

ANALISIS DEBIT BANJIR DAN TINGGI MUKA AIR SUNGAI PALAUS DI KELURAHAN LOWU I KABUPATEN MINAHASA TENGGARA

Inri Eklesia Kereh

Alex Binilang, Jeffry S.F. Sumarauw

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: inrikereh@gmail.com

ABSTRAK

Sungai Palaus adalah salah satu sungai di kecamatan Ratahan, kabupaten Minahasa Tenggara yang bermuara di pantai Belang. Tahun 2007 sungai tersebut meluap mengakibatkan rumah warga dan hewan hanyut oleh air. Hal ini terjadi karena pembangunan pemukiman di pinggir sungai sepanjang 200 meter yang menyebabkan penampang basah sungai semakin mengecil sehingga pada saat terjadi banjir maka air yang ada di sungai meluap ke daerah yang berada disekitar sungai. Untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkan upaya pengendalian banjir yang dapat dilakukan dengan mengetahui debit banjir rencana.

Data curah hujan diperoleh dari hasil pengamatan yang berasal dari 1 pos hujan dan 1 pos klimatologi, yaitu pos hujan Noongan Winebetan dan pos klimatologi Tompasso Baru Tumani. Berdasarkan metode poligon Thiessen maka data curah hujan yang dipakai sebagai dasar perhitungan adalah pos hujan Noongan Winebetan dari tahun 2002 s/d 2016. Selanjutnya untuk mendapatkan besarnya debit banjir rencana maka dibutuhkan suatu analisis frekuensi hujan dengan metode Log Pearson III.

Dari hasil besar hujan yang didapat, dilakukan simulasi hujan aliran dengan HSS Snyder menggunakan program komputer HEC-HMS. Setelah itu debit puncak hasil simulasi dimasukkan dalam program komputer HEC-RAS untuk simulasi tinggi muka air pada penampang yang telah diukur. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penampang sungai dari sta 0 + 40, sta 0 + 60, sta 0 + 80, sta 0 + 100, sta 0 + 180 dan sta 0+200 tidak dapat menampung debit banjir untuk semua kala ulang.

Kata kunci: Debit Banjir Rencana, Tinggi Muka Air, HEC-HMS, HEC-RAS

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Banjir adalah kondisi dimana meluapnya air dari sungai atau daerah aliran air lainnya yang disebabkan oleh turunnya hujan yang lebat sehingga melebihi kapasitas daya tampung dari sungai tersebut hingga menggenangi suatu daratan atau daerah di sekitar sungai. Banjir merupakan suatu fenomena alam yang terjadi disuatu tempat, baik yang disebabkan oleh karena luapan air sungai atau sarana penampang kelebihan air lainnya. Aliran air dari berbagai sumber kejadian yang terhambat dapat menimbulkan genangan pada tempat-tempat yang memiliki potensi, misalnya pemukiman. Genangan yang cukup tinggi dan terjadi pada waktu relatif lama akan memberikan dampak merugikan bagi penduduk. Dampak banjir yang merugikan mulai dirasakan sebagai

masalah apabila kegiatan kehidupan manusia sehari-hari mulai terganggu.

Sungai Palaus, terletak di kabupaten Minahasa Tenggara di kecamatan Ratahan yang kondisinya mengalami masalah semakin mengecilnya penampang basah sungai akibat adanya pembangunan pemukiman di sepanjang 200 meter lokasi penelitian sehingga tidak mampu menampung debit air pada saat terjadi hujan. Akibatnya, pada tahun 2007 sungai tersebut meluap disebabkan oleh volume air yang begitu besar, sehingga sungai tidak dapat menampung kelebihan air saat itu. Rumah warga dan hewan yang ada di dalam kandang hanyut oleh air sungai. Tahun 2016 dan 2017 sungai Palaus meluap dan menyebabkan kerusakan pada rumah warga.

Berdasarkan uraian peristiwa yang terjadi di atas, maka diperlukan suatu cara yang dapat mengatasi dan mengurangi masalah akibat banjir.

Langkah penting yang dapat dibuat adalah dengan menganalisis debit banjir dan tinggi muka air untuk meramalkan seberapa besar debit banjir yang akan terjadi, hasil analisis debit banjir merupakan informasi yang penting untuk mengetahui tinggi tanggul di sungai Palaus.

Perumusan Masalah

Berdasarkan hasil analisis terhadap kondisi yang terjadi, permasalahan yang menyebabkan banjir di sekitar Sungai Palaus adalah penampang sungai yang mengecil karena adanya pembangunan pemukiman di pinggiran sungai Palaus.

Pembatasan Masalah

- Data debit banjir rencana dihitung untuk periode ulang 5, 10, 50 dan 100 tahun.
- Perhitungan di lakukan dengan menggunakan HEC-HMS untuk analisis hidrologi dan HEC-RAS untuk analisis hidrolika.
- Untuk titik kontrol DAS dari penelitian ini berada di Jembatan Palaus

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis debit banjir dan tinggi muka air di sungai Palaus dengan tinjauan sepanjang 200 m.

