

Analisis Kapasitas Tampungan Sungai Pada Daerah Aliran Sungai Kapsali Menggunakan HEC-RAS 6.4.1

River Reservoir Capacity Analysis In The Kapsali Watershed Using HEC-RAS 6.4.1

Gracia Kasih Cintana Leda¹ Wilhelmus Bunganaen² I Made Udiana^{3*)}

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

Article info:

Abstrak

Kata kunci:

DAS Kapsali, Curah Hujan, Kapasitas Tampungan, HEC-RAS 6.4.1.

Keywords:

Kapsali watershed, rainfall, reservoir capacity, HEC-RAS 6.4.1.

Article history:

Received: xx-xx-xxxx

Accepted: xx-xx-xxxx

*)Koresponden email:

graciacintana@gmail.com

wilembunganaen@staf.undana.ac.id

made_udiana@yahoo.com

Daerah Aliran Sungai (DAS) Kapsali terletak pada Provinsi Nusa Tenggara Timur dengan Sungai utama yaitu Sungai Kapsali. Jembatan Kapsali yang digunakan sebagai jembatan penyebrangan ambruk akibat banjir sehingga lalu lintas menuju beberapa wilayah Amfoang terhenti dan berdampak negatif bagi warga. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas dari Sungai Kapsali dalam menampung debit banjir rencana pada berbagai periode ulang sebagai pertimbangan dalam penentuan solusi bagi permasalahan pada DAS Kapsali. Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu: topografi sungai yang diambil menggunakan drone dan data curah hujan dari pos hujan terdekat untuk mencari debit banjir rencana menggunakan Metode HSS Nakayasu. Aplikasi HEC-RAS 6.4.1 digunakan untuk mengukur kapasitas dari sungai dalam menampung debit banjir rencana. Hasil penelitian debit banjir rencana maksimal menggunakan Metode HSS Nakayasu pada $Q_2=473,22 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_5=645,87 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{10}=837,08 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{25}=1090,13 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{50}=1224,40 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{100}=1573,20 \text{ m}^3/\text{s}$, dan $Q_{500}=2169,18 \text{ m}^3/\text{s}$. Pada Q_2 dan Q_5 tidak ada titik yang mengalami luapan, pada Q_{10} sebanyak 2 titik, pada Q_{25} dan Q_{50} sebanyak 7 titik, pada Q_{100} sebanyak 9 titik, dan pada Q_{500} sebanyak 16 titik sehingga dapat disimpulkan semakin besar periode ulang yang digunakan, semakin tinggi profil muka air yang dihasilkan.

Abstract

The Kapsali Watershed is located in East Nusa Tenggara Province with the main river, the Kapsali River. The Kapsali Bridge, which was used as a crossing bridge, collapsed due to flooding so that traffic to several areas of Amfoang was stopped and had a negative impact on residents. This study aims to analyze the capacity of the Kapsali River in accommodating planned flood discharges in various re-periods as a consideration in determining solutions to problems in the Kapsali watershed. The data used in this study are: river topography taken using drones and rainfall data from the nearest rainpost to find planned flood discharge using the Nakayasu HSS Method. The HEC-RAS 6.4.1 application is used to measure the capacity of the river in accommodating planned flood discharge. The results of the maximum planned flood discharge study using the Nakayasu HSS Method in $Q_2 = 473,22 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_5 = 645,87 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{10} = 837,08 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{25} = 1090,13 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{50} = 1224,40 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{100} = 1573,20 \text{ m}^3/\text{s}$, and $Q_{500} = 2169,18 \text{ m}^3/\text{s}$. In Q_2 and Q_5 there were no overflows, in Q_{10} there were 2 points, in Q_{25} and Q_{50} there were 7 points, in Q_{100} as many as 9 points, and in Q_{500} as many as 16 points so that it can be concluded that the larger the re-period used, the higher the water level profile produced.

Kutipan:

1. Pendahuluan

Daerah Aliran Sungai (DAS) Kapsali merupakan salah satu DAS yang terletak di Wilayah Sungai Noelmina yang berada pada Provinsi Nusa Tenggara Timur dengan luas total DAS Kapsali sebesar 153,64 km² (Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara II, 2013). DAS Kapsali dialiri oleh Sungai Kapsali sebagai sungai utama yang mengalir DAS dengan Jembatan Kapsali sebagai jalur transportasi untuk menyebrangi sungai. Permasalahan pada DAS Kapsali yaitu rendahnya kemampuan infiltrasi tanah pada sungai sehingga kurang mampu menampung curah hujan tinggi yang turun pada daerah tersebut dan menyebabkan banjir yang kemudian berdampak pada putusnya Jembatan Kapsali yang menghubungkan wilayah Amfoang Barat Laut, Amfoang Utara dan Amfoang Timur dengan Kota Kupang (Amalo, P., 2022).

