 50 tahun	
Subbasin: lokasi penelitian			
Start of Run: 01Jan2011, 01:00	Basin Model: DAS Ranawangko	End of Run: 05Jan2011, 23:00	Meteorologic Model: 5 Kala ulang 50 tahun
Compute Time: 13Jul2020, 07:51:45	Control Specifications: Control 1		
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3			
Computed Results			
Peak Discharge: 171.5 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge: 01Jan2011, 06:00	Direct Runoff Volume: 53.74 (MM)	
Precipitation Volume: 112.40 (MM)		Baseflow Volume: 166.63 (MM)	
Loss Volume: 58.66 (MM)		Discharge Volume: 220.37 (MM)	
Excess Volume: 53.74 (MM)			

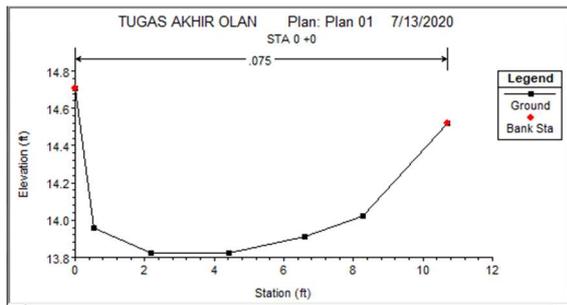
Gambar 9. Summary Result Kala Ulang 50 Tahun

Analisis Tinggi Muka Air

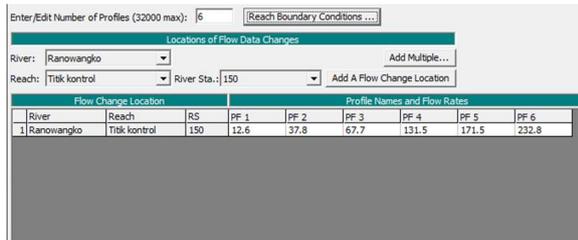
Analisis tinggi muka air menggunakan program komputer HEC-RAS membutuhkan data masukan yaitu penampang sungai, karakteristik saluran untuk nilai koefisien *n* Manning, dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng.

River: Ranawangko	Apply Data		
Reach: Titik kontrol	River Sta.: 0		
Description: STA 0 +0			
Del Row	Ins Row	Downstream Reach Lengths	
Cross Section Coordinates		LOB	Channel
Station	Elevation	0	0
1	0	Manning's n Values	
2	0.548	LOB	Channel
3	2.172	0.05	0.075
4	4.408	Main Channel Bank Stations	
5	6.605	Left Bank	Right Bank
6	8.268	0	10.693
7	10.693	Cont'Exp Coefficient (Steady)	
8		Contraction	Expansion
9		0.1	0.3
10			
11			

