

**Review Hidrolika Bendung Dan Groundsill
Sungai Cipamingkis Kabupaten Bogor Menggunakan HEC-RAS
*Review of Weir and Groundsill Hydraulics
Cipamingkis River, Bogor Regency Using HEC-RAS***

Atik Larasati¹⁾, Ilanka Cahya Dewi²⁾, Totok Dwi Kuryanto³⁾

Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : Atiklaras99@gmail.com¹

Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : Ilankacahya@unmuhjember.ac.id²

Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : totok@unmuhjember.ac.id³

Abstrak

Bendung Cipamingkis merupakan bendung yang terletak di Sungai Cipamingkis. Sungai ini memiliki panjang kurang lebih 59.31 Km. Adanya bangunan air menyebabkan perubahan karakteristik aliran sungai sehingga mengakibatkan terjadinya degradasi dasar sungai yang ditandai dengan hilangnya lapisan dasar sungai yang berupa butiran kasar. Oleh karena itu perlu adanya pembangunan Groundsill pada sungai Cipamingkis sehingga dapat mengatasi permasalahan degradasi morfologi sungai di bagian hilirnya. Adapun analisis yang akan dilakukan meliputi analisa hidrologi menggunakan software HEC-HMS dan analisa muka air menggunakan software HEC-RAS. Berdasarkan hasil analisa perhitungan debit banjir di jadikan persentase dari 100% diperoleh debit banjir (Q) dengan metode HSS Nakayasu kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun berturut-turut adalah 19,7%, 15,8%, 14,6%, 13,8%, dan 13,4. Pemodelan HEC-HMS kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun dan 50 tahun berturut-turut adalah 16%, 13,1%, 12%, 104%, dan 9%. Penampang hidrolika aliran dengan bantuan HEC-RAS diperoleh luapan banjir pada beberapa titik yaitu pada Sta. 18, 17, 16, 15, dan 14. Luapan banjir terparah terjadi pada Sta.18 yang mengalami limpasan dikedua sisi tebingnya dengan tebing kiri setinggi 2,62 m dan tebing kanan 3,62 m.

Kata Kunci : Debit Banjir, Groundsill, Bendung, Analisa Hidrolika, HEC-RAS

Abstract

Cipamingkis Dam is a weir located on the Cipamingkis River. This river has a length of approximately 59.31 km. The existence of water structures causes changes in river flow characteristics, resulting in degradation of the river bed, which is characterized by the loss of the river bed layer in the form of coarse grains. Therefore, it is necessary to construct a Groundsill on the Cipamingkis river so that it can overcome the problem of river morphology degradation in the downstream part. The analysis that will be carried out includes hydrological analysis using HEC-HMS software and water level analysis using HEC-RAS software. Based on the results of the analysis, the flood discharge calculation is made into a percentage of 100%, the flood discharge (Q) obtained using the Nakayasu HSS method for return periods of 2 years, 5 years, 10 years, 25 years, 50 years respectively is 19.7%, 15.8 %, 14.6%, 13.8%, and 13.4. HEC-HMS modeling return periods of 2 years, 5 years, 10 years, 25 years and 50 years are 16%, 13.1%, 12%, 104% and 9% respectively. The flow hydraulic cross section with the help of HEC-RAS was obtained by flood overflow at several points, namely at Sta. 18, 17, 16, 15, and 14. The worst flooding occurred at Sta. 18 which experienced runoff on both sides of the cliff with the left bank as high as 2.62 m and the right bank as high as 3.62 m.

Keywords: Flood Discharge, Groundsill, Weir, Hydraulic Analysis, HEC-RAS.

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sungai Cipamingkis terletak di Kabupaten Bogor dan Bekasi. Sungai ini memiliki panjang kurang lebih 59.31 Km dengan luas DAS \pm 322,8 Km². Sungai ini mengalir dari arah selata (Desa Warga Jaya, Kecamatan Jonggol, Kabupaten Bogor) menuju utara dan bermuara di Sungai Cibeet (Desa Pasirranji, Kecamatan Cibarusah, Kabupaten Bekasi).

Sungai ini mempunyai banyak anak sungai sehingga panjang sungai keseluruhan (Sungai Cipamingkis dan anak-anak sungainya) \pm 541,88 km, dengan kerapatan sungai 1,88. Sungai ini banyak dimanfaatkan oleh penduduk untuk irigasi dan penambangan galian batu dan pasir.

Masyarakat setempat yang memanfaatkan material dasar sungai membawa dampak pada penurunan dasar sungai. Dan hal ini mengakibatkan terjadinya degradasi dasar sungai yang ditandai dengan hilangnya lapisan dasar sungai yang berupa butiran kasar, sedangkan lapisan bawah yang berupa lempung lunak sudah mulai tampak.

Maka dari itu Pembangunan Groundsill pada sungai Cipamingkis dapat mengatasi permasalahan degradasi morfologi sungai di bagian hilirnya. Sehingga, Tugas Akhir ini disusun untuk Mereview Hidrologi dan Hidrolika Bendung dan Groundsill di sungai Cipamingkis Kabupaten Bogor.

B. Rumusan Masalah

Maka rumusan masalah yang akan dibahas antara lain :

1. Bagaimana menghitung jumlah debit banjir di Sungai Cipamingkis menggunakan HSS Nakayasu dan HEC-HMS?
2. Bagaimana menganalisa profil muka air di Bendung Groundsill Sungai Cipamingkis dengan menggunakan HEC-RAS?

C. Tujuan

Dengan memperhatikan latar belakang dan permasalahan yang terjadi maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menghitung besaran debit andalan 80% disetiap DAS dengan menggunakan metode FJ. Mock dan HEC-HMS

2. Menghitung jumlah kebutuhan air disetiap Daerah Aliran Sungai (DAS) untuk saat ini dan tahun 2050
3. Menganalisa keseimbangan air dan tingkat kekritisian air disetiap Daerah Aliran Sungai

D. Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menghitung jumlah debit banjir di sungai Cipamingkis menggunakan HSS Nakayasu dan HEC-HMS.
2. Menganalisa profil muka air di Bendung Groundsill Sungai Cipamingkis dengan menggunakan HEC-RAS.

E. Batasan Masalah

Peneliti membatasi masalah yang akan di bahas dalam penelitian ini diantaranya sebagai berikut :

1. Tidak menganalisa RAB (Rencana Anggaran Biaya).
2. Tidak meneliti geologi tanah secara terperinci dan efek jenis lapisan tanah dibawah groundsill.
3. Data yang digunakan menggunakan data sekunder.
4. Menggunakan data curah hujan 15 tahun dari tahun 2007 sampai dengan 2021.
5. Menggunakan program bantu HEC-HMS dan HEC-RAS.
6. Tidak mendesign atau merencanakan ulang bendung dan groundsill

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Hidrologi

Analisa hidrologi merupakan langkah yang paling penting untuk menghitung potensi air yang ada pada daerah tertentu untuk dapat dimanfaatkan dan dikembangkan serta mengendalikan potensi air untuk kepentingan masyarakat disekitar daerah tertentu. Perhitungan hidrologi mencakup perhitungan curah hujan, curah hujan wilayah dan debit.

B. Curah Hujan

Curah hujan rencana adalah curah hujan terbesar yang mungkin terjadi disuatu daerah pada periode ulang tertentu. ntuk mencari hujan

rerata aljabar dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$R = \frac{1}{n}(R_1 + R_2 + \dots + R_n)$$

Dengan :

- R = Curah hujan maksimum rata – rata
 n = Jumlah stasiun pengamatan
 R1 = Curah hujan pada stasiun pengamatan 1
 R2 = Curah hujan pada stasiun pengamatan 2
 Rn = Curah hujan pada stasiun pengamatan n

C. Analisa Frekuensi Curah Hujan

Metoda yang digunakan adalah Distribusi Log Pearson Tipe – III.

Langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

- Mengubah data curah hujan sebanyak n buah $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ menjadi $\log(X_1), \log(X_2), \log(X_3), \dots, \log(X_n)$.
- Menghitung harga rata-ratanya dengan rumus :

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

Dengan :

- $\log \bar{X}$ = Harga rata-rata logaritmik
 X_i = Nilai curah hujan tiap-tiap
 n = Jumlah data

- Menghitung logaritma hujan rencana dengan period ulang T tahun dengan rumus

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

Dengan :

S = Standar deviasi

- Menghitung koefisien *skewness* (C_s) dengan rumus :

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

Dengan :

C_s = Koefisien *Skewness*

- Menghitung logaritma hujan rencana dengan periode ulang T tahun dengan rumus:

$$\log Y = \log \bar{X} + k.S$$

$$X_t = 10^{(\log Y)}$$

Dengan :

X_t = Curah hujan rencana periode ulang T tahun

k = Harga diperoleh berdasarkan nilai C_s

S = Standar deviasi

D. Uji Keselarasan Distribusi Frekuensi Curah Hujan

- Uji Chi-kuadrat (Chi-Square Test)

Uji Chi-kuadrat digunakan untuk menguji apakah distribusi pengamatan dapat disamai dengan baik oleh distribusi teoritis.

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(E_i - O_i)^2}{E_i}$$

Dengan :

k = $1 + 3,22 \log n$

O_i = Nilai yang diamati

E_i = Nilai yang diharapkan

Agar distribusi frekuensi yang dipilih dapat diterima, maka harga X^2 hitung $< X^2_{cr}$. Harga X^2_{cr} .

$$DK = JK - (\alpha + 1) \quad (2.16)$$

Dengan :

DK = Derajat kebebasan

JK = Jumlah kelas

α = Faktor keterikatan (untuk gumbel $\alpha=1$)

- Uji Sirminov-Kolmogrof

pada proyek ini digunakan nilai kritis (significant level) $\alpha = 5 \%$. Nilai kritis Δ untuk pengujian ini tergantung pada jumlah data dan α .

E. Debit Banjir Rencana

$$Q_p = \frac{C \times A \times R_0}{3,6 \times (0,3T_p + T_{0,3})}$$

Dengan :

Q_p = debit puncak banjir (m^3/det)

R_0 = hujan satuan (mm)

T_p = tenggang waktu (*time lag*) dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

$T_p = t_g + 0,8 t_r$

T_g = waktu konsentrasi (jam), tenggang waktu dari titik berat hujan

sampai titik berat hidrograf (*time lag*), dalam hal ini, jika :

$L < 15 \text{ km } t_g = 0,21 \times L^{0,7}$

$L > 15 \text{ km } t_g = 0,4 + 0,058 \times L$

T_r = tenggang waktu hidrograf (*time base of hidrograf*)

= 0,5 sampai 1 tg

$T_{0,3} = \alpha \times t_g$

$$A = \frac{0,47 \times (A \cdot L)^{0,25}}{t_g}$$

Keterangan :

- Daerah pengaliran bisa $\alpha = 2$
- Bagian naik hidrograf yang lambat dan bagian menurun yang cepat
 $\alpha = 1,5$
- Bagian naik hidrograf yang cepat dan bagian menurun yang lambat
 $\alpha = 3$

Bagian lengkung naik (rising limb) hidrograf satuan memiliki rumus :

$$Q_a = Q_p \times \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,4}$$

Dengan :

Q_a = limpasan sebelum mencapai debit puncak (m^3/det)

T = waktu (jam)

Bagian lengkung turun (*decreasing limb*) hidrograf satuan

$$Q_{d1} = Q_p \times 0,3^{\frac{t-T_p}{T_{0,3}}}$$

$$Q_{d2} = Q_p \times 0,3^{\frac{t-T_p+0,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}}}$$

$$Q_{d3} = Q_p \times 0,3^{\frac{t-T_p+1,5T_{0,3}}{2T_{0,3}}}$$

F. Hidrograf

Hidrograf adalah kurva yang memberi hubungan antara parameter aliran, dan waktu, parameter tersebut bisa berupa kedalaman aliran (elevasi) atau debit aliran. Hidrograf menunjukkan tanggapan yang menyeluruh dari Daerah Aliran Sungai (DAS) terhadap masukan data hujan.

G. HEC-HMS

HEC-HMS singkatan dari Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modelling System adalah software yang dikembangkan oleh U.S Army Corps of Engineering. Software ini digunakan untuk analisa hidrologi dengan mensimulasikan proses curah hujan dan limpasan langsung (run off) dari sebuah wilayah sungai.

H. HEC-RAS

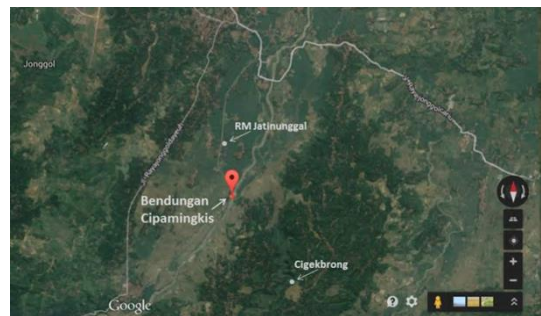
HEC-RAS adalah singkatan dari Hydraulic Engineering Center- River Analysis System. Program ini dibuat oleh Hydrologic Engineering Center (HEC) yang merupakan satu divisi dalam Institute for Water Resources, dibawah US (USAGE). HEC-RAS merupakan

model satu dimensi aliran permanen maupun tak permanen (steady and unsteady one dimensional flow model).

3. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada Bendung Cipamingkis yang terletak di Desa Jatununggal, Kecamatan Jonggol, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat. Sungai ini memiliki panjang kurang lebih 59.31 Km dengan luas DAS $\pm 322,8$ Km². Sungai ini mengalir dari arah selata (Desa Warga Jaya, Kecamatan Jonggol, Kabupaten Bogor) menuju utara dan bermuara di Sungai Cibeet (Desa Pasirranji, Kecamatan Cibarusah, Kabupaten Bekasi). Sungai ini mempunyai banyak anak sungai sehingga panjang sungai keseluruhan (Sungai Cipamingkis dan anak-anak sungainya) $\pm 541,88$ km, dengan kerapatan sungai 1,88.



Gambar 1 Lokasi Penelitian
 (Sumber :Google Earth, 2023)

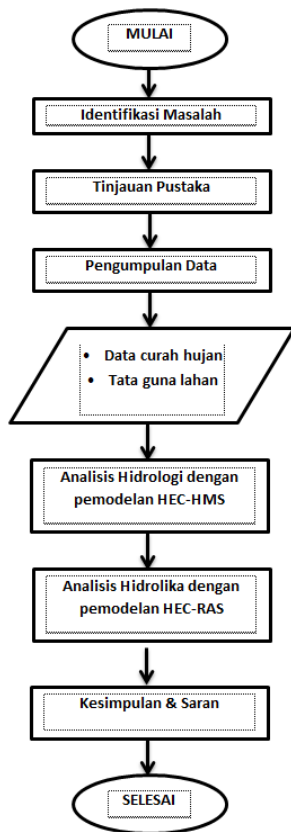
Pelaksanaan studi kajian neraca air di wilayah sungai Batu-licin dengan FJ.MOCK yang di validasi HEC-HMS dilakukan dalam beberapa tahap yaitu:

- Tahap pendahuluan** yaitu dengan mencari studi literatur yang terkait dengan penelitian ini, tahap pengumpulan data.
- Pengumpulan data** yang digunakan pada penelitian ini yaitu data sekunder. Data sekunder. Data yang diperoleh meliputi Peta administrasi, Peta DAS, Peta tataguna lahan, Data penduduk , Data curah hujan, Data klimatologi, Peta jenis tanah
- Pengolahan data**, dalam melakukan perhitungan pada studi ini diperlukan langkah-

langkah dalam pengolahan data. Pengolahan data meliputi beberapa tahapan yaitu:

- Peta Administrasi
- Peta Topografi
- Peta tata guna lahan
- Data curah hujan
- Dan data lainnya

B. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian.
 (Sumber : Penulis, 2023)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Hidrologi

Dalam analisis dan pembahasan di Wilayah Sungai Cipamingkis ini terdapat 2 stasiun hujan terdekat, yaitu stasiun hujan cipamingkis dan Cibarusah. Dari data – data curah hujan harian ini, digunakan data harian yang paling tinggi setiap tahunnya. Tujuannya supaya analisa penanganan banjir ini dapat menyerupai kondisi di lapangan sebenarnya. Data curah hujan harian maksimum pertahun dilampirkan pada tabel.