Manfaat Penelitian

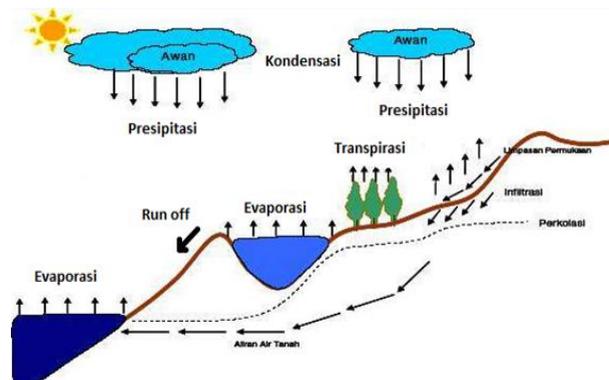
- Sebagai informasi mengenai kondisi sungai kepada masyarakat yang tinggal di pinggiran sungai.
- Sebagai informasi yang dapat dijadikan bahan pertimbangan bagi pihak yang berwenang untuk menanggulangi banjir yang terjadi.
- Sebagai referensi jika ada penelitian lebih lanjut.

LANDASAN TEORI

Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan proses berkelanjutan dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi. Air di permukaan tanah dan laut menguap ke udara. Uap air tersebut bergerak dan naik ke atmosfer yang

kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik air berbentuk awan. Selanjutnya titik-titik air tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan. Hujan yang jatuh sebagian tertahan oleh tumbuhan (intersepsi) dan selebihnya sampai ke permukaan tanah. Sebagian air hujan yang sampai ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan sebagian lainnya mengalir di atas permukaan tanah (aliran permukaan atau *surface runoff*) mengisi cekungan tanah, danau, dan masuk ke sungai dan akhirnya mengalir ke laut. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir di dalam tanah (perkulasi) mengisi air tanah yang kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai. Akhirnya aliran air di sungai akan sampai ke laut. Proses tersebut berlangsung terus menerus yang disebut dengan siklus hidrologi.



Sumber : C.D. Soemarto edisi ke-2 1986

Gambar 1. Siklus Hidrologi

Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung atau pegunungan dimana semua air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik yang ditinjau. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi, 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 kegiatan pemakaian.

Banjir

Banjir merupakan suatu keadaan sungai dimana aliran airnya tidak tertampung oleh palung sungai, karena debit banjir lebih besar dari kapasitas sungai yang ada.

Analisis curah hujan

Untuk mendapatkan curah hujan rata-rata dari hasil pengukuran hujan di beberapa stasiun pengukuran, digunakan cara poligon Thiessen. Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan disekitarnya.

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

Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi bertujuan untuk mencari hubungan antara besarnya suatu kejadian ekstrim (maksimum atau minimum) dan frekuensinya berdasarkan distribusi probabilitas. Data yang digunakan adalah data debit atau hujan maksimum tahunan, yaitu data terbesar yang terjadi selama satu tahun, yang terukur selama beberapa tahun (Bambang Triatmodjo, 2008). Tujuan dari analisis frekuensi data hidrologi adalah mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas.

Analisis Kualitas Data

Data *outlier* adalah data yang secara statistik menyimpang jauh dari kumpulan datanya. Penyimpangan biasanya diakibatkan oleh kesalahan pada saat pembacaan. Uji data *outlier* bertujuan untuk mencari data curah hujan yang menyimpang dari kumpulan datanya serta mengoreksi data tersebut ke batas tertinggi ataupun terendahnya.

Uji data outlier mempunyai 3 syarat, yaitu:

1. Jika $Cs_{log} \geq 0,4$ maka: uji outlier tinggi, koreksi data, uji outlier rendah, koreksi data.

2. Jika $Cs_{log} \leq -0,4$ maka: uji outlier rendah, koreksi data, uji outlier tinggi, koreksi data.
3. Jika $-0,4 < Cs_{log} < 0,4$ maka : uji outlier tinggi atau rendah, koreksi data.

Rumus yang digunakan:

$$\overline{\log X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i \dots\dots\dots (2)$$

$$S_{log} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X - \overline{\log X})^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots (3)$$

$$Cs_{log} = \frac{n}{(n-1)(n-2)S_{log}^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 \dots\dots\dots (4)$$

- Outlier tinggi:

$$\log x_h = \overline{\log x} + Kn \cdot S_{log} \dots (5)$$

- Outlier rendah:

$$\log x_l = \overline{\log x} - Kn \cdot S_{log} \dots (6)$$

Parameter Statistik

Analisis parameter statistik yang digunakan dalam analisis data hidrologi yaitu: *central tendency*, standar deviasi, koefisien variasi, kemencengan (*skewness*) dan koefisien puncak.

- a. Pengukuran *Central Tendency*

Pengukuran *central tendency* adalah pengukuran yang mencari nilai rata-rata kumpulan variable (*mean*).

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n X_i \dots\dots\dots (7)$$

- b. Standar Deviasi

Standar deviasi adalah suatu nilai pengukuran dispersi terhadap data yang dikumpulkan. Data yang kurang dari 100 menggunakan rumus Fisher dan Wicks dalam menghitung standar deviasi.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (8)$$

- c. Koefisien Kemencengan (*Skewness*)

Kemencengan (*skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrian dari suatu bentuk distribusi.