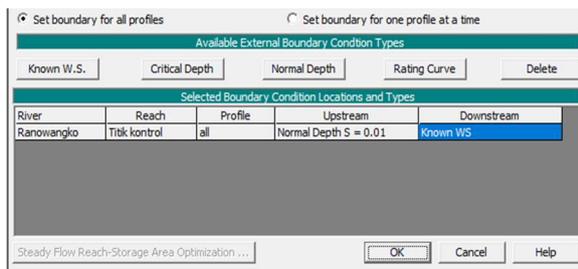
Gambar 10. Data Penampang Sungai



Gambar 11. Plot Penampang Sungai

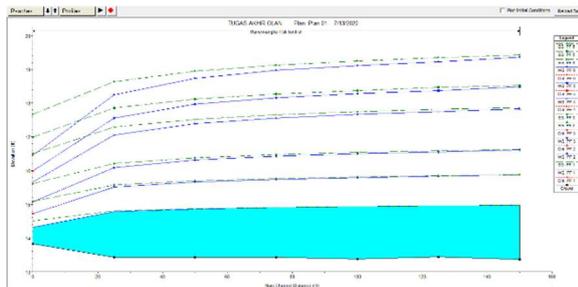


Gambar 12. Pengisian Data Debit



Gambar 13. Pengisian Reach Boundary Conditions

Simulasi Tinggi Muka Air Dengan Program Komputer HEC-RAS



Gambar 14. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Ranomea

Hasil simulasi tinggi muka air menunjukkan semua penampang Sungai Ranomea yang ditinjau tidak mampu menampung debit banjir dengan kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan, besaran hujan dengan kala ulang yang panjang menghasilkan debit puncak yang besar. Hal ini dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor dalam DAS Ranowangko 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 500 m arah hulu jembatan Ranowangko pada sta 0+0 hanya bisa menampung debit banjir pada kala ulang 2 tahun, pada sta 0+25 tidak mampu menampung debit banjir kala ulang 5 tahun sampai 100 tahun dan untuk kala ulang 2 tahun hanya meluap di bantaran kiri sungai, sedangkan untuk sta 0+50, sta 0+75, sta 0+100, sta 125, sta 0+150 tidak mampu menampung debit banjir untuk kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun.

Saran

Bila akan dilaksanakan penelitian lebih lanjut, pengukuran dapat dilakukan di daerah banjir pada hilir sungai dengan memperhitungkan pengaruh pasang surut.

Selain lokasi penelitian, data hujan dan data debit yang tersedia juga merupakan data dari pos hujan dan pos debit yang berada di pinggiran DAS dan bahkan di luar DAS Ranowangko sehingga untuk mendapatkan data hujan dan data debit yang lebih akurat dapat dipasang alat ukur hujan dan alat ukur debit di bagian hulu DAS.

DAFTAR PUSTAKA

- _____. *Data Hujan Harian Pos Hujan MRG ARR Pentu-Pinaling*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- _____. *Data Debit Harian Sungai Ranowangko*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- _____. *2018. HEC-HMS 4.3 Technical Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.

- _____. 2019. *HEC-RAS 5.0.7 Hydraulic Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- 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.
- Dundu, Torry A. K. 2014. *Banjir Manado*. Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Indra, Zulfikar., M. I. Jasin, A. Binilang, J. D. Mamoto. 2012. *Analisis Debit Sungai Munte Dengan Metode Mock Dan Metode NRECA Untuk Kebuthan Pembangkit Listrik Tenaga Air*. Jurnal Sipil Statik Vol. 1 No. 1 November 2012 (34-38), Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Nurhamidin, Erwin Achmad., M. I. Jasin, Fuad Halim. 2015. *Analisis Sistem Drainase Kota Tondano (Studi Kasus Kompleks Kantor Bupati Minahasa)*. Jurnal Sipil Statik Vol. 3 No. 9 September 2015 (599-612) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Rivaldy, Dandy Ramdan., Tommy Jansen, Jeffry S. F. Sumarauw. 2018. *Evaluasi Kapasitas Penampang Sungai Tugurara Kota Ternate Terhadap Debit Banjir*. Jurnal Sipil Statik Vol. 6 No. 6 Juni 2018 (397-410) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- 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. *Analisis Frekuensi Hujan*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sumarauw, Jeffry. 2017. *Hidrograf Satuan Sintetis*. Bahan Ajar Mahasiswa, 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
- Talumepa, Marcio Yosua., Lambertus Tanudjaja, Jeffry S. F, Sumarauw. 2018. *Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Sangkub Kabupaten Bolaang Mongondow Utara*. Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.10 Desember 2017 (699-710) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Toha, Judhistira R.S., Jeffry S. F. Sumarauw, Tiny Mananoma. 2019. *Analisi 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.
- Triatmodjo. Bambang, 2008. *Hidrologi Terapan*. Betta Offset, Yogyakarta.
- Urulilal, Ivan Leonardo., Cindy J. Supit, Tommy Jansen. 2020. *Prediksi Banjir Di Sungai Ranowangko Kecamatan Amurang Kabupaten Minahasa Selatan*. Jurnal Sipil Statik Vol. 8, No 2 Februari 2020 (167-174) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Halaman ini sengaja dikosongkan