Tabel 2 Rekapitulasi Data Curah Hujan Harian Maksimum

No	Tahun	STASIUN CURAH HUJAN (mm)	
		STASIUN HUJAN BENDUNG CIPAMINGKIS	STASIUN HUJAN CIBARUSAH
		R1	R2
1	2007	37	0
2	2008	82	0
3	2009	99	0
4	2010	119	0
5	2011	81	0
6	2012	82	0
7	2013	137	62
8	2014	100	97
9	2015	110	71
10	2016	120	135
11	2017	90	114
12	2018	160	90
13	2019	93	95
14	2020	150	200
15	2021	107	173
Rerata		104	69

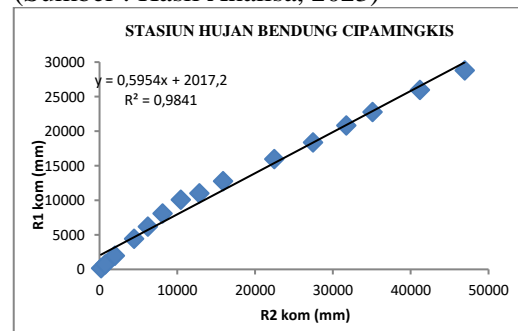
Sumber : Hasil Perhitungan

B. Uji Konsistensi Data

Tabel 3 Stasiun Hujan Bendung Cipamingkis

Tahun	STASIUN HUJAN BENDUNG CIPAMINGKIS		STASIUN SEKITARNYA	
	R1 (mm)	R1 _{Kom} (mm)	R2 (mm)	R2 _{Kom} (mm)
2007	181,00	181,00	181,00	181,00
2008	555,00	736,00	555,00	736,00
2009	1231,00	1967,00	1231,00	1967,00
2010	2470,00	4437,00	2470,00	4437,00
2011	1785,00	6222,00	1785,00	6222,00
2012	1863,00	8085,00	1863,00	8085,00
2013	2029,71	10114,71	2375,71	10460,71
2014	891,50	11006,21	2374,50	12835,21
2015	1797,50	12803,71	3029,50	15864,71
2016	3166,00	15969,71	6599,00	22463,71
2017	2438,00	18407,71	4982,50	27446,21
2018	2440,00	20847,71	4259,00	31705,21
2019	1934,00	22781,71	3368,00	35073,21
2020	3218,10	25999,81	6114,10	41187,31
2021	2831,50	28831,31	5737,00	46924,31

(Sumber : Hasil Analisa, 2023)



Gambar 3 Lengkung Massa Ganda Sta. Bendung Cipamingkis

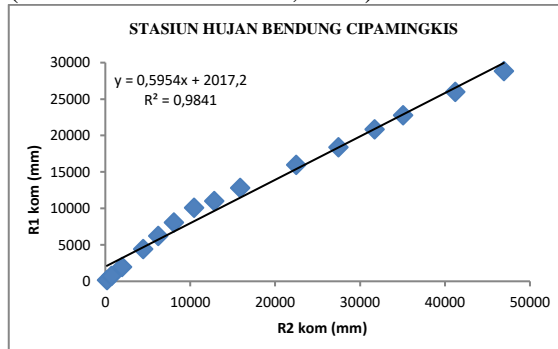
(Sumber : Hasil Analisa, 2023)

Tabel 4 Stasiun Hujan Bendung Cibarusah

No	Tahun	Stasiun Hujan Cibarusah		Stasiun Sekitarnya	
		R1 (mm)	R1 _{Kom} (mm)	R2 (mm)	R2 _{Kom} (mm)
1	2007	0,00	0,00	181,00	181,00

2	2008	0,00	0,00	555,00	736,00
3	2009	0,00	0,00	1231,00	1967,00
4	2010	0,00	0,00	2470,00	4437,00
5	2011	0,00	0,00	1785,00	6222,00
6	2012	0,00	0,00	1863,00	8085,00
7	2013	346,00	346,00	2375,71	10460,71
8	2014	1483,00	1829,00	2374,50	12835,21
9	2015	1232,00	3061,00	3029,50	15864,71
10	2016	3433,00	6494,00	6599,00	22463,71
11	2017	2544,50	9038,50	4982,50	27446,21
12	2018	1819,00	10857,50	4259,00	31705,21
13	2019	1434,00	12291,50	3368,00	35073,21
14	2020	2896,00	15187,50	6114,10	41187,31
15	2021	2905,50	18093,00	5737,00	46924,31

(Sumber : Hasil Analisa, 2023)

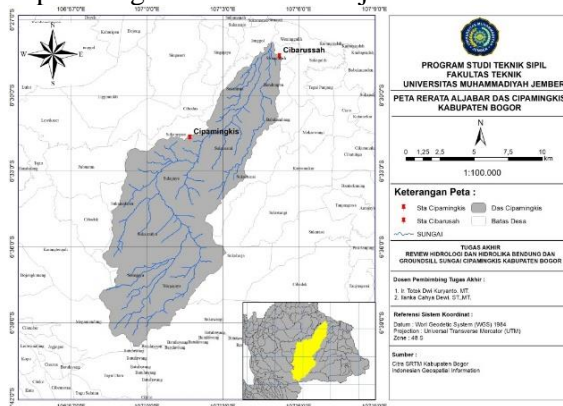


Gambar 4 Lengkung Massa Ganda Sta. Cibarusah

(Sumber : Hasil Analisa, 2023)

C. Analisa Curah Hujan

Dalam suatu kawasan biasanya terdapat dua atau lebih stasiun pengukuran hujan untuk mencatat data – data hujan, menghitung curah hujan maksimum rerata pertahun dari 2 stasiun, dapat menggunakan metode Aljabar.



Gambar 4.3 Metode Aljabar

(Sumber : ArcGis, 2022)

D. Analisa Frekuensi

Berikut merupakan langkah perhitungan dalam menentukan analisa distribusi frekuensi :

a) Harga Rata – Rata (*Mean*)

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i$$

$$\bar{x} = \frac{1}{15} \times 1.552$$

$$= 103,467 \text{ mm}$$

b) Standart Deviasi

$$S = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (R_i - R)^2 \right]^{1/2}$$

$$S = \left[\frac{1}{15-1} \times 13898.73 \right]^{1/2}$$

$$= 31,508$$

c) Koefisien Kemencengan (*Skewness*)

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (R_i - R)^3}{(n-1)(n-2)S^3}$$

$$= \frac{15 \times 114344,25}{(15-1)(15-2)31,508^3}$$

$$= 0,30$$

d) Koefisien Kurtosis

$$C_k = \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \times \frac{\sum_{i=1}^n (R_i - R)^4}{S^4} - \frac{3(n-1)^2}{(n-1)(n-3)}$$

$$= \frac{15(15+1)}{(15-1)(15-2)(15-3)} \times \frac{48806250,93}{31,508^4} - \frac{3(15-1)^2}{(15-1)(15-3)}$$

$$= 1,673$$

$$= 1,673$$

Dari analisa distribusi frekuensi diperoleh hasil koefisien kemencengan (C_s) sebesar 0,30 dan hasil koefisien kurtosis (C_k) sebesar 1,673.