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot s^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \dots\dots\dots(9)$$

- d. Koefisien variasi
Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitungan suatu distribusi.

$$C_v = \frac{s}{\bar{x}} \dots\dots\dots(10)$$

- e. Koefisien kurtosis
Pengukuran kurtosis dimaksudkan untuk mengukur kemencengan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal. Koefisien kurtosis digunakan untuk menentukan keruncingan kurva distribusi, dan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3) \cdot s^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 \dots\dots\dots(11)$$

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 statistic adalah sebagai berikut :

1. Tipe distribusi Normal
C_s ≈ 0; *C_k* ≈ 3
2. Tipe distribusi Log Normal
C_s ≈ 3*C_v*
3. Tipe distribusi Gumbel
C_s ≈ 1.139; *C_k* ≈ 5,4

Bila kriteria ketiga sebaran di atas tidak memenuhi, kemungkinan tipe sebaran yang cocok adalah:

3. 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:

$$P_e = \frac{(P-0,2 S)^2}{P+0,8 S} \dots\dots\dots(12)$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \dots\dots\dots(13)$$

Analisis Hidrologi

Dalam analisis hidrologi yang dihitung adalah debit banjir rencana. Debit banjir rencana adalah debit banjir maksimum dari suatu sungai atau saluran yang besarnya didasarkan pada periode ulang tertentu. Debit banjir rencana, dijadikan dasar dalam merencanakan suatu bangunan hidrolis dengan tujuan agar bangunan yang direncanakan mampu menerima jumlah banjir yang kemungkinan terjadi pada periode ulang yang direncanakan. Dalam menganalisis debit banjir rencana akan digunakan program/software HEC-HMS.

Hidrograf Satuan Sintetis

Konsep Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) dikembangkan untuk menurunkan hidrograf satuan suatu DAS dengan cara sintetis. Konsep Hidrograf Satuan Sintetis didasarkan pada karakteristik fisik dari DAS. Parameter – parameter yang umum dipakai dalam perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis antara lain: Luas DAS, Panjang sungai, Kelandaian DAS, jumlah pertemuan sungai, kerapatan jaringan dan orde sungai. Terdapat beberapa model Hidrograf Satuan Sintetis yaitu HSS SCS, HSS Snyder, HSS Nakayasu, HSS Gama – 1, HSS Limantara.

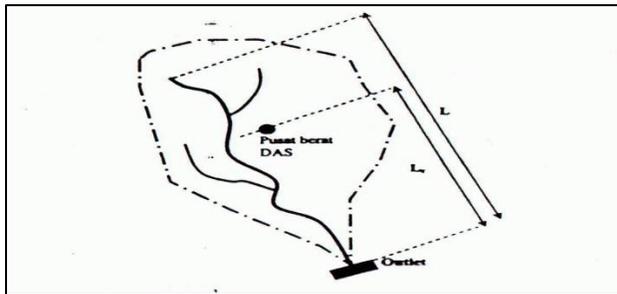
Hidrograf Satuan Sintetik

Snyder (1938) mendapatkan dan mengembangkan hidrograf satuan DAS amerika serikat yang berukuran 30 – 30.000 km² dengan menghubungkan unsur – unsur hidrograf satuan dengan karakteristik DAS akibat hujan 1 cm. Snyder memilih 3 parameter yaitu: lebar dasar hidrograf, debit puncak, dan kelambatan lembah yang dianggap memadai untuk mendefinisikan hidrograf satuan (I Made Kamiana, 2011).

Unsur -unsur hidrograf satuan yang digunakan dalam HSS snyder adalah:

- Debit puncak (*Q_p*, m³/dt).

- Waktu dasar (T_b , jam).
 - Durasi hujan (t_r , jam).
- Karakteristik DAS yang digunakan adalah:
- Luas DAS (A , km²)
 - Panjang aliran utama (L , km)
 - Jarak antara titik berat DAS dengan outlet yang diukur di sepanjang aliran utama (L_c , km).



Sumber: Buku "Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air, I Made Kamiana".
Gambar 2. Posisi L Dan Lc Pada Suatu DAS

Jika t_r atau periode hujan sama dengan $t_p/5.5$ maka rumus perhitungan adalah sebagai berikut:

Debit puncak (Q_p , m³/s)

Waktu dasar (T_b , jam)

Durasi hujan (t_r , jam)

Unsur-unsur hidrograf tersebut dihubungkan dengan:

Luas DAS (A , km)

Panjang aliran sungai (L , km)

Jarak antara titik berat DAS dengan outlet yang diukur di sepanjang aliran utama (L_c , km)

$$t_p = 0.75 \times C_t(L \times L_c)^{0.3} \dots\dots\dots(13)$$

$$T_p = 0.5 \times t_r + t_p \dots\dots\dots(14)$$

$$q_p = 2.75 \times \left(\frac{C_p}{t_p}\right) \dots\dots\dots(15)$$

$$T_b = 72 + 3 \times t_p \dots\dots\dots(16)$$

Jika $t_p/5.5$ atau periode hujan tidak sama dengan t_r melainkan sama dengan tR maka persamaan akan menjadi:

$$t_pR = t_p + (tR - t_r)/4 \dots\dots\dots(17)$$

$$T_pR = 0.5 \times tR + t_pR \dots\dots\dots(18)$$

$$q_pR = 2.75 \times \left(\frac{C_p}{t_pR}\right) \dots\dots\dots(19)$$

Aliran Langgeng (Steady Flow)

Aliran dikatakan langgeng (*steady flow*) jika semua karakteristik aliran tidak berubah selama selang waktu tertentu seperti kecepatan, kedalaman aliran, dan sebagainya.

Analisis hidrolika penampang sungai dihitung dengan menggunakan program HEC-RAS. Dengan analisis ini dapat diketahui elevasi muka air pada penampang sungai saat suatu debit air melalui sungai tersebut .