Ambruknya Jembatan Kapsali mengakibatkan akses transportasi dari beberapa wilayah Amfoang menuju Kota Kupang dan sebaliknya terhenti sehingga menyebabkan terhentinya mobilisasi untuk memasok kebutuhan sehari-hari warga, banyak siswa-siswi SMP dan SMA tidak bisa bersekolah dan para mahasiswa yang berkuliah di Kota Kupang juga mengalami kesulitan dalam pengiriman uang dan bekal. Selain itu, warga sulit mencari nafkah dikarenakan Sebagian besar warga yang menjual hasil pertanian dan peternakan mereka pada sejumlah pasar tradisional di Kota Kupang dan Kabupaten Kupang (Manuleus. Y., 2023).

Untuk menghindari banjir dan kerusakan berulang terhadap Jembatan Kapsali, perlu direncanakan pengendalian banjir dan perbaikan struktur jembatan sehingga bisa mengurangi kerugian yang dirasakan oleh masyarakat yang tinggal disekitar Sungai Kapsali pada kemudian hari.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kapasitas tampungan sungai pada ruas Sungai Kapsali dalam menampung debit banjir rencana pada berbagai periode ulang menggunakan bantuan Aplikasi HEC-RAS 6.4.1 dengan tujuan agar dapat diketahui kapasitas eksisting dari Sungai Kapsali sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan upaya perbaikan dan penanggulangan dini yang diperlukan untuk mencegah kemungkinan terjadinya banjir dikemudian hari pada Sungai Kapsali.

2. Bahan dan Metode

Penelitian dilakukan pada Daerah Aliran Sungai Kapsali yang berada di Kabupaten Kupang. Daerah yang ditinjau yaitu sepanjang aliran Sungai Kapsali dengan titik luapan pada Jembatan Kapsali yang berada pada Desa Manubelon. Daerah aliran sungai yang ditinjau dalam penelitian memiliki luas wilayah sebesar 152,71 km² dengan sungai utama yang memiliki panjang sebesar 53,61 km. Ruas sungai yang disimulasikan menggunakan Aplikasi HEC-RAS 6.4.1 sepanjang 1,26 km yang dimulai dari hilir menuju ke arah Jembatan Kapsali.

Data primer dalam penelitian ini adalah data geometri Sungai Kapsali yang diambil dengan bantuan alat *drone* dan penentuan jenis dinding sungai pada saat melakukan penelitian, dan Pos Hujan Oelbioin dari tahun 2002 hingga tahun 2021 yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Stasiun Klimatologi Kelas II Kupang dan Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara II dan data Geospasial DAS Kapsali yang didapat dari Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional. Alat yang digunakan pada penelitian berupa *drone* yang digunakan dalam pemetaan ruas sungai yang ditinjau agar menghasilkan data geometri beresolusi tinggi.

2.1. Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2022: 2).

2.2. Sungai

2.2.1. Pengertian sungai

Sungai adalah alur atau wadah air alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis

sempadan (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2011 tentang Sungai, 2011: 2, 4).

2.2.2. *Pola aliran sungai*

Sungai dapat diklasifikasikan berdasarkan pengalirannya. Pada daerah hulu di pegunungan dengan lereng yang curam pada umumnya sungainya lurus sedangkan pada daerah lereng dengan topografi yang sangat landai dekat muara terbentuk pola aliran sungai yang berkelok-kelok dan juga sering terbentuk penghubung antara sungai dengan laut (Ishak M. dan Herman, R. 2020: 1-2).

2.2.3. *Kapasitas tampungan sungai*

Kapasitas tampungan sungai dapat diartikan sebagai kemampuan sungai dalam menampung debit air yang mengalir pada sungai. Analisis kapasitas tampungan sungai diperlukan untuk mengidentifikasi apakah dimensi penampang sungai tersebut mampu mengalirkan debit rencana. Analisis kapasitas ini juga dilakukan untuk menentukan elevasi muka air banjir. Kapasitas tampungan sungai dapat dianalisis dengan menggunakan bantuan *Software* HEC-RAS 6.4.1.

2.3. *Banjir*

Banjir adalah keadaan dimana suatu daerah dalam keadaan tergenang oleh air dalam jumlah yang begitu besar yang disebabkan karena volume air yang meningkat secara berlebihan sehingga merendam daratan (Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Provinsi Banten, 2018:2).

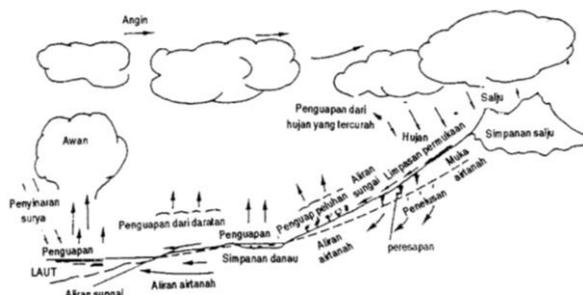
2.4. *Hidrologi*

2.4.1. *Pengertian hidrologi*

Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari sistem kejadian air di atas, pada permukaan, dan di dalam tanah (SNI No. 1724-1989-F).