Table 5 Perhitungan Analisa Distribusi Frekuensi

Tahun	R	P	(R - R)	(R - R) ²	(R - R) ³	(R - R) ⁴
2007	37,0	6,3	-66,5	4417,8	-293637,6	1951711
2008	82,0	12,5	-21,5	460,8	-9892,2	212353,0
2009	99,0	18,8	-4,5	20,0	-89,1	398,0
2010	119,0	25,0	15,5	241,3	3748,0	58218,2
2011	81,0	31,3	-22,5	504,8	-11340,1	254773,7
2012	82,0	37,5	-21,5	460,8	-9892,2	212353,0
2013	99,5	43,8	-4,0	15,7	-62,4	247,6
2014	98,5	50,0	-5,0	24,7	-122,5	608,5
2015	90,5	56,3	-13,0	168,1	-2180,1	28269,2
2016	127,5	62,5	24,0	577,6	13881,7	333623,0
2017	102,0	68,8	-1,5	2,2	-3,2	4,6
2018	125,0	75,0	21,5	463,7	9984,7	215003,3
2019	94,0	81,3	-9,5	89,6	-848,4	8031,3
2020	175,0	87,5	71,5	5117,0	366037,3	2618387
2021	140,0	93,8	36,5	1334,7	48760,5	1781382,6
STD.DEV =	31,508					
Cs =	0,30					
Ck =	1,673					
Cv =	0,305					

(Sumber : Hasil Analisa,2023)

Sesuai dengan perhitungan diatas maka syarat yang memenuhi dari hasil perhitungan adalah jenis sebaran Log Pearson Type III. Berikut adalah cara menentukan hujan rancangan memakai metode distribusi Log Pearson Type III.

Table 6 Perhitungan CH Rancangan Metode Log Pearson Type III

No	Tahun	X_i	$\log X_i$	$\log X_i - \log X$	$(\log X_i - \log X)^3$
----	-------	-------	------------	---------------------	-------------------------

					Log X	
					y ²	
1	2007	37,00	1,568	-0,425	0,181	-0,077
2	2008	82,00	1,914	-0,079	0,006	0,000
3	2009	99,00	1,996	0,003	0,000	0,000
4	2010	119,00	2,076	0,082	0,007	0,001
5	2011	81,00	1,908	-0,085	0,007	-0,001
6	2012	82,00	1,914	-0,079	0,006	0,000
7	2013	99,50	1,998	0,005	0,000	0,000
8	2014	98,50	1,993	0,000	0,000	0,000
9	2015	90,50	1,957	-0,036	0,001	0,000
10	2016	127,50	2,106	0,112	0,013	0,001
11	2017	102,00	2,009	0,015	0,000	0,000
12	2018	125,00	2,097	0,104	0,011	0,001
13	2019	94,00	1,973	-0,020	0,000	0,000
14	2020	175,00	2,243	0,250	0,062	0,016
15	2021	140,00	2,146	0,153	0,023	0,004
n =	15	Jumlah	29,897	0,000	0,318	-0,056
		Log X	1,993			
		S Log X	0,151			

Sumber : Hasil Analisa, 2023

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 6 maka nilai S dan Cs pada logaritma dapat dihitung dengan cara :

1. Mencari nilai standart deviasi (S)

$$S = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\log Ri - \log R)^2 \right]^{1/2}$$

$$= \left[\frac{1}{15-1} \times 0,318 \right]^{1/2}$$

$$= 0,151$$

2. Mencari nilai koefisien skewness (Cs)

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log Ri - \log R)^3}{(n-1)(n-2)S^3}$$

$$= \frac{15 \times 0,151}{(15-1)(15-2)0,151^3}$$

$$= -1,3$$

Table 7 Probabilitas Hujan Dengan Distribusi Log Pearson Type III

No	Periode Ulang	Log Xrt	Kt	S Log X	Log Xt	XT
1	2	1,993	0,210	0,151	2,025	105,872
2	5	1,993	0,838	0,151	2,119	131,669
3	10	1,993	1,064	0,151	2,154	142,418
4	25	1,993	1,240	0,151	2,180	151,393
5	50	1,993	1,324	0,151	2,193	155,874
6	100	1,993	1,383	0,151	2,202	159,100

(Sumber : Hasil Analisa, 2023)

Hasil Perhitungan Hujan Rancangan Log Pearson Type III

- Untuk distribusi frekuensi periode 2 tahun
 $\text{Log } X_{rt \ 2 \ \text{tahun}} = \text{Log } X_{rerata} + (K_t \times S)$
 $\text{Log } X_{rt \ 2 \ \text{tahun}} = 1,993 + (0,210 \times 0,151)$
 $\text{Log } X_{rt \ 2 \ \text{tahun}} = 2,025$
 $X_{rt \ 2 \ \text{tahun}} = 105,872 \text{ mm}$
- Untuk distribusi frekuensi periode 5 tahun
 $\text{Log } X_{rt \ 5 \ \text{tahun}} = \text{Log } X_{rerata} + (K_t \times S)$
 $\text{Log } X_{rt \ 5 \ \text{tahun}} = 1,993 + (0,838 \times 0,151)$

$$\text{Log } X_{rt \ 5 \ \text{tahun}} = 2,119$$

$$X_{rt \ 5 \ \text{tahun}} = 131,669 \text{ mm}$$

- Untuk distribusi frekuensi periode 10 tahun
 $\text{Log } X_{rt \ 10 \ \text{tahun}} = \text{Log } X_{rerata} + (K_t \times S)$
 $\text{Log } X_{rt \ 10 \ \text{tahun}} = 1,993 + (1,064 \times 0,151)$
 $\text{Log } X_{rt \ 10 \ \text{tahun}} = 2,154$
 $X_{rt \ 10 \ \text{tahun}} = 142,418 \text{ mm}$
- Untuk distribusi frekuensi periode 25 tahun
 $\text{Log } X_{rt \ 25 \ \text{tahun}} = \text{Log } X_{rerata} + (K_t \times S)$
 $\text{Log } X_{rt \ 25 \ \text{tahun}} = 1,993 + (1,240 \times 0,151)$
 $\text{Log } X_{rt \ 25 \ \text{tahun}} = 2,180$
 $X_{rt \ 25 \ \text{tahun}} = 151,393 \text{ mm}$
- Untuk distribusi frekuensi periode 50 tahun
 $\text{Log } X_{rt \ 50 \ \text{tahun}} = \text{Log } X_{rerata} + (K_t \times S)$
 $\text{Log } X_{rt \ 50 \ \text{tahun}} = 1,993 + (1,324 \times 0,151)$
 $\text{Log } X_{rt \ 50 \ \text{tahun}} = 2,193$
 $X_{rt \ 50 \ \text{tahun}} = 155,874 \text{ mm}$
- Untuk distribusi frekuensi periode 100 tahun
 $\text{Log } X_{rt \ 100 \ \text{tahun}} = \text{Log } X_{rerata} + (K_t \times S)$
 $\text{Log } X_{rt \ 100 \ \text{tahun}} = 1,993 + (1,383 \times 0,151)$
 $\text{Log } X_{rt \ 100 \ \text{tahun}} = 2,202$
 $X_{rt \ 100 \ \text{tahun}} = 159,100 \text{ mm}$

Dengan menghitung hujan rancangan memakai metode distribusi Log Pearson Type III di dapatkan hasil hujan rencana periode ulang 50 tahun sebesar 155,874 mm. Setelah menghitung curah hujan rancangan, langkah berikutnya ialah menentukan Uji Kesesuaian Distribusi yang berfungsi untuk perbandingan data observasi dengan data yang diandaikan untuk menguji hipotesis.