Data-data yang diperlukan dalam analisis penampang sungai adalah :

1. Penampang memanjang sungai
2. Potongan melintang sungai
3. Data debit yang melalui sungai
4. Angka manning penampang sungai

Persamaan Dasar untuk Perhitungan Profil Aliran

Dalam ilmu hidrolika dasar, diketahui bahwa jumlah energi yang melalui suatu penampang saluran dapat dinyatakan sebagai tinggi air, yang setara dengan jumlah dari ketinggian di atas suatu bidang persamaan, tinggi tekanan dan tinggi kecepatan.

$$z_1 + y_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = z_2 + y_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_e \dots\dots\dots 19$$

Kehilangan energi di antara 2 penampang melintang disebabkan oleh gesekan dan perubahan lebar saluran. Kehilangan energi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$h_e = L \times S_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \dots\dots\dots 20$$

Panjang jangkauan aliran yang diukur L dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$L = \frac{L_{lob} \bar{Q}_{lob} + L_{ch} \bar{Q}_{ch} + L_{rob} \bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}} \dots\dots\dots 21$$

Rumus Manning

Salah satu pendekatan dalam perhitungan *hidraulik* sungai adalah dengan menggunakan rumus

Manning yang menganggap aliran sungai adalah aliran tetap sebagai berikut :

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots 21$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots 22$$

Program Komputer HEC-RAS

HEC-RAS adalah system software terintegrasi, yang didesain untuk digunakan secara interaktif pada kondisi tugas yang beraneka macam. System ini terdiri dari interface grafik pengguna, komponen analisa hidrolika terpisah, kemampuan manajemen dan tampungan data, fasilitas pelaporan dan grafik.

Sistem HEC-RAS pada akhirnya akan memuat tiga komponen analisa hidrolika satu dimensi untuk :

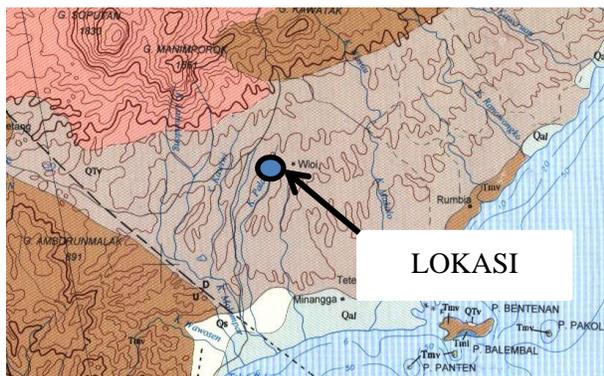
- (1) Perhitungan profil muka air aliran seragam (steady flow),
- (2) Simulasi aliran tidak seragam,
- (3) Perhitungan transport sedimen dengan batas yang bisa dipindahkan

METODOLOGI PENELITIAN

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Desa Lowu yang merupakan obyek dari penelitian ini terletak di Kecamatan Ratahan Kabupaten Minahasa Tenggara dengan ibu kota Ratahan.

Luas Kabupaten Minahasa Tenggara 730,62 km². Kabupaten Minahasa Terdiri dari 12 Kecamatan dan 144 Desa/Kelurahan (135 Desa dan 9 Kelurahan).

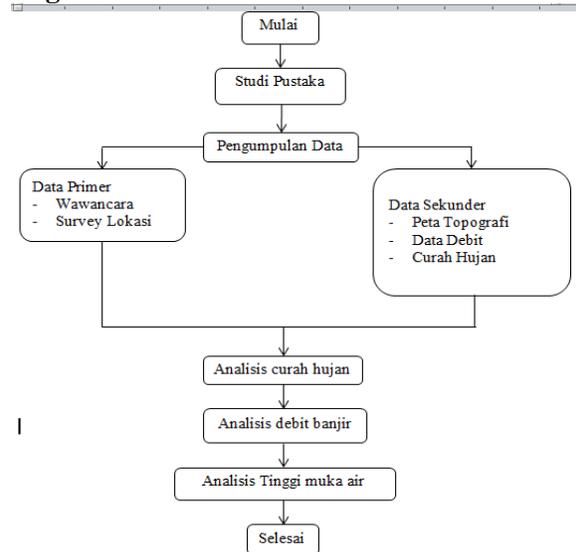


Gambar 3. Lokasi Penelitian

Prosedur Penelitian

Skripsi ini disusun berdasarkan studi kasus melalui pengamatan langsung di lapangan yang disertai dengan analisis berdasarkan metode-metode dan formula yang tersedia.

Bagan alir



HASIL DAN PEMBAHASAN

Data curah hujan yang digunakan dalam analisis ini adalah data curah hujan harian maksimum yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I. Stasiun pengamatan dilakukan pada Pos hujan Noongan Winebetan dan Pos Klimatologi Tompaso Baru Tumani dengan periode pencatatan tahun 2002 sampai tahun 2016.

Tabel 1 Data Curah Hujan Harian Maksimum

Tahun	Curah hujan harian Maksimum (mm)	
	Stasiun Noongan Winebetan	Stasiun Tompaso Baru Tumani
2002	157.0	123.8
2003	193.3	207.0
2004	190.8	184.3
2005	191.1	216.8
2006	157.1	239.8
2007	191.1	184.1

2008	181.8	160.0
2009	136.4	179.4
2010	242.7	203.5
2011	210.2	243.9
2012	173.9	230.0
2013	194.7	239.9
2014	165.6	186.5
2015	135.4	168.7
2016	177.5	210.7

9	2010	242.7	203.5
10	2011	210.2	243.9
11	2012	173.9	230.0
12	2013	194.7	239.9
13	2014	165.6	186.5
14	2015	135.4	168.7
15	2016	177.5	210.7