2.4.2. *Siklus hidrologi*

Gerakan air yang berdaur dari lautan menuju ke atmosfer dan kemudian turun ke bumi menuju ke tempat dimana air tersebut selanjutnya ditampung sementara disebut dengan siklus hidrologi. Skema siklus hidrologi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Siklus Hidrologi

Sumber: Wilson, E. M., 1990

2.5. *Data Curah Hujan*

Dalam siklus hidrologi hujan merupakan faktor penting dalam menentukan kapasitas air yang ada di suatu daerah. Intensitas dan durasi hujan menentukan banyaknya jumlah air yang turun pada daerah tersebut (Prawaka F., dkk, 2016: 398).

2.5.1. *Data hujan kosong*

Untuk mengisi kembali data hujan yang hilang atau kosong dapat digunakan Metode Perbandingan Normal (*Normal Ratio Method*) menggunakan persamaan (Hasyimzoem, E. F. dkk., 2019):

$$P_x = \frac{1}{n} \left\{ P_A \frac{N_x}{N_A} + P_B \frac{N_x}{N_B} + \dots + P_n \frac{N_x}{N_n} \right\} \tag{1}$$

Dimana:

- P_x = Curah hujan maksimal pada pos hujan utama (mm)
- P_A, P_B, \dots, P_n = Curah hujan maksimal di pos hujan referensi (mm)
- N_x = Jumlah curah hujan maksimal tahunan pada pos hujan utama (mm)

N_A, N_B, \dots, N_n = Jumlah curah hujan maksimal tahunan pada pos hujan referensi (mm)

N = Jumlah pos hujan referensi

2.5.2. *Konsistensi data curah hujan*

Metode *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS) adalah metode untuk mengecek validitas data hujan dengan cara menghitung nilai kumulatif penyimpangannya terhadap nilai rata-rata (*mean*) dengan syarat ($Q_{hitung} < Q_{kritis}$) dan ($R_{hitung} < R_{kritis}$) (Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia, 2018: 14).

2.5.3. *Distribusi frekuensi curah hujan rencana*

Tujuan dilakukan analisis distribusi frekuensi data hidrologi adalah mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas. Analisis frekuensi curah hujan dapat menggunakan 4 metode (Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia, 2018: 20-26):

- 1) Metode Distribusi Normal
- 2) Metode Distribusi Log Normal
- 3) Metode Distribusi Log Pearson Tipe III
- 4) Metode Distribusi Gumbel Tipe I

2.5.4. *Persyaratan statistik*

Prinsip pemilihan Metode Distribusi yang memenuhi persyaratan statistik dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Penentuan Tipe Ditribusi

No	Jenis Sebaran	Syarat
1	Metode Distribusi Gumbel Tipe 1	$Cs \leq 1,1396$ dan $Ck \leq 5,4002$
2	Metode Distribusi Normal	$Cs \approx 0$; $Ck \approx 3$
3	Metode Distribusi Log Normal	$Cs = 3$; $Cv \approx 3$
4	Metode Distribusi Log Pearson Tipe III	Bila tidak ada parameter statistik yang sesuai dengan ketentuan distribusi sebelumnya

Sumber: Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia, 2017

2.5.5. *Kecocokan distribusi frekuensi*

Uji kecocokan distribusi dilakukan dengan menggunakan Uji *Smirnov-Kolgomorov* dengan syarat nilai $D_{max} < D_{kritis}$ (Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia, 2018:30-31).

2.5.6. *Koefisien limpasan*

Nilai koefisien pengaliran dapat ditentukan dengan menggunakan karakteristik dari DAS yaitu kondisi topografi dan juga penutup lahan dari DAS yang ditinjau dalam penelitian.

2.5.7. *Intensitas curah hujan*

Intensitas curah hujan adalah besarnya jumlah hujan yang turun yang dinyatakan dalam tinggi curah hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Perhitungan intensitas curah hujan dapat dicari menggunakan Metode Mononobe dengan persamaan (Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia, 2018: 36):

$$I = \frac{R_{24}}{T} \left[\frac{T}{t} \right]^3 \tag{2}$$

Dimana:

- I = Intensitas hujan (mm/jam)
- R_{24} = Curah hujan maksimum (mm)
- T = Waktu hujan terpusat (jam)
- t = Waktu konsentrasi hujan (jam)

2.5.8. *Debit banjir rencana*

Debit banjir rencana dicari dengan menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu (Abdunafi, 2016:17-19):

$$Q_p = \frac{CA.R_o}{3,6 (0,3.T_p + T_{0,3})} \tag{3}$$

Dimana:

- Q_p = Debit puncak banjir (m^3/dt)
- C = Koefisien limpasan

- A = Luas daerah pengaliran (km^2)
R_o = Hujan satuan (mm)
T_p = Waktu puncak hidrograf (jam)
T_{0,3} = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30% dari debit puncak (jam)

2.6. Hidrolika

Hidrolika merupakan suatu cabang ilmu teknik yang mempelajari perilaku air dalam keadaan diam maupun bergerak. Ilmu hidrolika memiliki arti penting mengingat air memiliki arti yang penting bagi kehidupan manusia (Triatmodjo, 1993: 1-2).