E. Uji Kesesuaian Distribusi

1. Uji Chi-Square

Langkah-langkah untuk melakukan perhitungan Uji Chi-Square sebagai berikut :

Menghitung Jumlah Kelas

Jumlah data = 15

$$K = 1 + (3,22 \times \text{Log } n)$$

$$= 1 + (3,22 \times \text{Log } 15)$$

$$= 4,91$$

Menghitung Derajat Kebebasan (Dk) dan X^2_{cr} Parameter (P) = 1 (nilai P jika menggunakan distribusi Log Pearson type III dan Gumbel adalah P=1 sedangkan untuk distribusi Normal dan Log Normal adalah P=2)

$$Dk = K - (p + 1)$$

$$= 4,91 - (1 + 1)$$

$$= 2,91 = 3 \text{ (dibulatkan)}$$

Nilai X^2_{cr} dengan jumlah data ($n = 15$, $a = 5\%$ dan $Dk = 3$ adalah 4,91)

- Presentase 20%
 $P_x = 0,2$ diperoleh $T = 1/P_x = 5$ tahun
- Presentase 40%
 $P_x = 0,4$ diperoleh $T = 1/P_x = 2,5$ tahun
- Presentase 60%
 $P_x = 0,6$ diperoleh $T = 1/P_x = 1,67$ tahun
- Presentase 80%
 $P_x = 0,2$ diperoleh $T = 1/P_x = 1,25$ tahun

Distribusi Probabilitas Log Pearson Type III
 Nilai K_{Tr} didapat berdasarkan nilai C_s dan nilai T untuk berbagai periode ulang
 $T = 5$ maka $K_T = 0,856$
 $T = 2,5$ maka $K_T = 0,253$
 $T = 1,67$ maka $K_T = -0,269$
 $T = 1,25$ maka $K_T = -0,780$

Didapat dari tabel variable reduce gauss dan menggunakan rumus interpolasi
 Nilai $\log X_{rt} = 2$
 Nilai $S \log X = 0,15$

Table 8 Uji Log Pearson Type III

T	KT	Log Xrt	SlogX	Log XT	XT
5	0,856	2,0	0,151	2,12	132,49
2,5	0,253	2,0	0,151	2,03	107,46
1,67	-0,269	2,0	0,151	1,95	89,65
1,25	-0,780	2,0	0,151	1,88	75,07

(Sumber : Hasil Analisa, 2023)

Table 9 Perhitungan X Kritis

Kelas	Interval	Ef	Of	(Of-Ef) ²	(Of - Ef) ² /Ef
1	> 132,49	3	2	1	0,3
2	132,49 - 107,46	3	3	0	0,0
3	107,46 - 89,65	3	6	9	27,0
4	89,65 - 75,07	3	3	0	0,0
5	< 75,07	3	1	4	5,3
Jumlah		15	15	14	32,7

(Sumber : Hasil Analisa, 2023)

2. Smirnov Kolmogorof

$D_{max} = 0,329$
 Dari tabel kritis Smirnov-Kolmogorof di dapat
 $D_{cr} 5\% = 0,388$
 $D_{max} < D_{cr} 5\%$
 $0,329 < 0,388$...Memenuhi !!!
 Karena nilai D_{max} lebih kecil dari nilai D kritis ($0,329 < 0,388$), maka persamaan distribusi yang diperoleh diterima.

Tabel 10 Perhitungan Uji Distribusi Log Pearson Type III dengan Smirnov Kolmogorof

Tahun	m	X_i (Besar -> Kecil)	Log X_i	$P(X_i)$	$f(t)$	$P'(X_i)$	ΔP
2007	1	175.00	2.24	0.07	0.92	0.021	0.046
2008	2	140.00	2.15	0.13	0.56	0.019	0.114
2009	3	125.00	2.10	0.20	0.37	0.020	0.180
2010	4	127.50	2.11	0.27	0.40	0.020	0.246
2011	5	102.00	2.01	0.33	0.04	0.021	0.312
2012	6	99.50	2.00	0.32	0.00	0.021	0.299
2013	7	98.50	1.99	0.31	-0.02	0.021	0.289
2014	8	94.00	1.97	0.26	-0.09	0.021	0.239
2015	9	90.50	1.96	0.27	-0.15	0.021	0.249
2016	10	119.00	2.08	0.22	0.29	0.022	0.198
2017	11	99.00	2.00	0.34	-0.01	0.021	0.319
2018	12	82.00	1.91	0.29	-0.31	0.021	0.269
2019	13	82.00	1.91	0.35	-0.31	0.021	0.329
2020	14	81.00	1.91	0.26	-0.33	0.021	0.239
2021	15	37.00	1.57	0.27	-1.61	0.021	0.249
Jumlah		1552.00	29.90				
Log X rerata			2.00				
CS			1.158				
S LogX			0.27				
Max							0.329

(Sumber : Hasil Analisa, 2023)

F. Perhitungan Hidrograf Banjir

Dalam perhitungan debit banjir dianalisis menggunakan metode HSS Nayakasu. Metode HSS Nakayasu dibutuhkan beberapa karakteristik parameter alirannya sebagai berikut :

Diketahui :

$$A = 322,080 \text{ Km}^2$$

$$L = 59,33 \text{ km}$$

$$R_o = 1 \text{ mm}$$

$$c = 0,55$$

Sehingga :

Menentukan nilai waktu konsentrasi (T_g)

$$T_g = 0,21 L^{0,7}$$

$$= 0,21 (59,33)^{0,7}$$

$$= 3,6603 \text{ jam}$$

Mencari nilai satuan waktu dari curah hujan (T_r)

$$T_r = (0,5 - 1) \times T_g$$

$$= (0,5 - 1) \times 3,6603$$

$$= 1,83 \text{ jam}$$

Mencari nilai alpha (α)

$$\alpha = 0,47 \times (A \cdot L)^{0,25} / T_g$$

$$= 0,47 \times (322,080 \cdot 59,33)^{0,25} / 3,6603$$

$$= 1,51$$

Menentukan waktu awal mulai banjir hingga puncak hidrograf (T_p)

$$T_p = T_g + 0,8 \cdot T_r$$

$$= 3,6603 + (0,8 \cdot 1,83)$$

$$= 6,59 \text{ jam}$$

Menentukan waktu awal puncak banjir hingga 03 kali puncak banjir ($T_{0.3}$)

$$T0.3 = \alpha \times Tg$$

$$= 1,51 \times 3,6603$$

$$= 5,5260 \text{ jam}$$

Mencari parameter debit banjir puncak (Qp)

$$Qp = (c \times A \times Ro) / (3,6(0,3T_p + T0.3))$$

$$= (0,55 \times 322,080 \times 1) / (3,6(0,3 \cdot 6,59 + 5,526))$$

$$= 14,0128 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Tabel 11 Ordinat Hidrograf Satuan

t (jam)	Q (m ³ /dt)	Keterangan
0.0	0.0000	bagian lengkung naik
1.0	7.6566	
1.83	14.0128	Debit Puncak
2.0	9.3931	Bagian lengkung turun
3.0	7.6904	
4.0	6.2964	
5.0	5.1550	
6.0	4.2206	
7.0	3.4555	
8.0	2.8291	
9.0	2.3163	
10.0	1.8964	
11.0	1.5527	
12.0	1.2712	
13.0	1.0408	
14.0	0.8521	
15.0	0.6977	
16.0	0.5712	
17.0	0.4677	
18.0	0.3829	
19.0	0.3135	
20.0	0.2567	
21.0	0.2101	
22.0	0.1720	
23.0	0.1409	
24.0	0.1153	
25.0	0.0944	
26.0	0.0773	
27.0	0.0633	
28.0	0.0518	
29.0	0.0424	
30.0	0.0347	
31.0	0.0284	
32.0	0.0233	
33.0	0.0191	
34.0	0.0156	
35.0	0.0128	
36.0	0.0105	
37.0	0.0086	
38.0	0.0070	
39.0	0.0057	
40.0	0.0047	
41.0	0.0038	
42.0	0.0032	
43.0	0.0026	
44.0	0.0021	