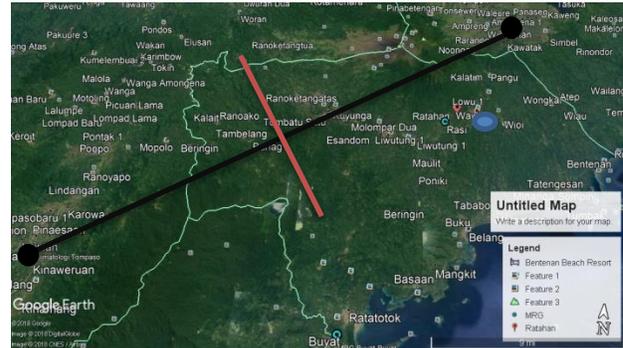
Tahun	\bar{R}
2002	157.0
2003	193.3
2004	190.8
2005	191.1
2006	157.1
2007	191.1
2008	181.8
2009	136.4
2010	242.7
2011	210.2
2012	173.9
2013	194.7
2014	165.6
2015	135.4
2016	177.5

Sumber : Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1
Tabel 3. Curah Hujan Rata-Rata

Analisis data outlier

Tabel 2. Data Curah Hujan Harian Maksimum setelah uji outlier

No	TAHUN	Noongan Winebetan	Tompaso Tumani
1	2002	157.0	123.8
2	2003	193.3	207.0
3	2004	190.8	184.3
4	2005	191.1	216.8
5	2006	157.1	239.8
6	2007	191.1	184.1
7	2008	181.8	160.0
8	2009	136.4	179.4



Sumber : Google Earth
Gambar 4. Poligon Thiessen

Analisis Frekuensi

Rata-rata :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

$$\bar{X} = \frac{1}{15} (2698,5)$$

$$\bar{X} = 179,9$$

Standar Deviasi

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{15-1} (9335,8)}$$

$$= 25,8$$

Koefisien Skewnees

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)(S)^3}$$

$$C_s = \frac{15(106369,9)}{(15-1)(15-2)(25,8^3)}$$

$$= 0,5$$

Pengukuran Kurtosis

$$Ck = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3) \cdot S^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4$$

$$Ck = \frac{1}{15} (24048224,0)$$

$$= 5,6$$

Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}}$$

$$= \frac{25,8}{179,9}$$

$$= 0,1$$

Penentuan tipe distribusi adalah dengan melihat kecocokan nilai dari parameter statistik Cs , Cv dan Ck dengan syarat untuk tiap tipe distribusi.

Tabel 4. Penentuan Tipe Distribusi

Distribusi	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	$Cs \approx 0$	0,5	Tidak memenuhi
	$Ck \approx 3$	5,6	
Log Normal	$Cs = Cv^3 + 3Cv = 0,4$	0,5	Tidak memenuhi
	$Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3 = 3,3$	5,6	
Gumbel	$Cs \approx 1,14$	0,5	Tidak memenuhi
	$Ck \approx 5,4$	5,6	
Log Pearson Type III	Bila tidak ada parameter statistik yang sesuai dengan ketentuan distribusi sebelumnya	-	Memenuhi

Analisis Curah Hujan Rencana

Rata – rata hitung:

$$\overline{\log X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i$$

$$= \frac{1}{14} \times 33,8$$

$$= 2,3$$

Simpangan Baku:

$$S_{\log} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X - \overline{\log X})^2}{(n-1)}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,1}{15-1}}$$

$$= 0,1$$

Koefisien *Skewness* (Kemencengan):

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

$$= \frac{15}{(15-1)(15-2) \cdot 0,1^3} \times 0,0$$

$$= -0,1$$

Tabel 5. Curah Hujan Rencana

Tr(tahun)	Kt	Slog	Log Xtr	Xtr (Hujan Rencana)
5	0.8	0.1	-3.3	243.9 mm
10	1.3	0.1	4.7	267.8 mm
50	2.3	0.1	13.8	317.3 mm
100	2.7	0.1	16.2	337.4 mm

Pola Hujan Jam-Jaman

Pada penelitian ini menggunakan pola hujan dari daerah Manado dan sekitarnya. Perhitungan dilakukan dengan cara besar hujan dari tiap kala ulang dikalikan dengan % distribusi hujan.

Pola hujan jam-jaman yang digunakan

Tabel 6. Pola Distribusi Hujan Kota Manado dan Sekitarnya

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

Sumber: Haniedo Pratama Salem 2016

Tabel 7. Distribusi Hujan Rencana Tiap Kala Ulang

Kala Ulang	Besar hujan Jam ke -							
	1	2	3	4	5	6	7	8
5 Tahun	107.9	44.0	16.0	12.0	6.0	2.0	6.0	6.0
10 Tahun	116.2	47.3	17.2	12.9	6.5	2.2	6.5	6.5
50 Tahun	134.0	54.6	19.8	14.9	7.4	2.5	7.4	7.4
100 tahun	141.4	57.6	21.0	15.7	7.9	2.6	7.9	7.9

Tabel 8. Nilai Curve Number

jenis tutupan lahan	luas	%	CN tiap lahan	CN
sawah	1.1	16.92	88	14.9
hutan alam	4.1	63.08	70	39.5
sungai	0.2	3.08	0	0.0
perkebunan	1	15.38	78	9.5
pemukiman	0.1	1.54	51	0.5
Total				64.4

Analisis Debit Banjir Rencana

Data parameter DAS sebagai berikut :