2.6.1. Klasifikasi aliran

Aliran diklasifikasikan berdasarkan:

- Berdasarkan fungsi waktu, aliran dibedakan menjadi aliran permanen (*steady*) dan tidak permanen (*unsteady*).
- Berdasarkan fungsi ruang, aliran dibedakan menjadi aliran seragam (*uniform*) dan tidak seragam (*non-uniform*).
- Berdasarkan sifat aliran, aliran dapat dibedakan menjadi aliran kritis, subkritis dan superkritis.

2.6.2. Aliran melalui penampang

Nilai kekasaran Manning (n) adalah nilai yang menyatakan kecepatan dari aliran berdasarkan hambatan yang terdapat pada saluran. Nilai Manning dapat ditentukan berdasarkan jenis dinding saluran (Chow, V.T., 1965)

2.6.3. Profil muka air

Profil muka air pada suatu aliran diklasifikasikan berdasarkan kemiringan dasar saluran, kondisi permukaan, geometri penampang melintang, dan debit aliran (Suripin, 2008: 188).

2.7. HEC-RAS

HEC-RAS merupakan suatu program Aplikasi yang bertujuan memodelkan aliran di sungai (*River Analysis System*) disingkat RAS yang dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center* (HEC) yang merupakan satu divisi yang berada pada *Institute for Water Resources* (IWR), di bawah *US Army Corps of Engineers* (USACE). Penggunaan pemodelan HEC-RAS dimaksudkan untuk mengetahui kapasitas aliran dan profil muka air sungai terhadap banjir dengan periode ulang yang ditentukan, sehingga dapat diketahui tinggi muka air maksimum yang terjadi di sepanjang ruas sungai yang ditinjau (Istiarto, 2014: 2).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hidrologi

3.1.1. Pemilihan pos hujan

Pos hujan yang digunakan pada perhitungan ini yaitu Pos Hujan Batinefukoko dengan data yang digunakan selama 20 tahun dari tahun 2002 hingga 2021.

3.1.2. Pengisian data hujan kosong

Pada Pos Hujan Batinefukoko, terdapat data yang kosong pada tahun 2006, 2007, dan 2008 sehingga perlu dilakukan perhitungan untuk mencari data hujan kosong dengan menggunakan Metode Perbandingan Normal (*normal ratio method*). Data tambahan yang digunakan berasal dari Pos Hujan Naibonat dan Pos Hujan Oelbioin. Hasil perhitungan untuk mencari nilai data hujan yang kosong dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Data Hujan Harian Maksimum Batinefukoko

No	Tahun	Hujan Harian Maksimum Batinefukoko (mm)
1	2002	139,00
2	2003	82,00
3	2004	80,00
4	2005	77,00
5	2006	116,00
6	2007	54,00
7	2008	124,00
8	2009	162,00
9	2010	86,00
10	2011	100,00
11	2012	198,00
12	2013	140,00
13	2014	91,00
14	2015	299,00
15	2016	109,00
16	2017	106,00
17	2018	82,00
18	2019	79,00
19	2020	97,00
20	2021	108,00
Σ		2329,00
\bar{X}		116,45

3.1.3. *Konsistensi data curah hujan*

Perhitungan untuk menguji konsistensi data hujan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Uji Konsistensi Data Hujan Pos Batinefukoko

No	Tahun	Hujan Harian Maksimum Batinefukoko (mm)	SK*	$(X_i - \bar{X})^2$	S	SK**
1	2002	139,00	22,55	508,50	53,01	0,43
2	2003	82,00	-34,45	1186,80	53,01	-0,65
3	2004	80,00	-36,45	1328,60	53,01	-0,69
4	2005	77,00	-39,45	1556,30	53,01	-0,74
5	2006	116,00	-0,45	0,20	53,01	-0,01
6	2007	54,00	-62,45	3900,00	53,01	-1,18
7	2008	124,00	7,55	57,00	53,01	0,14
8	2009	162,00	45,55	2074,80	53,01	0,86
9	2010	86,00	-30,45	927,20	53,01	-0,57
10	2011	100,00	-16,45	270,60	53,01	-0,31
11	2012	198,00	81,55	6650,40	53,01	1,54
12	2013	140,00	23,55	554,60	53,01	0,44
13	2014	91,00	-25,45	647,70	53,01	-0,48
14	2015	299,00	182,55	33324,50	53,01	3,44
15	2016	109,00	-7,45	55,50	53,01	-0,14
16	2017	106,00	-10,45	109,20	53,01	-0,20
17	2018	82,00	-34,45	1186,80	53,01	-0,65
18	2019	79,00	-37,45	1402,50	53,01	-0,71
19	2020	97,00	-19,45	378,30	53,01	-0,37
20	2021	108,00	-8,45	71,40	53,01	-0,16
Jumlah		2329,00		56190,95	Max	3,44
Rata-Rata		116,45		2809,55	Min	-1,18

Syarat kekonsistenan data hasil perhitungan:

Q/\sqrt{n} hitung < Q/\sqrt{n} syarat $\rightarrow 0,77 < 1,42$ (memenuhi syarat)

R/\sqrt{n} hitung < R/\sqrt{n} syarat $\rightarrow 1,03 < 1,60$ (memenuhi syarat)