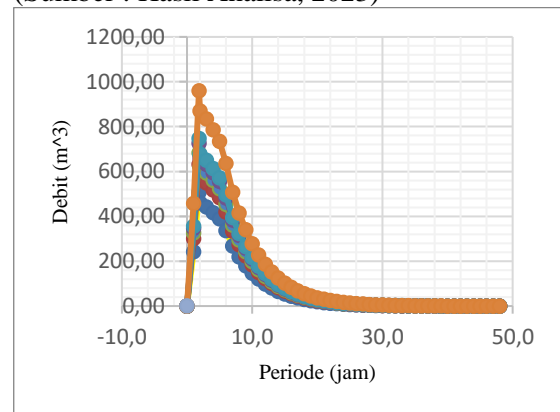
t (jam)	Q (m ³ /dt)	Keterangan
45.0	0.0017	
46.0	0.0014	
47.0	0.0012	
48.0	0.0009	
49.0	0.0008	
50.0	0.0006	
51.0	0.0005	
52.0	0.0004	
53.0	0.0003	
59.0	0.0188	mendekati angka 0

(Sumber : Hasil Analisa, 2023)

Tabel 12 Rekapitulasi Ordinat Hidrograf Kala Ulang

2 TH	5 TH	10 TH	25 TH	50 TH	100 TH
508.1	632.0	683.5	726.6	748.1	959.9

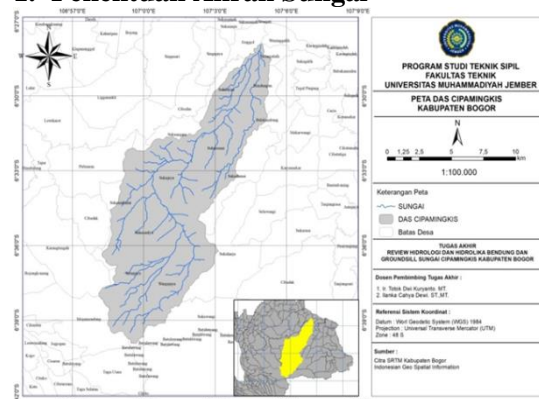
(Sumber : Hasil Analisa, 2023)



Gambar 5 Grafik Hidrograf HSS Nakayasu
 (Sumber : Hasil Pengolahan, 2023)

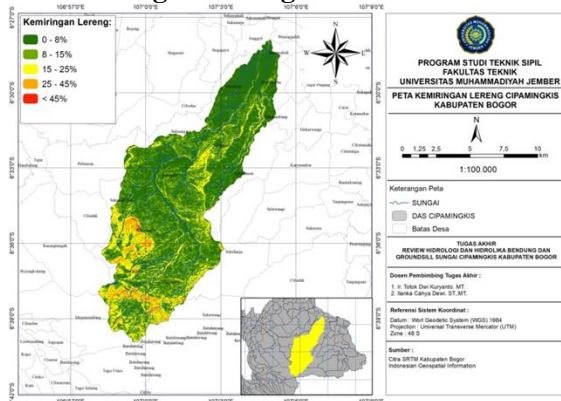
G. HEC HMS

1. Penentuan Aliran Sungai



Gambar 6 Tampilan Hasil Batas DAS dan Aliran Sungai Cipamingkis
 (Sumber : Pengolahan Aplikasi ArcGIS, 2022)

2. Kemiringan Lereng



Gambar 7 Peta Kemiringan Lereng DAS Cipamingkis

(Sumber : Pengolahan Aplikasi ArcGIS, 2022)

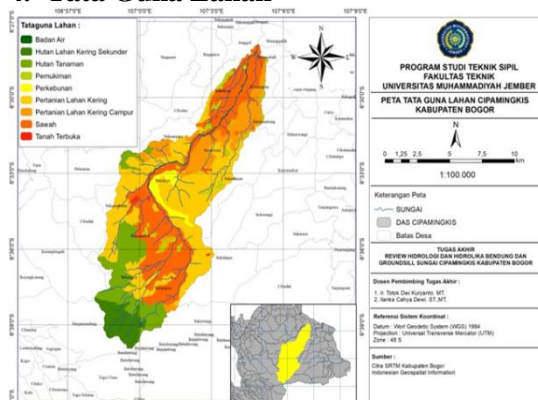
Dari klasifikasi kemiringan lereng tersebut, kemiringan lereng pada daerah aliran sungai Sampanahan dengan wilayah datar 0-8% memiliki persentase sebesar 50,11% dengan luas 63,56 km², wilayah landai 8-15% sebesar 32,47% dengan luas 41,18 km², wilayah agak curam 15-25% sebesar 13,19% dengan luas 16,73 km², wilayah curam 25-45% sebesar 4,06% dengan luas 5,15 km² dan wilayah sangat curam > 45% sebesar 0,17% dengan luas 0,22 km².

3. Penentuan Klasifikasi Tanah

Data jenis tanah yang didapatkan dari kementerian PUPR SDA Balai Besar WS Citarum terdiri dari 2 jenis tanah yaitu :

- o Pasir halus Lempung Lanau campur Gravel Abu-abu
- o Tuffa, Lempungan abu-abu tua padat

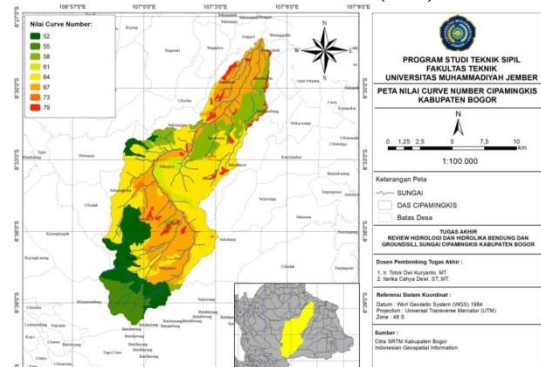
4. Tata Guna Lahan



Gambar 8 Peta Tataguna Lahan DAS Cipamingkis

(Sumber : Hasil Pengolahan, 2023)

5. Estimasi Nilai Parameter (CN)



Gambar 9 Peta Overlay Curve Number DAS Cipamingkis

Berdasarkan hasil overlay dari peta penggunaan lahan, jenis tanah dan kemiringan lereng pada gambar 4.9, daerah aliran sungai Cipamingkis memiliki nilai Curve Number (CN) berkisar 52 sampai 79.

Tabel 13 Nilai Curve Number DAS Cipamingkis.