A = 6,5 km² L = 7,5 km
 Lc = 3,3 km Ct = 1,5

Perhitungan dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$t_p = 0.75 \times C_t(L \times L_c)^{0.3}$$

$$= 0.75 \times 1.55 \times (7,5 \times 3,3)^{0.3}$$

$$= 2,95 \text{ jam}$$

Dengan $t_r = 1$ jam, nilai t_p akan dimasukkan pada

persamaan $\frac{t_p}{5.5} = tr$

$$\frac{2,95}{5.5} = 0,536 \text{ Jam}$$

Karena $\frac{t_p}{5.5} \neq 1$ jam, maka nilai lag time akan dihitung dengan nilai $tR = 1$ jam dan nilai $t_r = 0,536$ jam

$$t_pR = t_p + (tR - t_r)/4 = 2,95 + (1 - 0,536)/4$$

$$= 3,066 \text{ Jam}$$

Kalibrasi Parameter DAS HSS Snyder

Kalibrasi merupakan suatu proses dimana nilai hasil perhitungan dibandingkan dengan nilai hasil observasi lapangan.



Gambar 5. Grafik Hasil dalam program HEC-HMS

Project: kalibrasi inri		Optimization Trial: Trial 1	
Subbasin: sub das lokasi penelitian			
Start of Trial:	01May2011, 00:00	Basin Model:	sungai palaus
End of Trial:	30Nov2011, 00:00	Meteorologic Model:	Met 1
Compute Time:09Mar2018, 08:42:32			
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3			
Computed Results			
Peak Discharge:	0.8 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	14Sep2011, 00:00
Precipitation Volume:	451.87 (MM)	Direct Runoff Volume:	307.98 (MM)
Loss Volume:	138.56 (MM)	Baseflow Volume:	384.59 (MM)
Excess Volume:	313.32 (MM)	Discharge Volume:	692.57 (MM)
Observed Hydrograph at Gage, 2011			
Peak Discharge:	1.8 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	14Sep2011, 00:00
Mean Abs Error:	0.1 (M3/S)	RMS Error:	0.1 (M3/S)
Volume:	668.30 (MM)	Volume Residual:	24.27 (MM)
Nash-Sutcliffe:	0.373		

Gambar 6. Keterangan hasil kalibrasi

Tabel 9. Kriteria Nilai Nash Sutcliffe Efficiency

NSE > 0,75	Baik
0,36 < NSE < 0,75	Memenuhi
NSE < 0,36	Tidak Memenuhi

(Sumber: Motovilov, et al 1999)

Element	Parameter	Units	Initial Value	Optimized Value	Objective Func... Sensitivity
sub das loka...	Recession - Initial ...	M3/S	0.324	0.33042	-0.14
sub das loka...	Recession - Ratio t...		0.25	0.25367	0.02
sub das loka...	Recession - Reces...		0.8	0.97924	-1.77
sub das loka...	SCS Curve Number...		64	63.320	-0.17
sub das loka...	Snyder Unit Hydro...		0.5	0.40130	-0.43
sub das loka...	Snyder Unit Hydro...	HR	3.066	3.0660	0.00

Gambar 7. Parameter DAS Hasil Kalibrasi

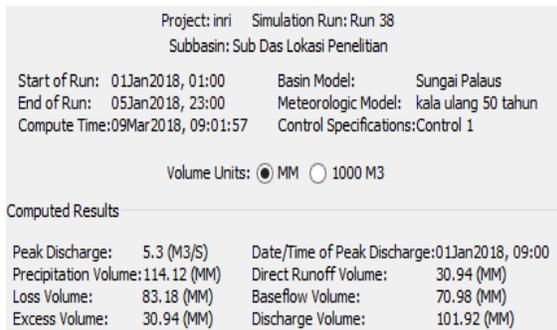
Hasil Simulasi Debit Banjir dengan Program Komputer HEC-HMS

Project: inri		Simulation Run: Run 35	
Subbasin: Sub Das Lokasi Penelitian			
Start of Run:	01Jan2018, 01:00	Basin Model:	Sungai Palaus
End of Run:	05Jan2018, 23:00	Meteorologic Model:	kala ulang 5 tahun
Compute Time:09Mar2018, 08:55:43		Control Specifications:Control 1	
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3			
Computed Results			
Peak Discharge:	3.4 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	01Jan2018, 09:00
Precipitation Volume:	91.90 (MM)	Direct Runoff Volume:	18.62 (MM)
Loss Volume:	73.28 (MM)	Baseflow Volume:	46.61 (MM)
Excess Volume:	18.62 (MM)	Discharge Volume:	65.23 (MM)

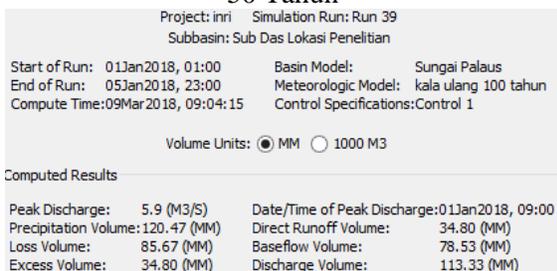
Gambar 8. Hasil Simulasi HEC-HMS kala ulang 5 Tahun

Project: inri		Simulation Run: Run 37	
Subbasin: Sub Das Lokasi Penelitian			
Start of Run:	01Jan2018, 01:00	Basin Model:	Sungai Palaus
End of Run:	05Jan2018, 23:00	Meteorologic Model:	kala ulang 10 tahun
Compute Time:09Mar2018, 08:59:37		Control Specifications:Control 1	
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3			
Computed Results			
Peak Discharge:	4.0 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	01Jan2018, 09:00
Precipitation Volume:	98.97 (MM)	Direct Runoff Volume:	22.32 (MM)
Loss Volume:	76.65 (MM)	Baseflow Volume:	53.97 (MM)
Excess Volume:	22.32 (MM)	Discharge Volume:	76.29 (MM)