3.1.4. *Distribusi curah hujan*

Rekapitulasi terhadap data hasil perhitungan curah hujan rencana dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana

No	Periode Ulang (tahun)	Hujan Rencana Distribusi Normal (mm)	Hujan Rencana Distribusi Log Normal (mm)	Hujan Rencana Distribusi Log Pearson Tipe III (mm)	Hujan Rencana Distribusi Gumbel Tipe I (mm)
1	2	116,45	107,80	101,52	108,62
2	5	160,97	148,46	144,14	165,14
3	10	184,30	175,55	179,58	202,57
4	25	207,00	206,67	233,87	249,86
5	50	225,11	235,40	282,01	284,94
6	100	239,95	261,89	337,50	319,76
7	500	269,10	322,94	465,36	400,23

3.1.5. *Persyaratan statistik*

Penentuan metode perhitungan curah hujan rencana yang memenuhi syarat uji statistik dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Syarat Uji Statistik

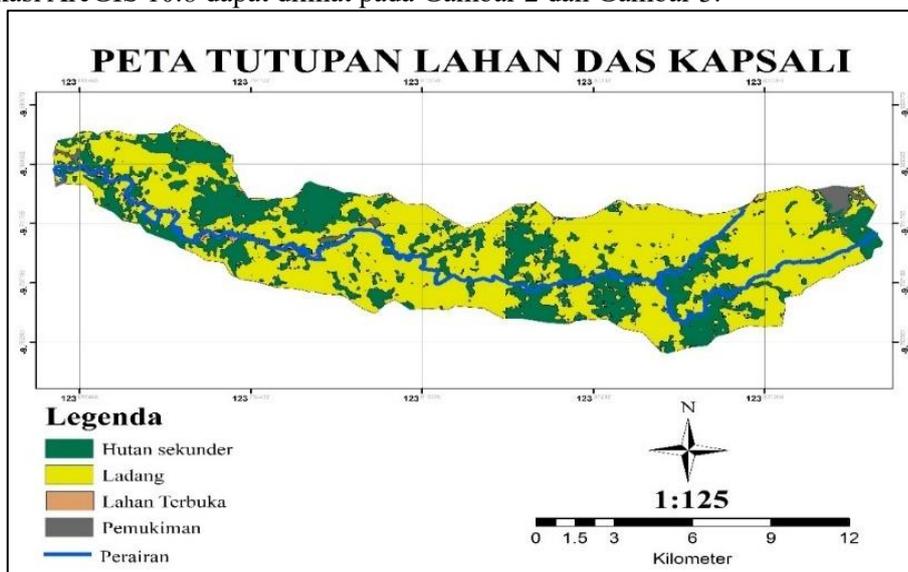
No	Jenis Sebaran	Syarat	Hasil Perhitungan	Keputusan
1	Metode Distribusi Normal	$Cs \approx 0$	$Cs = 2,43$	Tidak
		$Ck \approx 3$	$Ck = 10,33$	Memenuhi
2	Metode Distribusi Log Normal	$Cs=3; Cv \approx 3$	$Cs/Cv = 0,96/0,08$	Tidak Memenuhi
3	Metode Distribusi Log Pearson Tipe III	Bila tidak ada parameter statistik yang sesuai dengan ketentuan distribusi sebelumnya		Memenuhi
4	Metode Distribusi Gumbel Tipe I	$Cs \leq 1,1396$	$Cs = 2,43$	Tidak Memenuhi

3.1.6. *Kecocokan distribusi frekuensi*

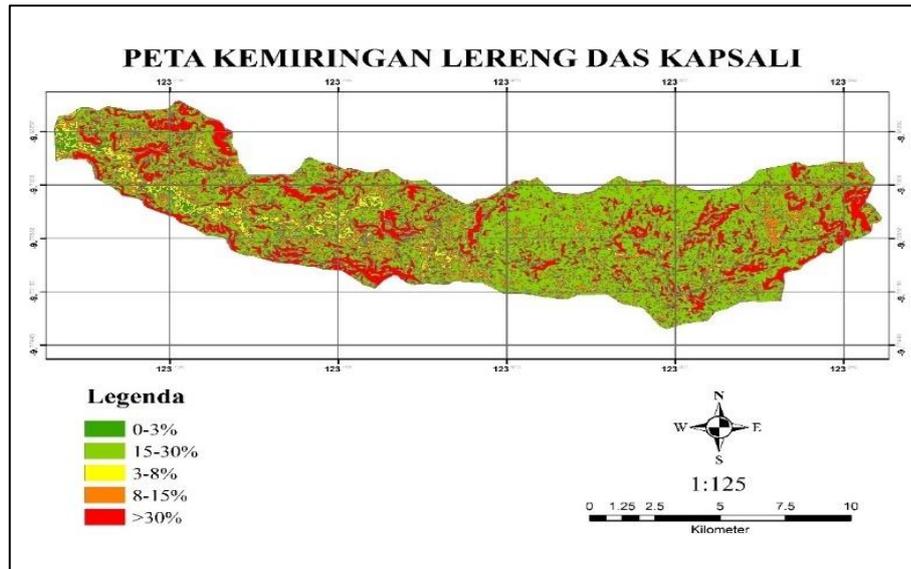
Curah hujan rencana hasil perhitungan menggunakan Metode Distribusi Log Pearson Tipe III memenuhi uji kecocokan distribusi dengan pengujian *Smirnov-Kolgomorov*.