No	Tataguna Lahan	Luas Km ² A	CN	A X CN
1	Tanah Terbuka	0.27	73	19.64
2	Pertanian Lahan Kering	42.69	55	2348.06
3	Pertanian Lahan Kering Campur	15.06	58	873.19
4	Sawah	37.09	67	2485.03
5	Hutan Lahan Kering Sekunder	7.53	55	414.04
6	Hutan Tanaman	16.60	49	813.50
7	Perkebunan	3.04	58	176.38
8	Pemukiman	3.53	76	268.20
9	Badan Air	0.93	55	51.04
	Jumlah	126.7	546.0	7449.1

(Sumber : Hasil Pengolahan, 2023)

$$\begin{aligned}
 \text{CN Komposit} &= \frac{\sum A \times \text{CN}}{\sum A} \\
 &= \frac{7449,1}{126,7} \\
 &= 58,78
 \end{aligned}$$

6. Inital Abstraction

$$\begin{aligned}
 S &= "25400-254\text{CN}" / "CN" \\
 &= "25400-254 \times 58,78" / "58,78" \\
 &= 178,14 \\
 I_a &= 0,2 \times S \\
 &= 0,2 \times 178,14 \\
 &= 35,63 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

7. Time Lag

Perhitungan Time Lag (tlag) adalah sebagai berikut :

$$T_c = 0,57 \times A_{0,41}$$

$$= 0,57 \times 126,70,41$$

$$= 4,150 \text{ jam}$$

$$= 249,01 \text{ menit}$$

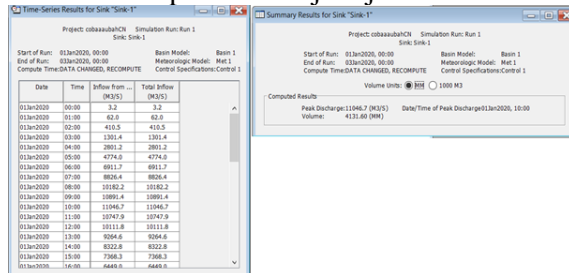
$$t_{lag} = 0,6 \times T_c$$

$$= 0,6 \times 249,01$$

$$= 149,40 \text{ menit}$$

H. Pemodelan Hec-Hms

Run configuration untuk mengeksekusi pemodelan agar dapat berjalan. Hasil keluaran tersebut merupakan debit jam-jaman.



Gambar 10 Hasil Analisis Pemodelan HEC-HMS
 (Sumber : Pengolahan HEC-HMS, 2022)

Diperoleh debit puncak hasil simulasi model pada periode 50 tahun sebesar 1110,40 m³/detik dan dengan waktu debit puncak terjadi pada jam 10:00.

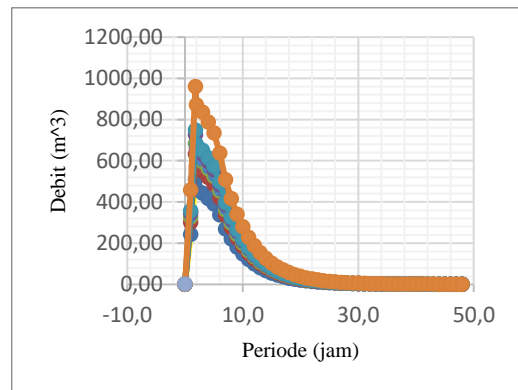
I. Debit Banjir Puncak

Dari hasil perhitungan debit banjir air dengan metode HSS Nakayasu dan pemodelan HEC-HMS yang telah dilakukan, didapatkan debit puncak pada daerah aliran sungai.

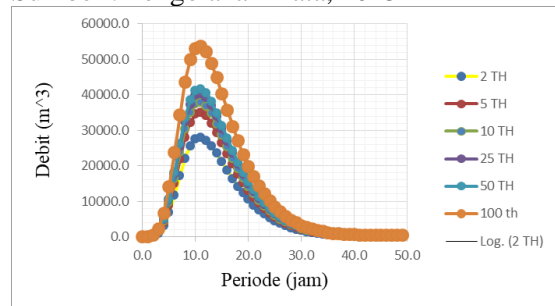
Tabel 14 Rekapitulasi Debit Banjir HSS Nakayasu dan Pemodelan HEC-HMS

No	Periode Ulang	Peak Discharger (m ³ /s)			Time Of Peak (jam)		
		Nakayasu	HEC-HMS	Selisih	Nakayasu	HEC-HMS	Selisih
1	2	508.140	625.40	117.26	05.27	10.00	04.33
2	5	631.953	761.50	129.55	05.27	10.00	04.33
3	10	683.543	831.40	147.86	05.27	10.00	04.33
4	25	726.618	958.90	232.28	05.27	10.00	04.33
5	50	748.123	1110.40	362.28	05.27	10.00	04.33
6	100	959.911	1165.50	205.59	05.27	10.00	04.33

(Sumber : Hasil Pengolahan,2023)



Gambar 15 Grafik Hidrograf HSS Nakayasu
 Sumber : Pengolahan Data, 2023

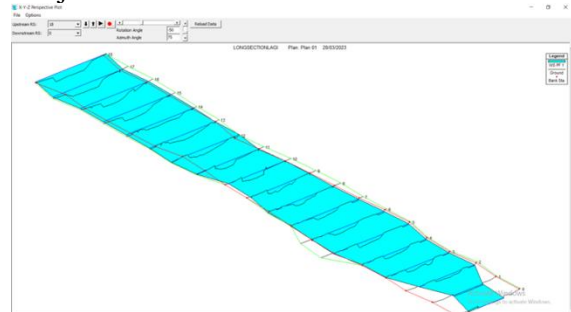


Gambar 16 Grafik Hidrograf HEC-HMS
 Sumber : Pengolahan Data, 2023

Diperoleh debit puncak pada periode kala ulang 50 tahun dengan metode HSS Nakayasu sebesar 748 m³/dt. Sedangkan debit puncak pada periode kala ulang 50 tahu dengan pemodelan HEC-HMS sebesar 1110,40 m³/dt.

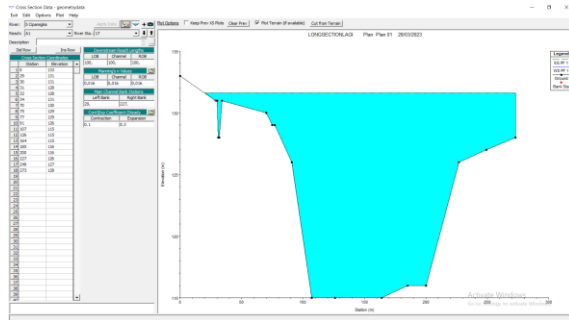
J. Analisa Hidrolika

Pada analisa ini menggunakan software HEC-RAS. yang mengalami limpasan diantaranya adalah River Sta 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, dan 18. Adapun hasil dari analisa profil muka air Sungai Cipamingkis disajikan.



Gambar 17 Analisa Profil Muka Air Sungai Cipamingkis
 (Sumber : Program Aplikasi HEC-RAS,2022)

Diambil contoh pada River Sta 17 kondisi eksisting dengan hasil output program HEC-RAS.



Gambar 18 Analisa Kondisi Eksisting Pada Sta 17
 (Sumber : Program Aplikasi HEC-RAS, 2022)
Tabel 16 Hasil Perhitungan Hidrolika Menggunakan HEC-RAS 5.0.7

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Ch
A1	38	PF 1	74.00	114.00	131.62	115.08	131.62	0.000000	0.03	2339.75	255.00	0.00
A1	17	PF 1	74.00	115.00	131.62		131.62	0.000000	0.03	2298.23	252.97	0.00
A1	36	PF 1	74.00	114.00	131.62		131.62	0.000000	0.03	2298.18	247.11	0.00
A1	15	PF 1	74.00	113.00	131.62		131.62	0.000000	0.03	2255.31	238.53	0.00
A1	14	PF 1	74.00	124.00	131.62		131.62	0.000000	0.07	1123.31	236.10	0.01
A1	13	PF 1	74.00	119.00	131.62		131.62	0.000000	0.05	1389.61	201.41	0.01
A1	12	PF 1	74.00	119.00	131.62		131.62	0.000000	0.06	1349.06	197.71	0.01
A1	11	PF 1	74.00	119.00	131.62		131.62	0.000000	0.08	895.11	177.54	0.01
A1	10	PF 1	74.00	120.00	131.62		131.62	0.000000	0.09	868.33	162.41	0.01
A1	9	PF 1	74.00	120.00	131.62		131.62	0.000000	0.10	769.65	110.43	0.01
A1	8	PF 1	74.00	121.00	131.62		131.62	0.000000	0.11	662.54	132.31	0.02
A1	7	PF 1	74.00	122.00	131.62		131.62	0.000000	0.10	751.86	163.57	0.01
A1	6	PF 1	74.00	122.00	131.62		131.62	0.000000	0.09	835.82	151.96	0.01
A1	5	PF 1	74.00	122.00	131.62		131.62	0.000000	0.10	709.87	149.11	0.02
A1	4	PF 1	74.00	123.00	131.62		131.62	0.000000	0.11	645.63	145.08	0.02
A1	3	PF 1	74.00	122.00	131.62		131.62	0.000000	0.10	721.19	151.29	0.02
A1	2	PF 1	74.00	125.00	131.62		131.62	0.000001	0.16	469.06	141.96	0.03
A1	1	PF 1	74.00	129.00	131.61		131.62	0.000006	0.27	271.98	105.09	0.05
A1	0	PF 1	74.00	131.00	131.40	131.40	131.60	0.003516	1.98	37.39	94.67	1.01

Sumber : Program Aplikasi HEC-RAS,2023.

5. PENUTUP

a. Kesimpulan

Dari hasil analisis data dan pembahasan hidrologi dan hidrolika maka dapat disimpulkan bahwa :

- Hasil perhitungan debit banjir dengan metode HSS Nakayasu dan HEC-HMS jika di jadikan persentase dari 100% maka didapatkan debit banjir (Q) dengan metode HSS Nakayasu kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun berturut-turut adalah 19,7%, 15,8%, 14,6%, 13,8%, dan 13,4. Sedangkan debit banjir (Q) dengan pemodelan HEC-HMS kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun dan 50 tahun berturut-turut adalah 16%, 13,1%, 12%, 104%, dan 9%.
- Sesuai dengan hasil analisa kapasitas penampang hidrolika aliran Sungai Cipamingkis dengan bantuan HEC-RAS versi 5.0.7 diperoleh suatu hasil bahwa

ditemukan luapan banjir pada beberapa titik yaitu pada Sta. 18, 17, 16, 15, dan 14. Luapan banjir terarah terjadi pada Sta.18 yang mengalami limpasan dikedua sisi tebingnya dengan tebing kiri setinggi 2,62 m dan tebing kanan 3,62 m.

b. Saran

Adapun saran yang dapat dilakukan yaitu, perlu dilakukannya perbaikan tata guna lahan pada bagian hulu sungai supaya mengurangi debit yang mengalir di bagian hilir.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Permana, D. P. (2020). Kajian Ulang Control Stabilitas Groundsill Bendung Gerak Sungai Bengawan Solo di Kabupaten Bojonegoro. *De'Teksi-Jurnal Teknik Sipil Unigoro*, 5(1), 13-24.
- Harjono, H., & Widhiastuti, Y. (2019). Analisa hidrologi dan hidrolika pada daerah aliran sungai (DAS) kali Pacal Kabupaten Bojonegoro. *Rekayasa Sipil*, 13(1), 16-23.
- Suherlan, H. (2021). KAJIAN KERUSAKAN DAN KERUNTUHAN TUBUH BENDUNG AKIBAT PENGARUH BANJIR (STUDI KASUS: BENDUNG CIPAMINGKIS KAB. BOGOR). *TECHNO-SOCIO EKONOMIKA*, 14(2), 113-125.
- Suhudi, S. T., & Dai Tukan, D. (2018). Perencanaan Groundsill di Hilir Bendung Waikomo Kabupaten Lembata-NTT. *Reka Buana: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 3(2), 87-97.
- Wigati, R., & Soedarsono, S. (2016). KAJI ULANG BENDUNG TETAP CIPAAS (STUDI KASUS DESA BUNIHARA KECAMATAN ANYER). *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 5(2).
- Rosandi, A., & Nurdiyanto, N. (2020). Analisis Hidrologi dan Kinerja Bendung Ampera Kecamatan Jamblang Kabupaten Cirebon. *Jurnal Konstruksi dan Infrastruktur*, 7(1).
- Riyadi, W. B., Bhakty, T. E., & Achmad, N. (2020). KAJIAN ULANG HIDROLOGI DAN

- HIDROLIKA BENDUNG KAMIJORO. *RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL*, 5(1), 7.
- Sebayang, I. S. D., & Andina, T. R. (2019). Perencanaan Dimensi Hidrolis Bangunan Pengendali Groundsill Pada Sungai Ulu Gadut, Sumatera Barat. *Jurnal Kajian Teknik Sipil*, 4(1), 1-9.
- Fitriyant, Z. (2019). ANALISIS HIDROLOGI UNTUK PENENTUAN DEBIT. *KURVA S: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknik Sipil*, 1(1), 793-805.
- Armila, A., Akbar, M. N., Latif, F., & Anas, A. B. T. (2021). SIMULASI KOMPUTASI DEBIT SUNGAI TAKALALLA (STUDI KASUS DUSUN TAKALALLA KAB. SINJAI). *TEKNIK HIDRO*, 14(2), 104-112.
- Kereh, I. E., Binilang, A., & Sumarauw, J. S. (2018). ANALISIS DEBIT BANJIR DAN TINGGI MUKA AIR SUNGAI PALAUS DI KELURAHAN LOWU I KABUPATEN MINAHASA TENGGARA. *JURNAL SIPIL STATIK*, 6(4).
- Sitanggang, G. E., Suprayogi, I., & Trimaijon, T. (2014). *Pemodelan Hujan Debit Pada Sub Daerah Aliran Sungai menggunakan Program bantu Hec-Hms (Studi Kasus Pada Kanal Duri)* (Doctoral dissertation, Riau University).
- Martiani, D. N., & Prayoto, M. J. P. (2020). Tutorial Program HEC-RAS Untuk Analisa Hidrolika Sistem Drainase.
- Rahmasary, A. N. Analisis Hidrologi Bendung Katulampa: Potensi Pengembangannya sebagai Bendungan Pengendali Banjir Jakarta.
- HAKIKI, A. N. *Pemodelan Hujan-Debit menggunakan Program HEC-HMS di Subdas Talang Kabupaten Jember* (Doctoral dissertation, FAKULTAS TEKNIK).
- NURWAHYUNI, F. D. (2018). Analisis Sedimentasi pada DAS Kali Tanggul Kabupaten Jember menggunakan Program HEC-RAS 4.1.
- PERMATA, J. C. PENANGANAN SEDIMENTASI PADA BENDUNG NGIPENG KABUPATEN TULUNGAGUNG MENGGUNAKAN GROUNDILLS.
- Hartini, E. (2017). Hidrologi & Hidrolika Terapan. *Universitas Dian Nuswantoro. Semarang*.
- Ahmad, H. H., Yanuar, S. F., & Hamduwibawa, R. B. (2022). Studi Pengaruh Jenis Semen Pada Campuran Beton 1: 2: 3. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Hexagon*, 7(2), 74-77.
- Salim, N., Rizal, N. S., & Vihantara, R. (2018). Komposisi efektif batok kelapa sebagai karbon aktif untuk meningkatkan kualitas airtanah di kawasan perkotaan. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 24(1), 87-95.
- Priyono, P., & Rizal, N. S. (2013). Kajian potensi air tanah dengan metode geolistrik sebagaiantisipasi kelangkaan air bersih wilayah perkotaan. *Jurnal Elevasi*, 4(18), 35-42.