Gambar 10. Hasil Simulasi HEC-HMS kala ulang 10 Tahun

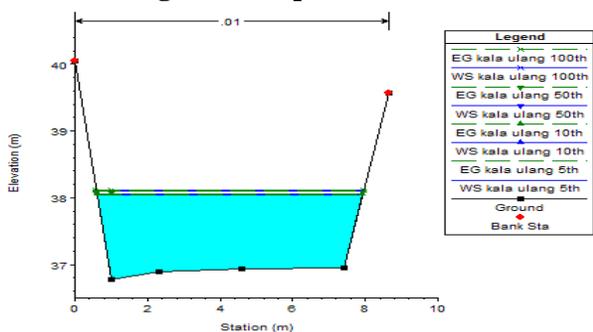


Gambar 11. Hasil Simulasi HEC-HMS kala ulang 50 Tahun

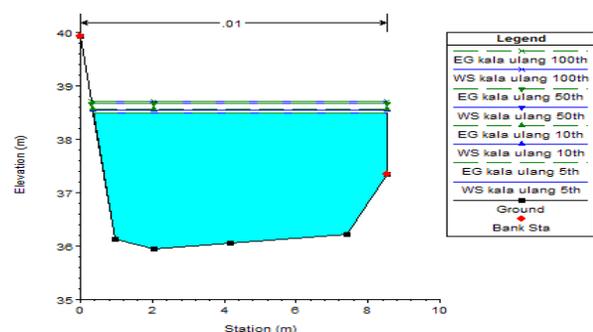


Gambar 12. Hasil Simulasi HEC-HMS kala ulang 100 Tahun

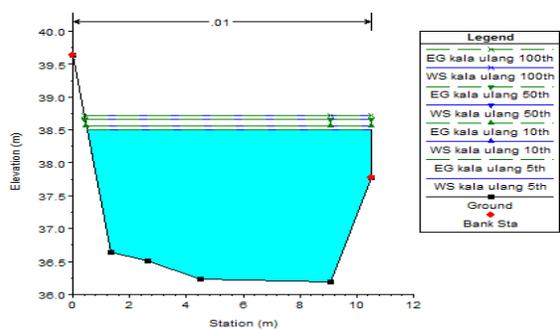
Hasil Simulasi Tinggi Muka Air dengan Program Komputer HEC-RAS



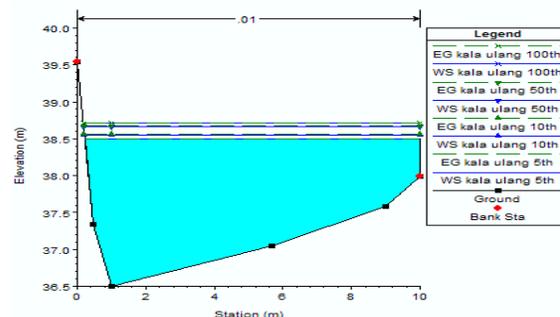
Gambar 13. Hasil Simulasi HEC-RAS Sta 0+20



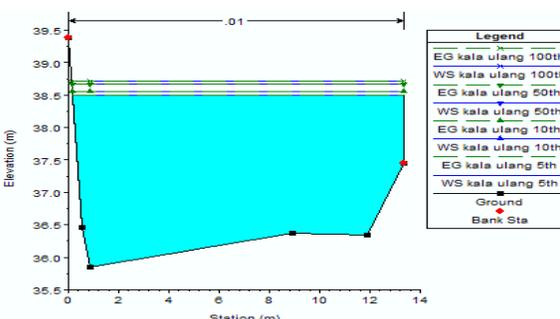
Gambar 14. Hasil Simulasi HEC-RAS Sta 0+40



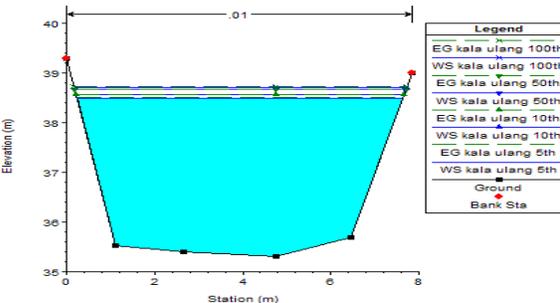
Gambar 15. Hasil Simulasi HEC-RAS Sta 0+60



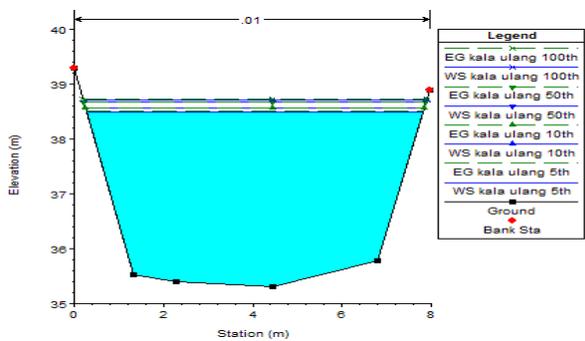
Gambar 16. Hasil Simulasi HEC-RAS Sta 0+80