3.1.7. *Koefisien limpasan*

Nilai koefisien limpasan (C) dicari berdasarkan kemiringan lereng dan tata guna lahan dengan bantuan Aplikasi ArcGIS 10.8 dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Peta Penggunaan Lahan DAS Kapsali



Gambar 3. Peta Kemiringan Lereng DAS Kapsali

Berdasarkan perhitungan pada setiap unit lahan dengan jenis tutupan lahan dan kemiringan yang berbeda, didapat nilai dari koefisien limpasan (C) sebesar 0,47.

3.1.8. Intensitas curah hujan

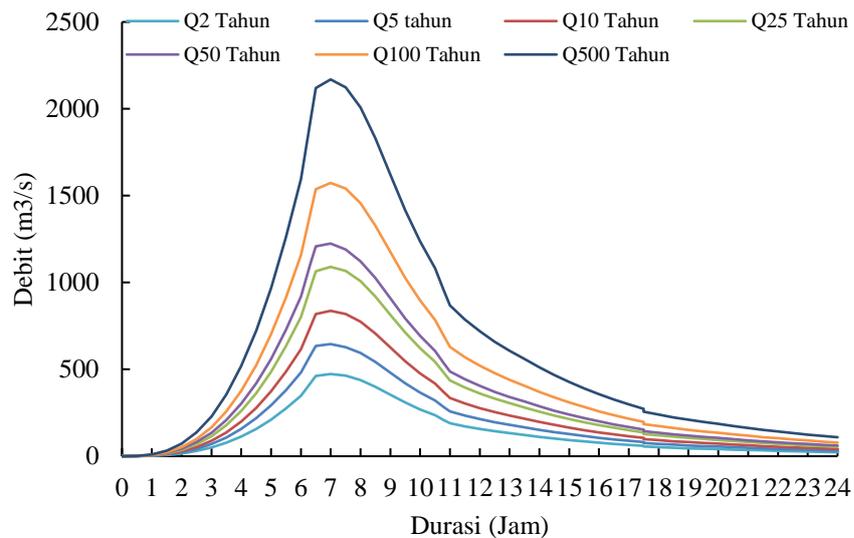
Pada penelitian ini, digunakan Metode Mononobe dengan durasi hujan maksimal yang terjadi di Indonesia yaitu 6 jam. Hasil perhitungan intensitas curah hujan dengan berbagai periode ulang yang ditentukan ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Intensitas Curah Hujan

Jam Ke	Intensitas Curah Hujan (mm/jam)						
	2	5	10	25	50	100	500
1	55,87	79,32	98,83	128,70	155,20	185,74	256,10
2	35,20	49,97	62,26	81,08	97,77	117,01	161,33
3	26,86	38,13	47,51	61,87	74,61	89,29	123,12
4	22,17	31,48	39,22	51,08	61,59	73,71	101,63
5	19,11	27,13	33,80	44,02	53,08	63,52	87,58
6	16,92	24,02	29,93	38,98	47,00	56,25	77,56

3.1.9. Debit banjir rencana

Hasil perhitungan debit banjir rencana dengan menggunakan Metode HSS Nakayasu untuk Q_2 sebesar 473,22 m³/s, Q_5 sebesar 645,87 m³/s, Q_{10} sebesar 837,08 m³/s, Q_{25} sebesar 1090,13 m³/s, Q_{50} sebesar 1224,40 m³/s, Q_{100} sebesar 1573,20 m³/s, dan Q_{500} sebesar 2169,18 m³/s. Waktu terjadinya debit banjir tertinggi yang didapatkan dalam perhitungan terjadi setelah 6 jam, 19 menit, dan 12 detik dari waktu awal mulainya hujan. Setelah mencapai debit puncak, nilai debit banjir kemudian menurun seiring berjalannya waktu. Grafik hasil perhitungan nilai debit banjir rencana menggunakan Metode HSS Nakayasu dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Rekapitulasi Debit Banjir Rencana pada DAS Kapsali

3.2. Pemodelan Aliran menggunakan Aplikasi HEC-RAS 6.4.1

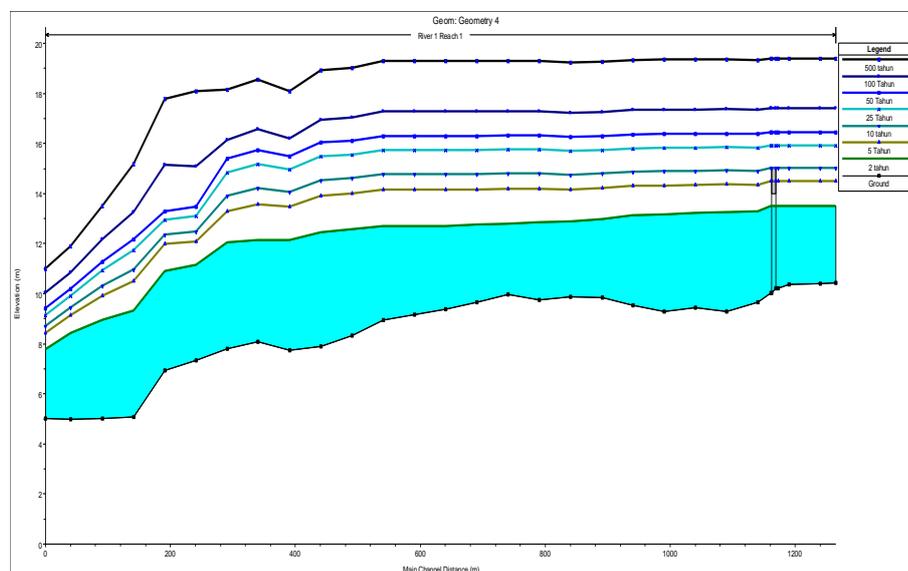
Selisih elevasi muka air dengan dasar sungai berdasarkan hasil pemodelan aliran menggunakan Aplikasi HEC-RAS 6.4.1 pada Sungai Kapsali dengan menggunakan debit banjir rencana pada periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, dan 500 tahun dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Tinggi Muka Air Hasil Pemodelan HEC-RAS 6.4.1

Lokasi	STA	Tinggi Muka Air Hasil Permodelan HEC-RAS						
		2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun	25 Tahun	50 Tahun	100 Tahun	500 Tahun
Hulu	1275	3,08	4,04	4,57	5,46	6,00	6,96	8,94
Alur Sungai	1250	3,11	4,07	4,60	5,49	6,03	6,99	8,97
	1200	3,13	4,10	4,63	5,52	6,06	7,02	9,00
Jembatan	1176 U	3,30	4,27	4,80	5,69	6,23	7,19	9,17
	1176 D	3,48	4,45	4,98	5,87	6,41	7,37	9,35
	1150	3,60	4,68	5,23	6,15	6,70	7,67	9,66
	1100	3,97	5,06	5,62	6,54	7,09	8,06	10,05
	1050	3,77	4,89	5,45	6,38	6,92	7,89	9,89
	1000	3,88	5,03	5,60	6,53	7,08	8,05	10,14
	950	3,57	4,74	5,32	6,25	6,80	7,77	9,79
	900	3,14	4,37	4,96	5,91	6,46	7,42	9,43
	850	2,99	4,27	4,86	5,82	6,38	7,34	9,34
Alur Sungai	800	3,08	4,43	5,08	6,04	6,59	7,58	9,59
	750	2,83	4,25	4,86	5,82	6,38	7,36	9,37
	700	3,15	4,54	5,15	6,11	6,67	7,65	9,67
	650	3,40	4,83	5,44	6,40	6,96	7,95	9,97
	600	3,57	5,01	5,63	6,56	7,16	8,14	10,16
	551	3,80	5,25	5,87	6,84	7,40	8,39	10,41
	500	4,22	5,66	6,27	7,22	7,78	8,70	10,68
	450	4,57	6,00	6,62	7,58	8,13	9,05	11,04
	400	4,39	5,74	6,31	7,21	7,74	8,46	10,36
	350	4,05	5,50	6,13	7,09	7,65	8,48	10,46

Lokasi	STA	Tinggi Muka Air Hasil Permodelan HEC-RAS						
		2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun	25 Tahun	50 Tahun	100 Tahun	500 Tahun
Alur Sungai	300	4,23	5,47	6,08	7,03	7,57	8,31	10,34
	250	3,82	4,75	5,14	5,77	6,14	7,75	10,74
	200	3,96	5,06	5,43	6,01	6,35	8,21	10,83
	150	4,23	5,41	5,89	6,66	7,08	8,16	10,09
	100	3,93	4,87	5,26	5,89	6,25	7,13	8,48
	50	3,44	4,15	4,45	4,92	5,19	5,85	6,89
Hilir	10	2,75	3,41	3,69	4,13	4,39	5,02	5,99

Hasil Pemodelan aliran Sungai Kapsali ditinjau dari penampang memanjang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Penampang Memanjang Sungai Kapsali Periode Ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100 dan 500 Tahun

Berdasarkan hasil pemodelan aliran Sungai Kapsali dengan menggunakan debit banjir pada berbagai periode ulang didapat beberapa stasiun yang tidak mengalami luapan pada simulasi dalam berbagai periode ulang seperti STA 800, 750, 700, 650, 600, 551, 400, 300, 200, 150, 100, 50, dan 10. Stasiun lainnya mengalami luapan pada berbagai periode ulang yang berbeda. Pada Q_2 dan Q_5 tidak ada stasiun yang mengalami luapan. Pada Q_{10} , stasiun yang mengalami luapan yaitu STA 1176 U dan 1176 D. Pada Q_{25} , stasiun yang mengalami luapan yaitu STA 1275, 1200, 1176 U, 1176 D, 1100, 950, dan 900. Pada Q_{50} , stasiun yang mengalami luapan yaitu STA 1275, 1200, 1176 U, 1176 D, 1100, 950, dan 900. Pada Q_{100} stasiun yang mengalami luapan yaitu STA 1275, 1200, 1176 U, 1176 D, 1100, 1050, 950, 900, dan 500. Pada Q_{500} , stasiun yang mengalami luapan yaitu STA 1275, 1250, 1200, 1176 U, 1176 D, 1150, 1100, 1050, 1000, 950, 900, 850, 500, 450, 350, dan 250.

Selisih elevasi maksimal antara dasar sungai dan muka air pada Q_2 sebesar 4,59 m; pada Q_5 sebesar 6,00 m; pada Q_{10} sebesar 6,62 m; pada Q_{25} sebesar 7,58 m; pada Q_{50} sebesar 8,13 m; pada Q_{100} sebesar 9,05 m; dan pada Q_{500} sebesar 11,04 m.

Berdasarkan hasil pemodelan aliran sungai menggunakan HEC-RAS 6.4.1 dalam menampang debit banjir rencana pada periode ulang tertentu, dapat disimpulkan bahwa semakin besar periode ulang yang digunakan, semakin tinggi muka air yang dihasilkan dari pemodelan sehingga menyebabkan semakin banyak titik yang mengalami luapan.

3. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis hidrologi dan analisis hasil simulasi pada Sungai Kapsali menggunakan Aplikasi HEC-RAS 6.4.1, dapat disimpulkan bahwa debit banjir tertinggi terjadi setelah 6 jam, 19 menit, dan 12 detik dari waktu awal mulainya hujan. Sungai Kapsali juga kurang bisa menampung dan menyerap air sungai yang mengalir yang dapat dibuktikan dengan jumlah titik yang tetap aman kurang dari jumlah stasiun yang meluap dimana hanya terdapat 13 titik yang tetap aman dari 29 titik yang ditinjau. Semakin besar periode ulang yang digunakan, semakin tinggi profil muka air yang dihasilkan dari pemodelan sehingga menyebabkan semakin banyak titik yang mengalami luapan dengan nilai.

Daftar Pustaka

- Manuleus, Y. 2023. “*Jembatan Kapsali di Kabupaten Kupang Jebol, Begini Dampaknya Bagi Warga*” <https://www.victorynews.id/kupang/pr-3317377161/topik-khusus.html> (diakses 1 Maret 2023).
- Amalo, P. 2022. “*Jembatan Kapsali di Kupang Ambles akibat Banjir, Transportasi Lumpuh*” https://mediaindonesia.com/nusantara/546901/jembatan-kapsali-di-kupang-ambles-akibat-banjir-transportasi-lumpuh#google_vignette (diakses 1 Februari 2023).
- Abdunafi, G. 2016. “*Analisis Curah Hujan Dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Terhadap Terjadinya Migrasi Debris Flow Kali Putih Gunung Merapi.*” Jurusan Teknik Sipil, Universitas Negeri Semarang.
- Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia. 2017. *Modul Perhitungan Hidrologi (Pelatihan Perencanaan Bendungan Tingkat Dasar)*. Bandung.
- Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia. 2018. *Analisis Hidrologi dan Sedimen (Modul Pelatihan Perencanaan Bangunan Sabo Tahun 2018)*. Bandung.
- Chow, V.T. 1959. *Open-Channel Hydraulics*. New Jersey: *Blackburn Press*.
- Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Provinsi Banten. 2018. *Banjir (Pengertian Penyebab, Dampak dan Usaha Penanggulangannya)*. Banten.
- Hasyimzoem, E.F., Zakaria A., Sumiharni. 2019. *Perbandingan Analisis Data Curah Hujan yang Hilang Menggunakan Metode Reciprocal, Normal Ratio, dan Rata-rata Aljabar*. Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain, Edisi Maret 2019, Vol. 7, No. 1.
- Ishak, M., dan Herman, R. 2020. *Rekayasa Sungai*. Palu: *Untad Press*.
- Istiarto. 2014. *Modul Pelatihan Simulasi Aliran 1-Dimensi dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2022. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 10 Tahun 2022 tentang Penyusunan Rencana Umum Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai dan Rencana Tahunan Rehabilitasi Hutan dan Lahan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pengelolaan DAS dan Rehabilitasi Hutan Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai.
- Badan Standarisasi Nasional. 1989. SNI 03:1724:1989. *Pedoman Perencanaan Hidrologi dan Hidraulik Untuk Bangunan Sungai*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Prawaka, F., Zakaria, A. dan Tugiona, S. 2016. “*Analisis Data Curah Hujan yang Hilang Dengan Menggunakan Metode Normal Ratio, Inversed Square Distance, dan Rata-Rata Aljabar (Studi Kasus Curah Hujan Beberapa Stasiun Hujan Daerah Bandar Lampung)*.” Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain Edisi September 2016, Vol. 4, No. 3.
- Republik Indonesia. 2011. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2011 tentang Sungai*. Jakarta.
- Suripin dan Sangkawati, I. 2008. *Bahan Ajar Hidraulika*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Triatmodjo, B. 1993. *Hidraulika*, Yogyakarta: *Beta Offset*.