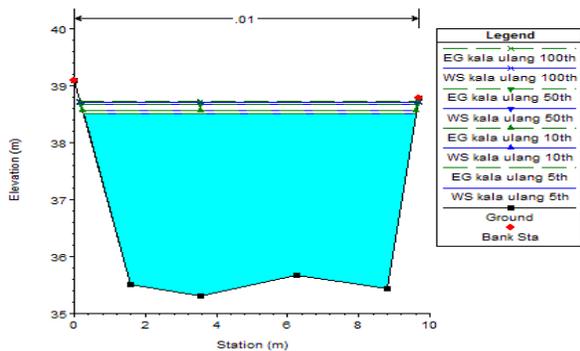
Gambar 17. Hasil Simulasi HEC-RAS Sta 0+100



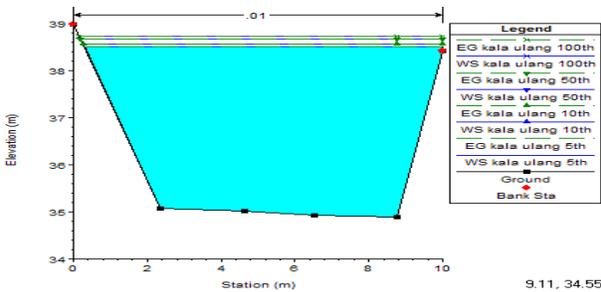
Gambar 18. Hasil Simulasi HEC-RAS Sta 0+120



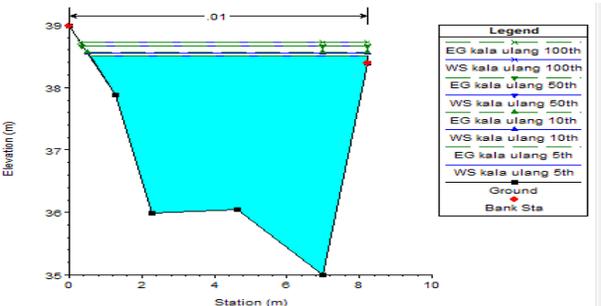
Gambar 19. Hasil Simulasi HEC-RAS Sta 0+140



Gambar 20. Hasil Simulasi HEC-RAS Sta 0+160



Gambar 21. Hasil Simulasi HEC-RAS Sta 0+180



Gambar 22. Hasil Simulasi HEC-RAS Sta 0+200

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil simulasi, besarnya debit rencana yang diperoleh yakni,

- Untuk kala ulang 5 tahun debit rencana sebesar 3,4 m³/s dengan kondisi penampang sungai pada sta 0 + 40, sta 0 + 60, sta 0 + 80, sta 0 + 100, sta 0 + 180 dan sta 0+200 tidak dapat menampung debit banjir.
- Untuk kala ulang 10 tahun debit rencana sebesar 4 m³/s dengan kondisi penampang sungai pada sta 0 + 40, sta 0 + 60, sta 0 + 80, sta 0 + 100, sta 0 + 180 dan sta 0+200 tidak dapat menampung debit banjir.
- Untuk kala ulang 50 tahun debit rencana sebesar 5,3 m³/s dengan kondisi penampang sungai pada sta 0 + 40, sta 0 + 60, sta 0 + 80, sta 0 + 100, sta 0 + 180 dan sta 0+200 tidak dapat menampung debit banjir.
- Untuk kala ulang 100 tahun debit rencana sebesar 5,9 m³/s dengan kondisi penampang sungai pada sta 0 + 40, sta 0 + 60, sta 0 + 80, sta 0 + 100, sta 0 + 180 dan sta 0+200 tidak dapat menampung debit banjir.
- Perbedaan beragam debit banjir rencana untuk berbagai kala ulang dipengaruhi oleh berbagai faktor dalam DAS Palau yaitu koefisien penutup lahan, kelambatan waktu di dalam DAS, dan koefisien *C_p* dalam perhitungan menggunakan HSS Snyder.
- Faktor kemiringan turut mempengaruhi tinggi muka air pada suatu penampang sungai karena penampang yang berada di daerah landau kecepatan aliran menjadi lebih lambat sehingga tinggi muka air menjadi besar.

Saran

1. Perlu adanya pembangunan tanggul dengan tinggi yang sesuai untuk menanggulangi banjir
2. Perlu menjaga kebersihan sungai dari pembuangan sampah

DAFTAR PUSTAKA

- _____. *Data Hujan Harian Pos Hujan Noongan-Winebetan* Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado
- _____. *Data Hujan Harian Pos Klimatologi Tompaso Baru-Tumani* Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado
- _____. 2000. *HEC-HMS Technical Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA
- _____. 2016. *HEC-RAS 5.0 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
- Sri Harto. 1993. *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Kamiana, I. M. 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Graha Ilmu, Yogyakarta
- Kapantouw, Billy. *Analisis Debit Dan Tinggi Muka Air Sungai Paniki Di Kawasan Holland Village*. Jurnal Sipil Statik Vol. 5 Februari 2017 (21-29) ISSN:2337-6732, Manado.
- Siswoyo, Hari. 2012. *Pengembangan Model Hidrograf Satuan Sintetis Snyder untuk Daerah Aliran Sungai Di Jawa Timur*. Jurnal Teknik Pengairan Vol. 2, No 1, Malang.
- CD. Soemarto. 1987. *Hidrologi Teknik*. Edisi Kedua. Erlangga, Jakarta.
- Soewarno. 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*. Nova, Bandung.
- Bambang Triatmodjo. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta.