

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1. Hujan Kawasan DAS

Penentuan hujan kawasan Sungai Cibeber menggunakan data curah hujan dari 2 stasiun pencatat hujan yang dekat dengan lokasi, yaitu stasiun pencatat hujan Cilegon dan Cinangka.

5.1.1. Data Maksimum Tahunan (*Annual Maximum Series*)

Penentuan Hujan Maksimum dilakukan dengan mengukur hujan yang terjadi pada waktu yang bersamaan. Metode ini digunakan karena terdapat lebih dari 10 tahun data yang berurutan. Data yang diambil adalah data hujan maksimum pada tahun 2012-2022.

Tabel 5.1 Data Curah Hujan Stasiun Cilegon dan Stasiun Cinangka

No	Tahun	Curah Hujan Cilegon	Curah Hujan Cinangka
1	2012	60,00	100
2	2013	126,30	117
3	2014	58,70	184
4	2015	69,50	138
5	2016	80,10	146
6	2017	155,10	105
7	2018	103,20	180
8	2019	101,60	188
9	2020	52,07	163
10	2021	77,80	166
11	2022	92,96	281

(Sumber: BBWS C3)

5.1.2. Penentuan Hujan Kawasan

Dari pengambilan data hujan maksimum di atas, langkah selanjutnya adalah menentukan hujan kawasan (DAS). Untuk mencari hujan kawasan digunakan metode Aljabar atau Aritmatik, karena hanya menggunakan 2 stasiun pencatat hujan.

Tabel 5.2 Penentuan Hujan Kawasan Das Cibeber

No	Tahun	Curah Hujan Cilegon	Curah Hujan Cinangka	Hujan DAS
1	2012	60,00	100	80,00
2	2013	126,30	117	121,65

3	2014	58,70	184	121,35
4	2015	69,50	138	103,75
5	2016	80,10	146	113,05
6	2017	155,10	105	130,05
7	2018	103,20	180	141,60
8	2019	101,60	188	144,80
9	2020	52,07	163	107,54
10	2021	77,80	166	121,90
11	2022	92,96	281	186,98

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

5.2. Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi dilakukan secara bertahap dan sesuai dengan urutan kerja yang telah ada karena hasil dari masing-masing perhitungan tergantung dan saling mempengaruhi terhadap hasil perhitungan sebelumnya.

5.2.1. Parameter Statistik Distribusi Gumbel dan Normal

Tabel 5.3 Perhitungan Parameter Statistik

No	x	X-Xr	(X-Xr) ²	(X-Xr) ³	(X-Xr) ⁴
1	80,00	-44,79	2.005,96	-89.842,61	4.023.862,69
2	121,65	-3,14	9,85	-30,90	96,95
3	121,35	-3,44	11,82	-40,63	139,69
4	103,75	-21,04	442,59	-9.311,24	195.889,11
5	113,05	-11,74	137,78	-1.617,23	18.982,92
6	130,05	5,26	27,69	145,71	766,71
7	141,60	16,81	282,65	4.751,88	79.888,99
8	144,80	20,01	400,48	8.014,52	160.387,26
9	107,54	-17,25	297,66	-5.135,55	88.603,19
10	121,90	-2,89	8,34	-24,09	69,56
11	186,98	62,19	3.868,10	240.573,27	14.962.235,86
∑	1.372,67	0,00	7.492,92	147.483,12	19.530.922,92

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

a. Nilai Rata-Rata (\bar{X}):

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \frac{1.372,67}{11} = 124,78 \text{ mm}$$

b. Simpangan Baku (Sd)

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

$$= \frac{\sqrt{(7.492)^2}}{11-1} = 27,37$$

c. Koefisien Varian (Cv)

$$C_v = \frac{S_d}{\bar{X}} = \frac{27,37}{124,78} = 0,21$$

d. Koefisien Kemiringan (Cs)

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

$$= \frac{11}{(11-1)(11-2)27,37^3} \times 147483 = 0,87$$

e. Koefisien Kurtosis (Ck)

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

$$= \frac{11}{(11-1)(11-2)(11-3)27,37^4} \times 19530922 = 2,21$$

5.2.2. Parameter Statistik Distribusi Log Normal dan Log Pearson III

Tabel 5.4 Perhitungan Parameter Statistik

No	X	Ln X	(Ln X) ²	Ln X-Ln Xr	(Ln X-Ln Xr) ²	(Ln X-Ln Xr) ³	(Ln X-Ln Xr) ⁴
1	80,00	4,3820	19,2022	-0,4234	0,17929	-0,075916	0,032145
2	121,65	4,8011	23,0510	-0,0043	0,00002	0,0000000797	0,0000000003
3	121,35	4,7987	23,0273	-0,0068	0,00005	0,0000003108	0,0000000021
4	103,75	4,6420	21,5480	-0,1635	0,02672	-0,004368	0,000714
5	113,05	4,7278	22,3524	-0,0776	0,00603	-0,000468	0,000036
6	130,05	4,8679	23,6966	0,0625	0,00390	0,000244	0,000015
7	141,60	4,9530	24,5323	0,1476	0,02177	0,003213	0,000474
8	144,80	4,9754	24,7541	0,1699	0,02887	0,004904	0,000833
9	107,54	4,6778	21,8820	-0,1276	0,01629	-0,002079	0,000265
10	121,90	4,8032	23,0707	-0,0023	0,00001	0,000000	0,000000
11	186,98	5,2310	27,3635	0,4256	0,18110	0,077069	0,032798
	1372,67	52,860 0	254,4801	0,00000 0000000 00089	0,46404	0,002599	0,067281

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

a. Nilai Rata-Rata (\bar{X}):

$$\text{Ln } \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \frac{52,8600}{11} = 4,8055 \text{ mm}$$

b. Simpangan Baku (Sd)

$$\begin{aligned} S_d \text{Log } X &= \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\text{Ln } X_i - \text{Ln } \bar{X})^2} \\ &= \sqrt{\frac{(0,4640)^2}{11-1}} = 0,2154 \end{aligned}$$

c. Koefisien Varian (Cv)

$$C_v \text{Log } X = \frac{S_d \text{Log } X}{\text{Ln } \bar{X}} = \frac{0,2154}{4,8055} = 0,0448$$

d. Koefisien Kemiringan (Cs)

$$\begin{aligned} C_s \text{Log } X &= \frac{n}{(n-1)(n-2)S_d \text{Log } X^3} \sum_{i=1}^n (\text{Ln } X_i - \text{Ln } \bar{X})^3 \\ &= \frac{11}{(11-1)(11-2)0,2154^3} \times 0,0025 = 0,0318 \end{aligned}$$

e. Koefisien Kurtosis (Ck)

$$\begin{aligned} C_k \text{Log } X &= \frac{n}{(n-1)(n-2)(n-3)S_d^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 \\ &= \frac{11}{(11-1)(11-2)(11-3)0,2154^4} \times 0,0672 = 1,5616 \end{aligned}$$

5.3. Penentuan Jenis Distribusi

Penentuan jenis distribusi ini dilakukan dengan cara pengujian distribusi probabilitas yang dimaksudkan untuk mengetahui apakah persamaan distribusi probabilitas yang terpilih dapat mewakili distribusi statistik sampel yang dianalisis. Terdapat 2 metode pengujian yang digunakan yaitu, pengujian Chi-Kuadrat (χ^2) dan Smirnov-Kolmogorof.

5.4.1. Metode Uji Chi-Kuadrat

Prosedur perhitungan dengan menggunakan Metode Uji Chi-Kuadrat adalah sebagai berikut:

a. Mengurutkan Data Hujan dari Data Terbesar hingga yang Terkecil

Tabel 5.5 Pengurutan Data dari Besar ke Kecil

Hujan Kawasan (Metode Aljabar)	Urutan Max-Min
80,00	186,982
121,65	144,8
121,35	141,6
103,75	130,05

113,05	121,9
130,05	121,65
141,60	121,35
144,80	113,05
107,54	107,535
121,90	103,75
186,98	80

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

b. Perhitungan Jumlah Kelas

$$\begin{aligned} \text{Jumlah data (n)} &= 11 \\ \text{Kelas distribusi (K)} &= 1 + 3.3 \log n \\ &= 1 + 3,3 \times \log 11 \\ &= 4,437 \approx 5 \text{ kelas} \end{aligned}$$

c. Perhitungan Derajat Kebebasan (DK) dan X^2_{cr}

$$\begin{aligned} \text{Parameter (p)} &= 2 \\ \text{Derajat kebebasan (DK)} &= K - (p + 1) \\ &= 5 - (2 + 1) \\ &= 2 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } X^2_{cr} = 5,991 \text{ (lihat **Lampiran 3**)}$$

d. Menghitung Kelas Distribusi

$$\text{Kelas distribusi} = \frac{1}{5} \times 100\% = 20\%$$

Interval distribusi adalah: 20%, 40%, 60% dan 80%

$$P_x = 20\% \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P_x} = \frac{1}{0,02} = 5 \text{ tahun}$$

$$P_x = 40\% \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P_x} = \frac{1}{0,04} = 2,5 \text{ tahun}$$

$$P_x = 60\% \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P_x} = \frac{1}{0,06} = 1,67 \text{ tahun}$$

$$P_x = 80\% \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P_x} = \frac{1}{0,08} = 1,25 \text{ tahun}$$

e. Menghitung Interval Kelas

1. Distribusi Gumbel

Dengan jumlah data $n = 11$, maka didapat:

$$Y_n = 0,4987 \text{ (lihat **Lampiran 3**)}$$

$$S_n = 0,9640 \text{ (lihat **Lampiran 3**)}$$

$$Y_t = -\ln - \ln \frac{T-1}{T}$$

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

Sehingga:

T = 5 tahun	Y _t = 1,4999	K = 1,04
T = 2,5 tahun	Y _t = 0,6717	K = 0,1794
T = 1,67 tahun	Y _t = 0,0874	K = -0,4266
T = 1,25 tahun	Y _t = -0,476	K = -1,0110

Nilai $\bar{X} = 124,7879$

Nilai S = 27,3732

Maka interval kelas: $X_T = \bar{X} + K \times S$

Sehingga:

X ₅	= 153,2192 mm
X _{2,5}	= 129,7007 mm
X _{1,67}	= 113,1084 mm
X _{1,25}	= 97,1124 mm

2. Distribusi Normal

Nilai K_T berdasarkan nilai T (lihat **Lampiran 3**), didapat:

T = 5 tahun	maka K _T = 0,84
T = 2,5 tahun	maka K _T = 0,25
T = 1,67 tahun	maka K _T = -0,25
T = 1,25 tahun	maka K _T = -0,84

Nilai $\bar{X} = 124,7879$

Nilai S = 27,3732

Maka interval kelas: $X_T = \bar{X} + K \times S$

Sehingga:

X ₅	= 147,78 mm
X _{2,5}	= 131,63 mm
X _{1,67}	= 117,94 mm
X _{1,25}	= 101,79 mm

3. Distribusi Log Normal

Nilai K_T berdasarkan nilai T (lihat **Lampiran 3**), didapat:

$T = 5$ tahun maka $K_T = 0,84$

$T = 2,5$ tahun maka $K_T = 0,25$

$T = 1,67$ tahun maka $K_T = -0,25$

$T = 1,25$ tahun maka $K_T = -0,84$

Nilai $\text{Log } \bar{X} = 4,80$

Nilai $S_d \text{ Log } X = 0,21$

Maka interval kelas: $\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + K \times S_d \text{ Log } X$

Sehingga:

$\text{Log } X_5 = 4,52$ $X_5 = 146,40 \text{ mm}$

$\text{Log } X_{2,5} = 4,34$ $X_{2,5} = 128,93 \text{ mm}$

$\text{Log } X_{1,67} = 4,18$ $X_{1,67} = 115,76 \text{ mm}$

$\text{Log } X_{1,25} = 4,00$ $X_{1,25} = 101,95 \text{ mm}$

4. Distribusi Log Pearson III

Nilai K_T dihitung berdasarkan nilai C_s atau $G = 0,29$ dan nilai T untuk berbagai periode ulang (lihat **Lampiran 3**) adalah:

$T = 5$ tahun maka $K_T = 0,8401$

$T = 2,5$ tahun maka $K_T = 0,2764$

$T = 1,67$ tahun maka $K_T = -0,3778$

$T = 1,25$ tahun maka $K_T = -0,8433$

Nilai $\text{Log } \bar{X} = 4,80$

Nilai $S_d \text{ Log } X = 0,21$

Maka interval kelas: $\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + K \times S_d \text{ Log } X$

Sehingga:

$\text{Log } X_5 = 4,51$ $X_5 = 146,41 \text{ mm}$

$\text{Log } X_{2,5} = 4,29$ $X_{2,5} = 129,67 \text{ mm}$

$\text{Log } X_{1,67} = 4,14$ $X_{1,67} = 112,62 \text{ mm}$

$\text{Log } X_{1,25} = 4,00$ $X_{1,25} = 101,88 \text{ mm}$

f. Penentuan X^2

1. Distribusi Gumbel

Tabel 5.6 Penentuan Chi Kuadrat Terhadap Distribusi Gumbel

Kelas	Interval		Ef	Of	Of-Ef	(Of - Ef) ² /Ef
1		> 153,2191693	2,2	1	-1,2	0,654545455
2	129,7007223	- 153,2191693	2,2	3	0,8	0,290909091
3	113,1084253	- 129,7007223	2,2	3	0,8	0,290909091
4	97,11242457	- 113,1084253	2,2	3	0,8	0,290909091
5		< 97,11242457	2,2	1	-1,2	0,654545455
			11	11		2,181818182

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

2. Distribusi Normal

Tabel 5.7 Penentuan Chi Kuadrat Terhadap Distribusi Normal

Kelas	Interval		Ef	Of	Of-Ef	(Of - Ef) ² /Ef
1		> 147,7813993	2,2	1	-1,2	0,654545455
2	131,6312098	- 147,7813993	2,2	2	-0,2	0,018181818
3	117,9446084	- 131,6312098	2,2	4	1,8	1,472727273
4	101,7944189	- 117,9446084	2,2	3	0,8	0,290909091
5		< 101,7944189	2,2	1	-1,2	0,654545455
			11	11		3,090909091

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

3. Distribusi Log Normal

Tabel 5.8 Penentuan Chi Kuadrat Terhadap Distribusi Log Normal

Kelas	Interval		Ef	Of	Of-Ef	(Of - Ef) ² /Ef
1		> 146,4086215	2,2	1	-1,2	0,654545455
2	128,9347286	- 146,4086215	2,2	3	0,8	0,290909091
3	115,7691945	- 128,9347286	2,2	3	0,8	0,290909091
4	101,9521222	- 115,7691945	2,2	3	0,8	0,290909091
5		< 101,9521222	2,2	1	-1,2	0,654545455
			11	11		2,181818182

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

4. Distribusi Log Pearson III

Tabel 5.9 Penentuan Chi Kuadrat Terhadap Distribusi Log Pearson III

Kelas	Interval		Ef	Of	Of-Ef	(Of - Ef) ² /Ef
1		> 146,4115681	2,2	1	-1,2	0,654545455
2	129,6712385	- 146,4115681	2,2	3	0,8	0,290909091
3	112,6258128	- 129,6712385	2,2	4	1,8	1,472727273
4	101,8803085	- 112,6258128	2,2	2	-0,2	0,018181818
5		< 101,8803085	2,2	1	-1,2	0,654545455
			11	11		3,090909091

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

- g. Rekapitulasi nilai X^2 dan X^2_{cr} untuk 4 distribusi probabilitas di atas.

Tabel 5.10 Rekapitulasi Nilai Chi Kuadrat

JENIS DISTRIBUSI	X^2	X^2_{cr}	KETERANGAN
Gumbel	2,1818	5,991	DITERIMA
Normal	3,0909	5,991	DITERIMA
Log Normal	2,1818	5,991	DITERIMA
Log Pearson III	3,0909	5,991	DITERIMA

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

Berdasarkan Tabel, semua distribusi probabilitas memiliki nilai $X^2 < X^2_{cr}$ maka dapat disimpulkan bahwa semua distribusi tersebut dapat diterima dalam menentukan curah hujan.

5.4.2. Metode Smirnov-Kolmogorof

Langkah-langkah perhitungan pada pengujian distribusi probabilitas dengan Metode Smirnov-Kolmogorof dilakukan dengan cara yang telah dijelaskan pada BAB III. Berikut ini adalah hasil perhitungan Metode Smirnov-Kolmogorof beberapa distribusi.

- a. Distribusi Gumbel

Tabel 5.11 Uji Smirnov Kolmogorov Terhadap Distribusi Gumbel

No	X_i	$P(X_i)$	$f(t)$	$P'(X_i)$	ΔP
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	186,982	8,333	2,27	0,0621	-0,021
2	144,8	16,667	0,73	0,2372	0,071
3	141,6	25,000	0,61	0,2553	0,005
4	130,05	33,333	0,19	0,3521	0,019
5	121,9	41,667	-0,11	0,4806	0,064
6	121,65	50,000	-0,11	0,4860	-0,014
7	121,35	58,333	-0,13	0,4927	-0,091
8	113,05	66,667	-0,43	0,5978	-0,069
9	107,535	75,000	-0,63	0,6713	-0,079
10	103,75	83,333	-0,77	0,7156	-0,118
11	80	91,667	-1,64	0,9458	0,029

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

Keterangan Tabel 5.10 :

Kolom (1) = nomor urut data.

Kolom (2) = data hujan diurut dari besar ke kecil (mm).

Kolom (3) = peluang empiris (dihitung dengan persamaan Weibull).

$$P(X_i) = \frac{i}{n + 1}$$

Contoh kolom (3) baris (1):

$$P(X_i) = \frac{1}{11 + 1} = 8,333$$

Demikian seterusnya untuk baris berikutnya cara perhitungannya adalah sama.

Kolom (4) = peluang teoritis berdasarkan Distribusi Probabilitas Gumbel.

$$X_T = \bar{X} + S_d \times K; \text{ sehingga } K = \frac{X_T - \bar{X}}{S_d}$$

dimana $K = f(t)$

Contoh untuk kolom (4) baris (1):

$$\text{Nilai } \bar{X} = 124,7879 \text{ mm}$$

$$\text{Nilai } S_d = 27,3732$$

$$f(t) = \frac{186,982 - 124,3732}{27,3732} = 2,27$$

Demikian seterusnya untuk baris berikutnya cara perhitungannya adalah sama.

Kolom (5) = ditentukan berdasarkan nilai Y_n , S_n dan K atau $f(t)$ dengan menggunakan persamaan 3. 11 dan 3. 12 berikut:

$$K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \text{ dengan } Y_t = -\text{Ln} [-\text{Ln} \frac{T - 1}{T}]$$

Contoh untuk kolom (5) baris (1):

Untuk nilai $f(t) = 2,27$; $Y_n = 0,4987$; $S_n = 0,9640$, maka menggunakan persamaan (11) didapat nilai $Y_t = 2,69$.

Kemudian berdasarkan persamaan (12) untuk $Y_t = 2,69$ dapat dihitung $T = 16,09$ tahun, sehingga dapat dihitung selanjutnya peluang teoritis $P'(X_i) = 1/T = 0,0621$. Demikian seterusnya untuk baris berikutnya cara perhitungannya adalah sama.

Kolom (6) = $(\Delta P_i) = \text{kolom (5)} - \text{kolom (3)}$.

Contoh untuk kolom (6) baris (1):

$$\begin{aligned} \Delta P_i &= 0,0621 - (8,3333/100) \\ &= -0,021 \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 5.10, maka simpangan maksimum ($\Delta P_{\text{maksimum}}$) adalah -0,118

b. Distribusi Normal

Tabel 5.12 Uji Smirnov Kolmogorov Terhadap Distribusi Normal

No	Xi	P(Xi)	f(t)	P'(Xi)	ΔP
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	186,982	8,333	2,27	0,0116	-0,072
2	144,8	16,667	0,73	0,2327	0,066
3	141,6	25,000	0,61	0,2709	0,021
4	130,05	33,333	0,19	0,4247	0,091
5	121,9	41,667	-0,11	0,5438	0,127
6	121,65	50,000	-0,11	0,5438	0,044
7	121,35	58,333	-0,13	0,5517	-0,032
8	113,05	66,667	-0,43	0,6664	0,000
9	107,535	75,000	-0,63	0,7357	-0,014
10	103,75	83,333	-0,77	0,7794	-0,054
11	80	91,667	-1,64	0,9495	0,033

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

Keterangan Tabel 5.11 :

Kolom (1) = nomor urut data.

Kolom (2) = data hujan diurut dari besar ke kecil (mm).

Kolom (3) = peluang empiris (dihitung dengan persamaan Weibull).

$$P(X_i) = \frac{i}{n + 1}$$

Contoh kolom (3) baris (1):

$$P(X_i) = \frac{1}{11 + 1} = 8,333$$

Demikian seterusnya untuk baris berikutnya cara perhitungannya adalah sama.

Kolom (4) = untuk Distribusi Probabilitas Normal.

$$X_T = \bar{X} + K_T \times S_d; \text{ sehingga } K_T = \frac{X_T - \bar{X}}{S_d}$$

dimana $K_T = f(t)$

Contoh untuk kolom (4) baris (1):

Nilai $\bar{X} = 124,7879$ mm

Nilai $S_d = 27,3732$

$$f(t) = \frac{118,5 - 124,7879}{27,3732} = 2,27$$

Demikian seterusnya untuk baris berikutnya cara perhitungannya adalah sama.

Kolom (5) = 1 – luas di bawah kurva normal sesuai dengan nilai $f(t)$, yang ditentukan dengan tabel (lihat **Lampiran 3**).

Contoh untuk kolom (5) baris (1):

Untuk nilai $f(t) = 2,27$ maka luas wilayah di bawah kurva normal adalah 0,9884.

Sehingga nilai $P'(X_i) = 1 - 0,9884 = 0,0116$.

Demikian seterusnya untuk baris berikutnya cara perhitungannya adalah sama.

Kolom (6) = $(\Delta P_i) = \text{kolom (5)} - \text{kolom (3)}$.

Contoh untuk kolom (6) baris (1):

$$\begin{aligned} \Delta P_i &= 0,0116 - (8,333/100) \\ &= -0,072 \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 5.11, maka simpangan maksimum ($\Delta P_{\text{maksimum}}$) adalah 0.127

c. Distribusi Log Normal

Tabel 5.13 Uji Smirnov Kolmogorov Terhadap Distribusi Log Normal

No (1)	Log Xi (2)	P(Xi) (3)	f(t) (4)	P'(Xi) (5)	ΔP (6)
1	5,2310	8,333	1,98	0,0239	-0,059
2	4,9754	16,667	0,79	0,2148	0,048
3	4,9530	25,000	0,68	0,2483	-0,002
4	4,8679	33,333	0,29	0,3859	0,053
5	4,8032	41,667	-0,01	0,5040	0,087
6	4,8011	50,000	-0,02	0,5080	0,008
7	4,7987	58,333	-0,03	0,5120	-0,071
8	4,7278	66,667	-0,36	0,6406	-0,026
9	4,6778	75,000	-0,59	0,7224	-0,028
10	4,6420	83,333	-0,76	0,7764	-0,057
11	4,3820	91,667	-1,97	0,9756	0,059

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

Keterangan Tabel 5.12:

Kolom (1) = nomor urut data.

Kolom (2) = nilai Ln data hujan (mm).

Kolom (3) = peluang empiris (dihitung dengan persamaan Weibull).

$$P(X_i) = \frac{i}{n + 1}$$

Contoh kolom (4) baris (1):

$$P(X_i) = \frac{1}{11 + 1} = 8,3333$$

Demikian seterusnya untuk baris berikutnya cara perhitungannya adalah sama.

Kolom (4) = untuk Distribusi Probabilitas Log Normal.

$$\text{Ln } X_T = \text{Ln } \bar{X} + K_T \times S_d; \text{ sehingga } K_T = \frac{\text{Ln } X_T - \text{Ln } \bar{X}}{S_d \text{ Ln } \bar{X}}$$

dimana $K_T = f(t)$

Contoh untuk kolom (6) baris (1):

$$\text{Nilai Ln } \bar{X} = 4,80 \text{ mm}$$

$$\text{Nilai } S_d \text{ Ln } X = 0,2154$$

$$f(t) = \frac{5,23 - 4,21}{0,2154} = -1,98$$

Demikian seterusnya untuk baris berikutnya cara perhitungannya adalah sama.

Kolom (5) = $1 -$ luas di bawah kurva normal sesuai dengan nilai $f(t)$, yang ditentukan dengan tabel (lihat **Lampiran 3**).

Contoh untuk kolom (6) baris (1):

Untuk nilai $f(t) = 1,98$ maka luas wilayah di bawah kurva normal adalah 0,9761.

Sehingga nilai $P'(X_i) = 1 - 0,9761 = 0,0239$.

Demikian seterusnya untuk baris berikutnya cara perhitungannya adalah sama.

Kolom (6) = $(\Delta P_i) =$ kolom (5) – kolom (3).

Contoh untuk kolom (7) baris (1):

$$\Delta P_i = 0,0239 - (8,3333/100)$$

$$= -0,059$$

Berdasarkan Tabel 22, maka simpangan maksimum ($\Delta P_{\text{maksimum}}$) adalah 0,087.

d. Distribusi Log Pearson III

Tabel 5.14 Uji Smirnov Kolmogorov Terhadap Distribusi Log Pearson III

No	Log Xi	P(Xi)	f(t)	P'(Xi)	ΔP
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	5,2310	8,333	1,98	0,0262	-0,0572
2	4,9754	16,667	0,79	0,2182	0,0516
3	4,9530	25,000	0,68	0,2550	0,0050

4	4,8679	33,333	0,29	0,3952	0,0619
5	4,8032	41,667	-0,01	0,5018	0,0851
6	4,8011	50,000	-0,02	0,5052	0,0052
7	4,7987	58,333	-0,03	0,5092	-0,0741
8	4,7278	66,667	-0,36	0,6271	-0,0396
9	4,6778	75,000	-0,59	0,7102	-0,0398
10	4,6420	83,333	-0,76	0,7698	-0,0636
11	4,3820	91,667	-1,97	0,9461	0,0295

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

Keterangan Tabel 5.13:

Kolom (1) = nomor urut data.

Kolom (2) = nilai Ln data hujan (mm).

Kolom (3) = peluang empiris (dihitung dengan persamaan Weibull).

$$P(X_i) = \frac{i}{n + 1}$$

Contoh kolom (4) baris (1):

$$P(X_i) = \frac{1}{11 + 1} = 0,083333$$

Demikian seterusnya untuk baris berikutnya cara perhitungannya adalah sama.

Kolom (4) = untuk Distribusi Probabilitas Log Pearson Tipe III.

$$\ln X_T = \ln \bar{X} + K_T \times S_d; \text{ sehingga } K_T = \frac{\ln X_T - \ln \bar{X}}{S_d \ln X}$$

dimana $K_T = f(t)$

Contoh untuk kolom (6) baris (1):

$$\text{Nilai } \ln \bar{X} = 4,80 \text{ mm}$$

$$\text{Nilai } S_d \ln X = 0,2154$$

$$f(t) = \frac{5,23 - 4,80}{0,2154} = 1,98$$

Demikian seterusnya untuk baris berikutnya cara perhitungannya adalah sama.

Kolom (5) = ditentukan berdasarkan nilai C_s dan nilai K_T atau $f(t)$. Tabel Nilai C_s dan K_t dapat dilihat pada **Lampiran 3**

Contoh untuk kolom (6) baris (1):

Untuk nilai $f(t) = 1,98$ dan $C_s = 0,03$ didapat nilai $P'(X_i) = 0,0262$ dari hasil interpolasi.

Demikian seterusnya untuk baris berikutnya cara perhitungannya adalah sama.

Kolom (6) = $(\Delta P_i) = \text{kolom (5)} - \text{kolom (3)}$.

Contoh untuk kolom (6) baris (1):

$$\begin{aligned} \Delta P_i &= 0,0262 - (8,333/100) \\ &= -0,0572 \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 5.13 , maka simpangan maksimum ($\Delta P_{\text{maksimum}}$) adalah 0,0295

e. Rekapitulasi Nilai Δ_{maks}

Dengan jumlah data $n = 11$ dan $\alpha = 5\%$ maka dari hasil interpolasi (lihat **Lampiran 3**) didapat $\Delta_{\text{kritis}} = 0,369$.

Tabel 5.15 Rekapitulasi Hasil Uji Smirnov-Kolmogorof

JENIS DISTRIBUSI	Δ	Δ_{kritis}	KETERANGAN
Gumbel	0,1177	0,396	MEMENUHI
Normal	0,1271	0,396	MEMENUHI
Log Normal	0,0873	0,396	MEMENUHI
Log Pearson III	0,0295	0,396	MEMENUHI

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

Berdasarkan Tabel 5.15 hasil pengujian Smirnov-Kolmogorof dapat disimpulkan bahwa semua distribusi yang digunakan dapat diterima, karena nilai $\Delta_{\text{maks}} < \Delta_{\text{kritis}}$ dan harus mempertimbangkan hasil uji Chi-Kuadrat. Berdasarkan Tabel 5.10 semua distribusi memenuhi uji Chi-Kuadrat. Berdasarkan kedua uji tersebut maka distribusi yang dipilih adalah Distribusi Log Pearson III karena menghasilkan nilai simpangan terkecil dari distribusi lainnya, yaitu: 0,0295 dan lolos uji Chi-Kuadrat.

5.4. Analisis Hujan Rencana

Berdasarkan hasil pengujian Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorof, distribusi yang digunakan adalah Distribusi Log Pearson III. Langkah perhitungan hujan rencana distribusi Log Pearson III ini adalah:

Berdasarkan Tabel 5.13 didapat nilai parameter statistik sebagai berikut:

Jumlah data (n)	= 11
Nilai $\text{Ln } \bar{X}$	= 4,80 mm
Nilai $S_d \text{ Log } X$	= 0,2154
Nilai CS 25 Tahun	= 0,03

Nilai K_T 25 Tahun = 1,762

Contoh untuk perhitungan hujan rencana periode ulang 25 tahun ($T = 25$ tahun):

$$\begin{aligned} \text{Log } X_T &= \text{Ln } \bar{X} + K_T \times S_d \\ &= 5,2310 + 1,762 \times 0,3254 \end{aligned}$$

$$\text{Log } X_T = 5,1850$$

$$X_T = 178,5685 \text{ mm}$$

Tabel 5.16 Hasil Perhitungan Hujan Rencana

Periode Ulang (Tahun)	YT	Log XT	XT (mm)
10	1,285	5,0823	161,1442
25	1,762	5,1850	178,5685
50	2,071	5,2515	190,8607
100	2,350	5,3116	202,6691
200	2,606	5,3668	214,1758
1000	3,136	5,4810	240,0895

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

Hujan rencana yang digunakan adalah hujan dengan periode ulang 25 tahun, berdasarkan tabel di atas dengan hujan rencana 178,5685.

5.5. Distribusi Hujan Jam-Jaman

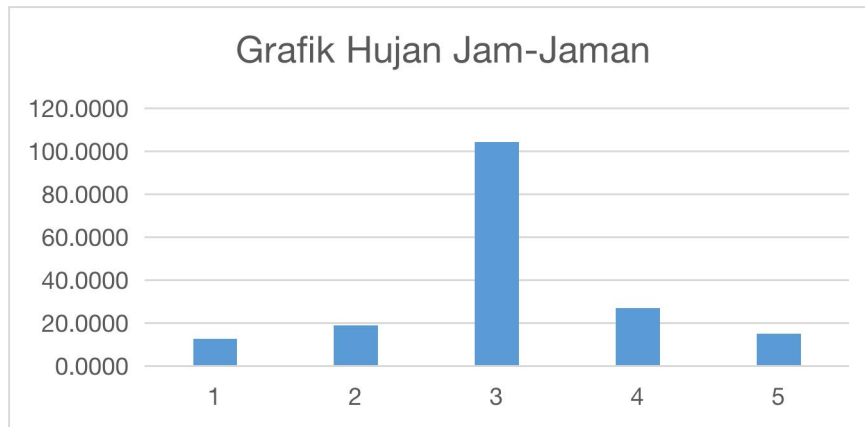
Analisa distribusi hujan jam-jaman dibutuhkan untuk menghitung debit banjir rencana dengan metode HSS Nakayasu. Analisa hujan rencana pada kala ulang 25 tahun diperoleh hasil $X_{25} = 178,5685$ mm. dengan metode *Alternating Block Method* berikut hasil perhitungan distribusi hujan jam-jaman:

Tabel 5.17 Hasil Perhitungan Hujan Jam-Jaman

Durasi t (Jam)	At (Jam)	I (mm/jam)	X=I x t (mm)	AX (mm)	AX (%)	Hietograf	
						%	mm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	0~1	61,9062	61,9062	61,9062	58,48%	7,17%	12,8002
2	1~2	38,9985	77,9970	16,0907	15,20%	10,66%	19,0401
3	2~3	29,7614	89,2843	11,2873	10,66%	58,48%	104,4275
4	3~4	24,5675	98,2700	8,9858	8,49%	15,20%	27,1429

5	4~5	21,1716	105,8582	7,5882	7,17%	8,49%	15,1578
JUMLAH				105,8582	100,00%	100,00%	178,5685

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

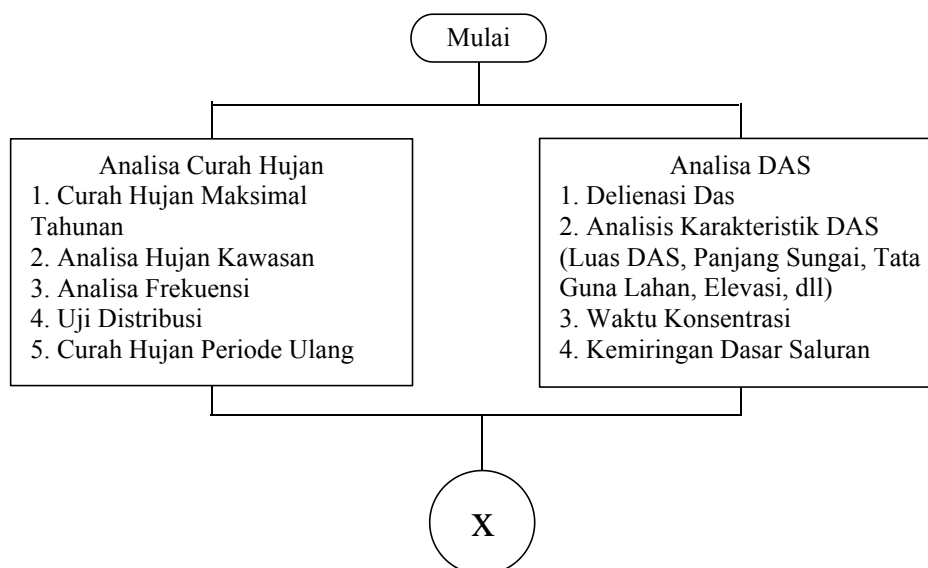


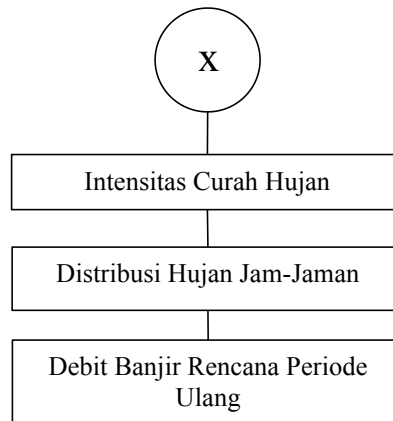
Gambar 5.1 Grafik Hujan Jam-Jaman

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

5.6. Perhitungan Debit Banjir Rencana

Menentukan debit banjir rencana dilakukan dengan beberapa macam metode perhitungan diantaranya adalah metode rasional, Weduwen, dan HSS Nakayasu yang dipakai dalam penelitian ini. berikut adalah *flowchart* cara mencari debit banjir rencana periode ulang tertentu.





Gambar 5.2 *Flowchart* Cara mendapatkan Debit Banjir Rencana
(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

5.6.1. Debit Banjir Metode Rasional

Langkah-langkah perhitungan debit banjir rencana metode rasional adalah:

a. Intensitas Hujan

$$I_T = \frac{R_T}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3}$$

Lamanya curah hujan yang dipakai adalah (T_c)

$$\begin{aligned} T_c &= 0,0195 \times L^{0,77} \times S^{-0,385} \\ &= 0,0195 \times 12840^{0,77} \times 0,0140^{-0,385} \\ &= 147,018 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$T_c = 2,4503 \text{ Jam}$$

Contoh nilai intensitas hujan untuk periode ulang 25 tahun adalah:

$$\begin{aligned} I_{25} &= \frac{R_{25}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \\ &= \frac{178,56}{24} \left(\frac{24}{2,4503} \right)^{2/3} \\ &= 34,0696 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

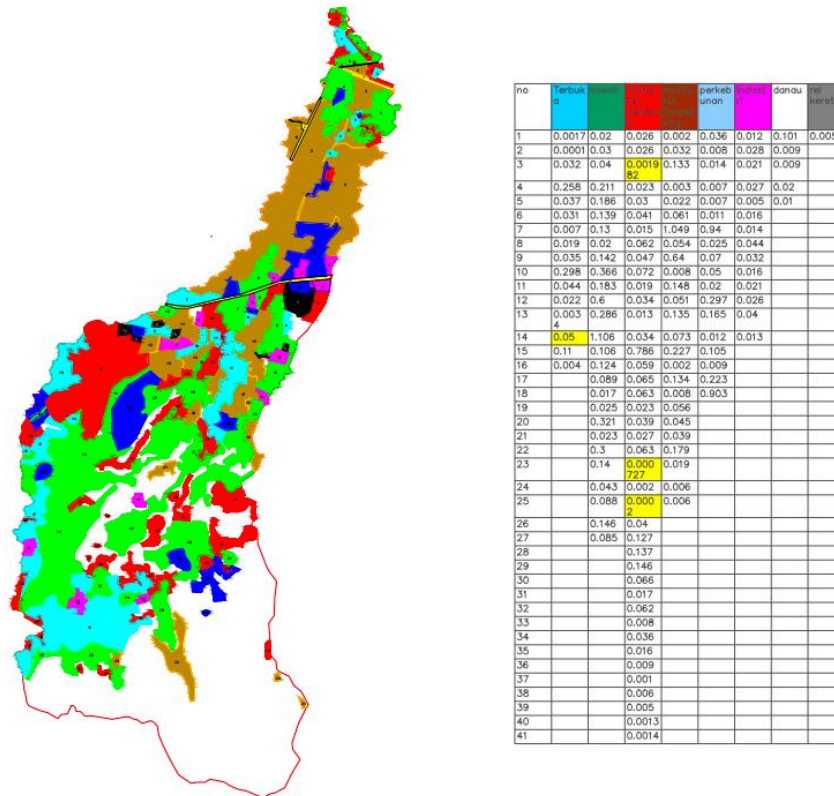
Tabel 5.18 Hasil Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Periode Ulang (Tahun)	Intensitas Curh Hujan mm/jam
10	30,7452
25	34,0696
50	36,4149

(Sumber: Hasil Perhitungan)

b. Koefisien Pengaliran

Nilai C yang semakin besar menunjukkan sebagian air hujan menjadi limpasan, maka ancaman banjir akan semakin besar. Besaran nilai C akan berbeda-beda tergantung Penutup lahan pada masing-masing Sub DAS. Berikut ini peta tutupan lahan DAS Cibeber.



Gambar 5.3 Tata Guna lahan DAS Cibeber
(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

Berikut ini adalah hasil perhitungan nilai koefisien limpasan berdasarkan penutup lahan dilokasi penelitian .

Tabel 5.19 Hasil Perhitungan Koefisien Pengaliran Berdasarkan Tata Guna Lahan

Tipe Daerah Aliran	Luas Sub DAS (Ai) (km ²)	Luas Sub Das (%)	Koef Runoff (Ci)	Ai x Ci
Ladang Garapan	0,9522	4,47%	0,5	0,4761
sawah	4,966	23,31%	0,15	0,7449
multiunit, terpisah	0,224982	1,06%	0,6	0,1349892
multiunit, tergabung	2,004	9,41%	0,75	1,503
Perkampungan	2,025627	9,51%	0,4	0,8102508
Perkampungan	1,128	5,30%	0,4	0,4512

perkebunan	4,435191	20,82%	0,4	1,7740764
industri	0,315	1,48%	0,8	0,252
Perairan	0,149	0,70%	0,05	0,00745
Hutan	5,1	23,94%	0,4	2,04

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

Berdasarkan Tabel dan Gambar diatas, didapatkan nilai C_{Total} Sebesar:

$$\begin{aligned}
 C_{Total} &= \frac{C_i \times A_i}{A_i} \\
 &= \frac{8,1939}{21,3} \\
 &= 0,3847
 \end{aligned}$$

c. Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana dihitung dengan rumus Metode Rasional, yaitu:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

Dengan data:

$$C = 0,3847$$

$$I_{25} = 35,7137 \text{ mm/jam}$$

$$A = 21,3 \text{ km}^2$$

Contoh perhitungan debit untuk periode ulang 25 tahun

$$\begin{aligned}
 Q_{maks} &= 0,278 \times 0,3847 \times 35,7137 \times 21,3 \\
 &= 81,3531 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.20 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana

PERIODE ULANG (TAHUN)	DEBIT RENCANA (m ³ /s)
10	70,0352
25	77,6080
50	82,9503

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

5.6.2. Debit Banjir Metode Weduwen

Data yang diketahui adalah luas daerah pengaliran (A) = 21,3 km², kemiringan dasar sungai (S) = 0,024, data hujan harian maksimum (R_n) = 162,30 mm, m_n adalah 0,715 untuk periode pengamatan 11 tahun (lihat **Lampiran 3**).

Langkah-langkah perhitungan debit rencana dengan Metode Weduwen adalah:

a. Hitung Q_{maks}

$$Q_{maks} = \alpha \times \beta \times I \times A$$

Berikut langkah-langkah perhitungan dalam mencari Q_{maks} :

1. Coba Harga t (lamanya hujan)

Dicoba untuk $t = 2,7$ jam

2. Hitung Harga β berdasarkan persamaan 3.31

$$\begin{aligned}\beta &= \frac{120 + \frac{t+1}{t+9} \times A}{120+A} \\ &= \frac{120 + \frac{2,7+1}{2,7+9} \times 21,3}{120 + 21,3} \\ \beta &= 0,8969\end{aligned}$$

3. Hitung I Berdasarkan Persamaan 3.32

$$\begin{aligned}I &= \frac{67,65}{t + 1,45} \\ &= \frac{67,65}{2,7 + 1,45} \\ I &= 16,3012 \text{ mm/jam}\end{aligned}$$

4. Cek Harga t Hitung dengan t Coba

$$\begin{aligned}t &= \frac{0,476 \times A^{3/8}}{(\alpha \times \beta \times I)^{1/8} \times (S)^{1/4}} \\ t &= \frac{0,476 \times 21,185^{3/8}}{(0,9040 \times 0,8969 \times 16,3012)^{1/8} \times (0,025)^{1/4}} \\ t &= 1,73 \text{ (} t_i \approx t \text{)}\end{aligned}$$

5. Hitung Q_{maks}

$$\begin{aligned}Q_{maks} &= \alpha \times \beta \times I \times A \\ &= 0,9040 \times 0,8969 \times 16,3012 \times 21,3 \\ &= 281,5341 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

b. Hitung Curah Hujan Periode Ulang 15, 25, dan 50 Tahun

$$R_i = \frac{m_i}{m_n} \times R_n$$

Dari grafik diperoleh untuk hujan periode ulang 10 tahun $m_{10} = 0,68$ (lihat Lampiran 3) sehingga:

$$\begin{aligned}R_{10} &= \frac{m_{10}}{m_{11}} \times R_{11} \\ R_{10} &= \frac{0,68}{0,7} \times 162,3058 \\ R_{10} &= 157,6685 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dari grafik diperoleh untuk hujan periode ulang 25 tahun $m_{25} = 0,845$ (lihat Lampiran 3) sehingga:

$$R_{25} = \frac{m_{25}}{m_{11}} \times R_{11}$$

$$R_{25} = \frac{0,845}{0,7} \times 162,3058$$

$$R_{25} = 195,9263 \text{ mm/jam}$$

Dari grafik diperoleh untuk hujan periode ulang 50 tahun $m_{50} = 0,95$ (lihat Lampiran 3) sehingga:

$$R_{50} = \frac{m_{50}}{m_{11}} \times R_{11}$$

$$R_{50} = \frac{0,95}{0,7} \times 162,3058$$

$$R_{50} = 258,8331 \text{ mm/jam}$$

c. Hitung debit maksimum dengan periode ulang 25 tahun

$$Q_{25} = Q_{\text{maks}} \times \frac{R_{25}}{240}$$

$$= 281,5341 \times \frac{195,9263}{240}$$

$$= 229,3441 \text{ m}^3/\text{s}$$

5.6.3. Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

Langkah-langkah perhitungan HSS Nakayasu adalah sebagai berikut:

a. Menghitung Waktu Kelambatan (*Time Lag*, T_g)

$$T_g = 0.21 \times L^{0,7} (L < 15 \text{ km})$$

$$= 0,21 \times 14,9^{0,7}$$

$$= 1,39 \text{ Jam}$$

b. Menghitung Waktu Puncak dan Debit Puncak Hidrograf Satuan Sintetis

$$T_p = T_g + 0.8 T_r$$

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

$$= 0,7 \times 1,39$$

$$= 0,97 \text{ Jam}$$

$$T_p = 1,39 + 0,8 \times 0,97$$

$$= 2,17 \text{ Jam}$$

c. Menghitung Waktu saat Debit sama dengan 0,3 kali Debit Puncak

$$T_{0,3} = \alpha \cdot T_g$$

$$= 2 \times 1,39$$

$$= 2,78 \text{ Jam}$$

d. Menghitung Waktu Puncak

$$\begin{aligned}
 T_p &= T_g + 0,8T_r \\
 &= 1,39 + 0,8 \times 0,97 \\
 &= 2,17
 \end{aligned}$$

e. Menghitung Debit Puncak Hidrograf Satuan Sintetis

$$\begin{aligned}
 Q_p &= \frac{A \cdot R_o}{3,6 (0,3 t_p + T_{0,3})} \times C \\
 &= \frac{21,3 \cdot 1}{3,6 (0,3 \times 2,17 + 2,78)} \times 0,3847 = 0,66 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.21 Hidrograf Sintetis Nakayasu

No	t (jam)	Hidrogra f Satuan	Hidrograf (m3/det) Akibat Hujan					Total (m3/ja m)
		m3/det/m m	12,800 2	19,040 1	104,42 75	27,142 9	15,157 8	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	0,00	0,00	0,00					0,00
2	1,00	0,10	1,32	0,00				1,32
3	2,00	0,54	8,48	1,96	0,00			10,45
4	2,17	0,66	5,93	12,62	10,78	0,00		29,32
5	3,00	0,46	3,84	8,81	69,22	2,80	0,00	84,68
6	4,00	0,30	2,49	5,72	48,35	17,99	1,56	76,11
7	5,00	0,19	1,88	3,71	31,37	12,57	10,05	59,57
8	6,00	0,15	1,41	2,80	20,35	8,15	7,02	39,73
9	7,00	0,11	1,06	2,10	15,35	5,29	4,55	28,35
10	8,00	0,08	0,79	1,57	11,51	3,99	2,95	20,82
11	9,00	0,06	0,63	1,18	8,62	2,99	2,23	15,65
12	10,00	0,05	0,51	0,94	6,46	2,24	1,67	11,82
13	11,00	0,04	0,00	0,76	5,16	1,68	1,25	8,85
14	12,00			0,00	4,15	1,34	0,94	6,43
15	13,00				0,00	1,08	0,75	1,83
16	14,00					0,00	0,60	0,60
17	15,00						0,00	0,00
MA X			8,48	12,62	69,22	17,99	10,05	84,68

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

f. Menghitung Bagian Lengkung Naik

Contoh Perhitungan untuk t=1 jam

$$\begin{aligned}
 Q &= Q_p \left(\frac{t}{t_p} \right)^{2,4} \\
 &= 0,66 \left(\frac{1}{2,17} \right)^{2,4} = 0,10
 \end{aligned}$$

Demikian seterusnya untuk baris berikutnya sampai mencapai waktu puncak (T_p) cara perhitungannya adalah sama.

g. Menghitung Bagian Lengkung Turun

1. Untuk $t_p < t < t_{0,3}$

Contoh perhitungan untuk $t = 3$

$$Q = Q_p \times 0,3^{\frac{t-t_p}{t_{0,3}}}$$

$$= 0,66 \times 0,3^{\frac{3-2,17}{2,78}} = 0,46$$

Demikian seterusnya untuk baris berikutnya sampai $t_{0,3}$ cara perhitungannya adalah sama.

2. Untuk $t_{0,3} < t < 1,5 t_{0,3}$

Contoh perhitungan untuk $t = 6$

$$Q = Q_p \times 0,3^{\frac{t-t_p+0,5 t_{0,3}}{1,5 t_{0,3}}}$$

$$= 0,66 \times 0,3^{\frac{6-2,17+0,5 \times 2,78}{1,5 \times 2,78}} = 0,15$$

Demikian seterusnya untuk baris berikutnya sampai $1,5 t_{0,3}$ cara perhitungannya adalah sama

3. Untuk $t > 1,5$

Contoh perhitungan untuk $t = 10$

$$Q = Q_p \times 0,3^{\frac{t-t_p+1,5 t_{0,3}}{2 t_{0,3}}}$$

$$= 0,66 \times 0,3^{\frac{10-2,17+1,5 \times 2,78}{2 \times 2,78}} = 0,05$$

Demikian seterusnya untuk nilai t berikutnya cara perhitungannya adalah sama.

h. Hidrograf akibat hujan

1. Contoh perhitungan untuk $t=1$

$$\text{Kolom (4)} = 12,8002 \times 1 = 1,32 \text{ m}^3/\text{det}$$

2. Contoh perhitungan untuk $t=2$

$$\text{Kolom (5)} = 19,0401 \times 2 = 12,62 \text{ m}^3/\text{det}, \text{ kemudian diturunkan 1 baris}$$

3. Contoh perhitungan untuk $t=3$

$$\text{Kolom (6)} = 104,4275 \times 3 = 69,22 \text{ m}^3/\text{det}, \text{ kemudian diturunkan 2 baris.}$$

4. Contoh perhitungan untuk $t=4$

Kolom (7) = $27,1429 \times 4 = 17,99 \text{ m}^3/\text{det}$, kemudian diturunkan 3 baris.

5. Contoh Perhitungan untuk $t=5$

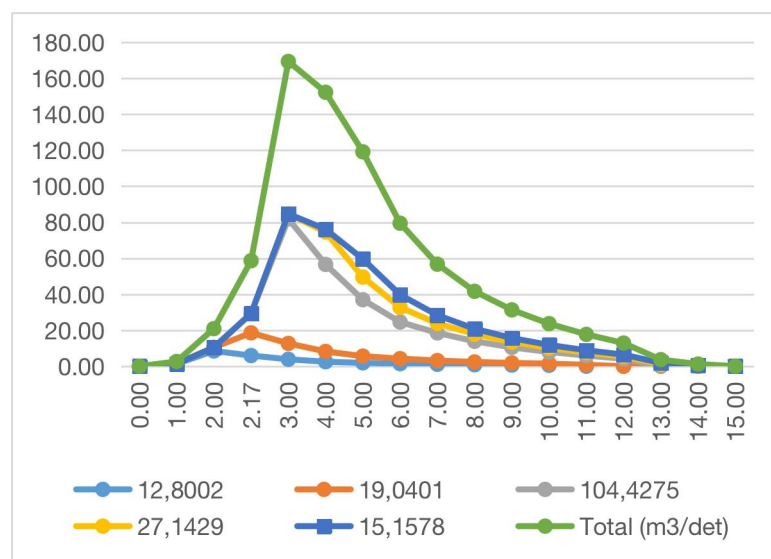
Kolom (8) = $15,1578 \times 5 = 10,05 \text{ m}^3/\text{det}$, kemudian diturunkan 4 baris

i. Total Hidrograf Langsung

Contoh Perhitungan untuk $t=3$

Kolom (9) = Kolom (4) + Kolom (5) + Kolom (6) + Kolom (7) + Kolom (8)

= $3,84 + 8,81 + 69,22 + 2,80 + 0 = 84,68 \text{ m}^3/\text{det}$.



Gambar 5.4 Grafik Satuan Sintetis Nakayasu

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

Berikut debit banjir rencana dengan kala ulang 25 tahun.

a. Metode Rasional sebesar $77.60 \text{ m}^3/\text{det}$.

b. Metode Weduwen sebesar $229,23 \text{ m}^3/\text{det}$.

c. HSS Nakayasu sebesar $84,68 \text{ m}^3/\text{det}$.

Rata-rata debit banjir rencana Metode Rasional, Weduwen, dan HSS Nakayasu adalah $130,50 \text{ m}^3/\text{det}$. Debit yang digunakan adalah debit rencana HSS Nakayasu karena jumlah debit maksimumnya mendekati nilai debit banjir rencana rata-rata.

5.7. Pemodelan HEC-RAS

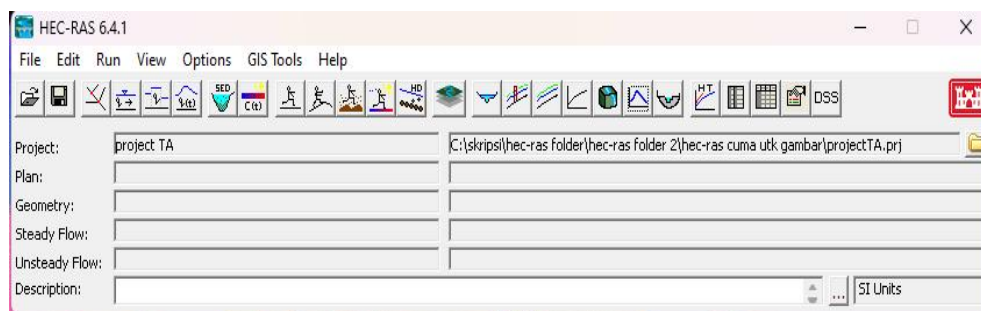
HEC-RAS merupakan program aplikasi pemodelan aliran sungai. penelitian ini menggunakan program HEC-RAS sebagai alat bantu untuk menganalisis kapasitas saluran sungai dalam menampung debit yang dihasilkan dari analisa debit banjir rencana. Penelitian ini menggunakan data *Digital Elevation Model* (DEM) untuk menganalisa bentuk DAS, karakteristik DAS, elevasi, dan kemiringan dasar saluran.

5.7.1 Analisis Pemodelan HEC-RAS

Berikut adalah cara untuk analisis pemodelan banjir dengan menggunakan HEC-RAS

a. Membuat project baru di HEC-RAS

Pemodelan yang dilakukan di HEC-RAS dibutuhkan ketelitian yang cukup dikarenakan *software* ini dikembangkan oleh *US Army Corps* (USAC) sehingga terdapat perbedaan yang harus dilakukan terutama di bagian satuan dari *Us Customary Units*, menjadi *SI Units*.

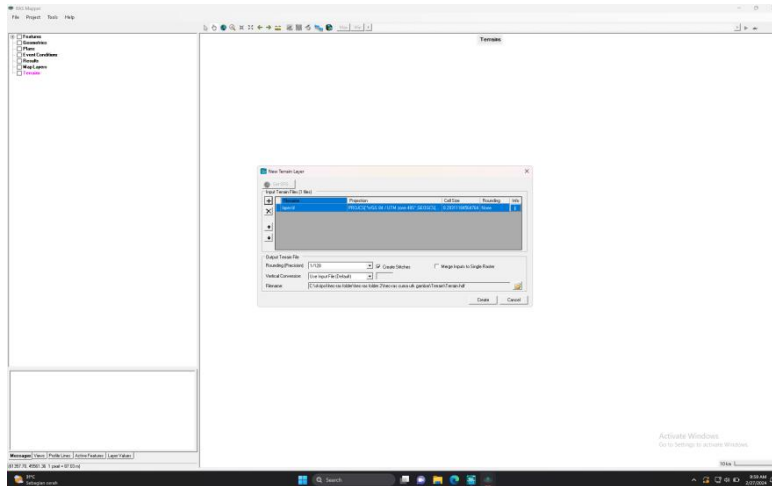


Gambar 5.5 Project Baru di HEC-RAS

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

b. Membuat *Terrain* di *RAS Mapper*

Salah satu cara memasukkan data *Terrain* ke lembar pengerjaan di *Ras Mapper* adalah dengan klik kanan di layer *Terrain* lalu klik *Create a new RAS terrain*, setelah itu pilih *terrain* yang digunakan untuk menganalisis.

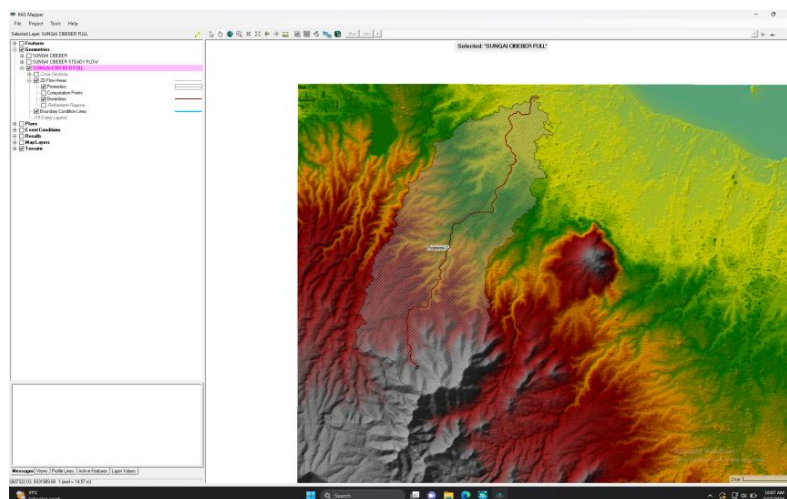


Gambar 5.6 Input *New Terrain* di *Ras Mapper*

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

c. Membuat Bentuk Sungai

Pembuatan bentuk sungai dibutuhkan koordinat sungai yang akan ditinjau. Data bentuk sungai didapatkan dari hasil analisis menggunakan aplikasi QGIS. Salah satu cara memasukan data bentuk sungai adalah dengan klik kanan di layer *Geometry*, lalu klik *Create a New Geometry*. Pembuatan bentuk DAS berada di *layer 2D Flow Area* lalu tambahkan *parameter* sebagai bentuk DAS, dan *Breakline* sebagai garis sungai.

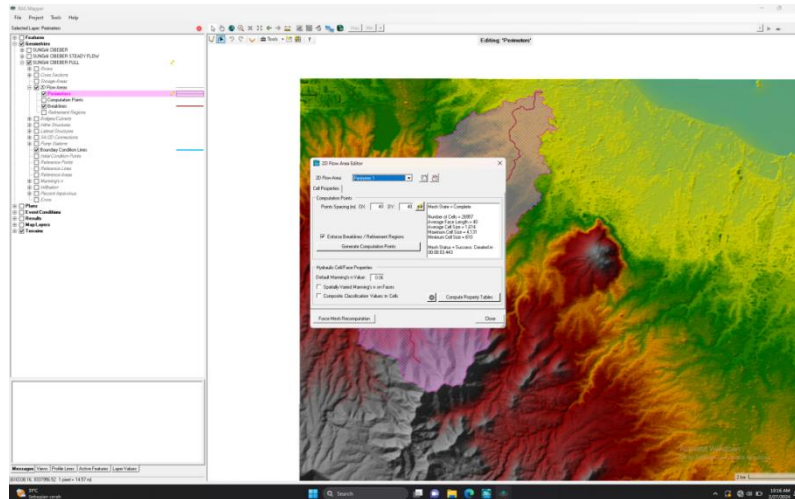


Gambar 5.7 Data *Geometry*

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

d. *Generate All Meshes*

Setelah perimeter selesai digambar, maka dilaukan *Generate all meshes* dimana proses ini akan menghasilkan grid pada semua area yang telah **ditandai**.

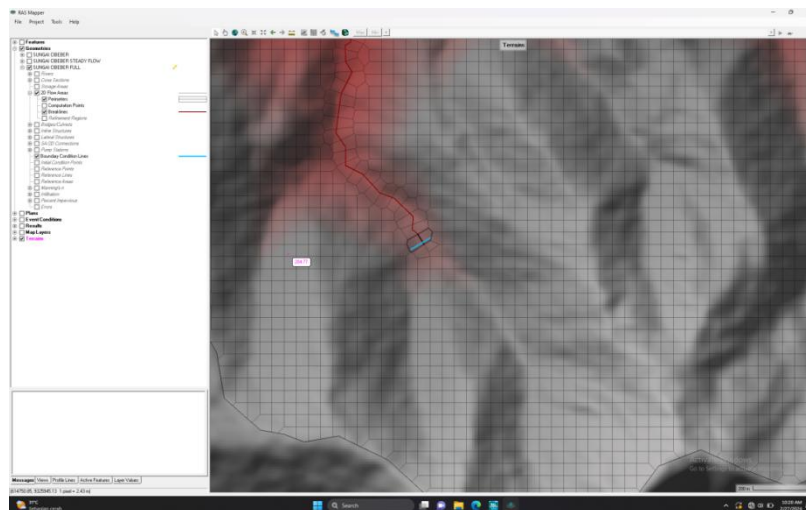


Gambar 5.8 *Generate All Meshes*

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

e. *Boundary Condition*

Pembuatan *Boundary Condition* dilakukan dengan menambahkan *Boundary Condition Line* di *layer Geometry* lalu buat garis sepanjang *mesh* yang ada di hulu sungai.

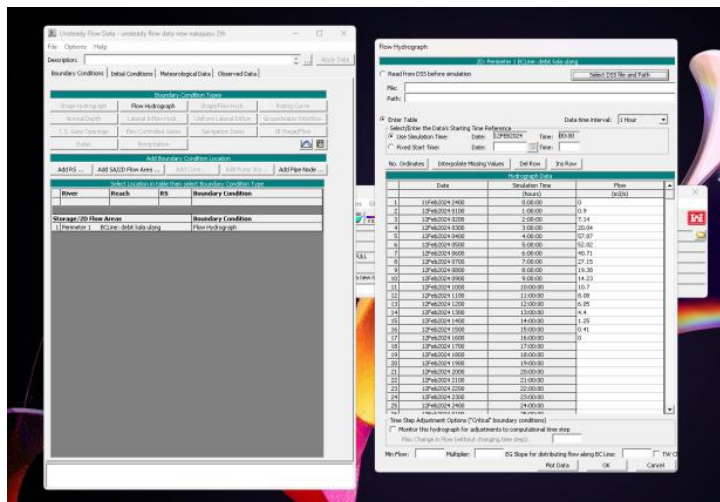


Gambar 5.9 *Input Boundary Condition*

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

f. *Input Unsteady Flow Data*

Selanjutnya beralih dari *Ras Mapper* dan membuka *Unsteady Flow Data*. Pada bagian ini akan muncul kolom *BC Line* yang telah dibuat sebelumnya. *BC Line* diisi dengan data debit hujan kala ulang 25 Tahun.

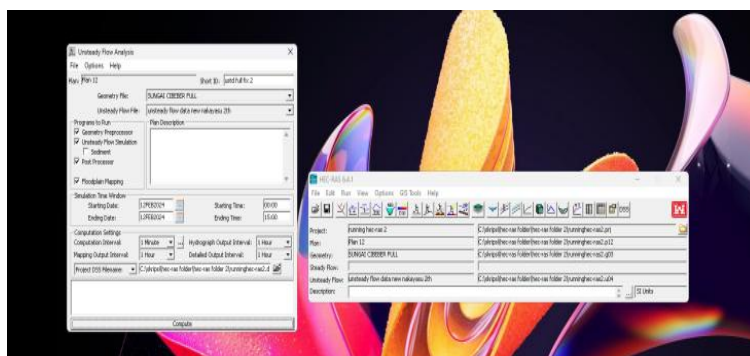


Gambar 5.10 Input *Unsteady Flow Data*

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

g. *Running Hec-Ras*

Langkah terakhir adalah membuka *Unsteady Flow Simulation*. Pada bagian ini akan ditentukan tanggal kejadian hujan dan berapa lama waktu komputasi yang diperlukan. Komputasi akan berjalan baik jika pada *Ras Mapper* tidak ditemukan kesalahan apapun, terutama yang berkaitan dengan *Geometry* sungai.

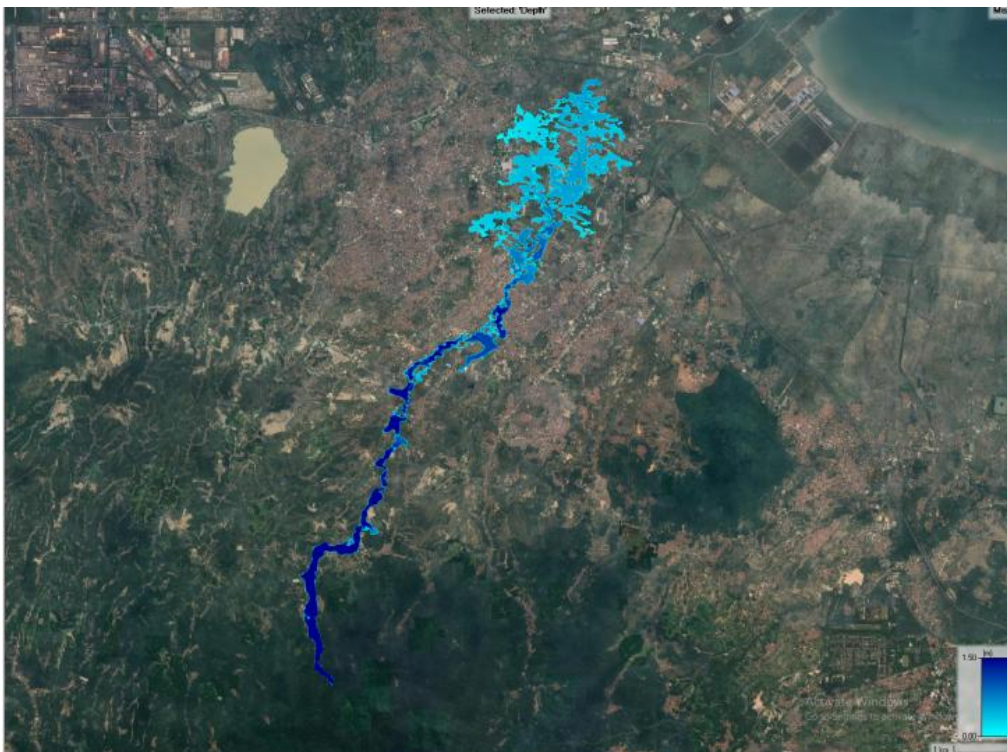


Gambar 5.11 *Running HEC-RAS*

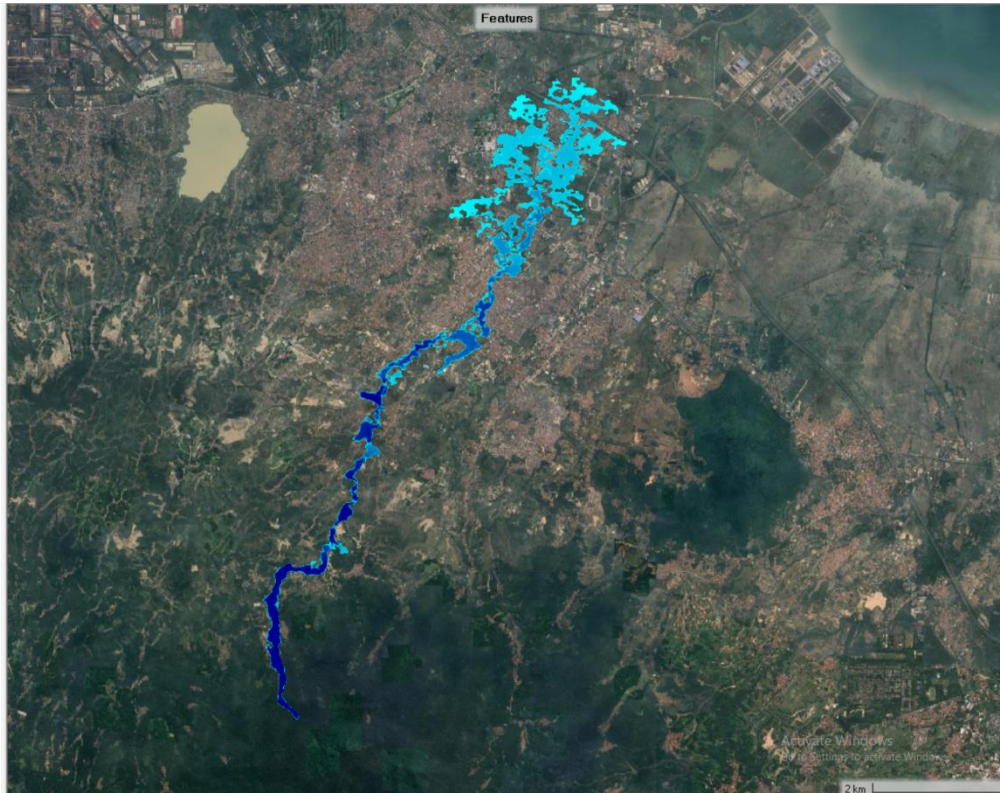
(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

5.7.2 Model Genangan Banjir

Analisa banjir dengan menggunakan Hec-Ras dan *Floodmapping* guna mendapatkan luas genangan dan tinggi genangan. Hasil pemodelan genangan banjir menggunakan debit rencana periode ulang 25 Tahun dan periode ulang 2 Tahun.



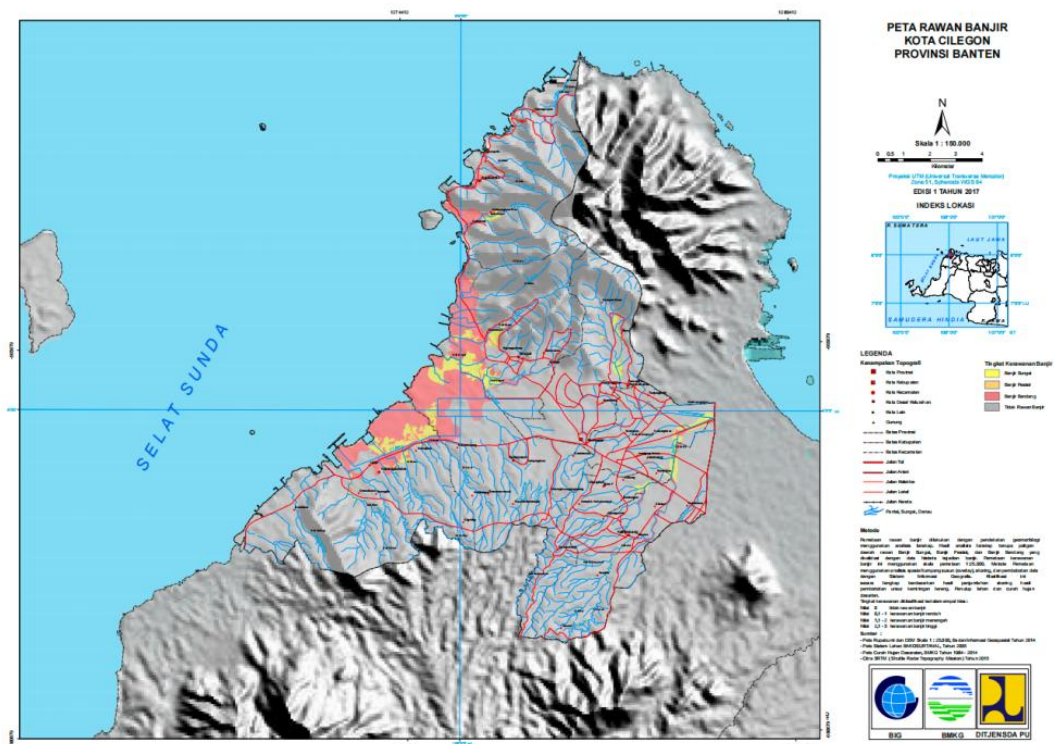
Gambar 5.12 Peta Genangan pada Sungai Cibeber dengan Pemodelan *Floodmap* Periode Ulang 25 Tahun (Sumber: Hasil Analisis, 2024)



Gambar 5.13 Peta Genangan pada Sungai Cibeber dengan Pemodelan *Floodmap* Periode Ulang 2 Tahun (Sumber: Hasil Analisis, 2024)

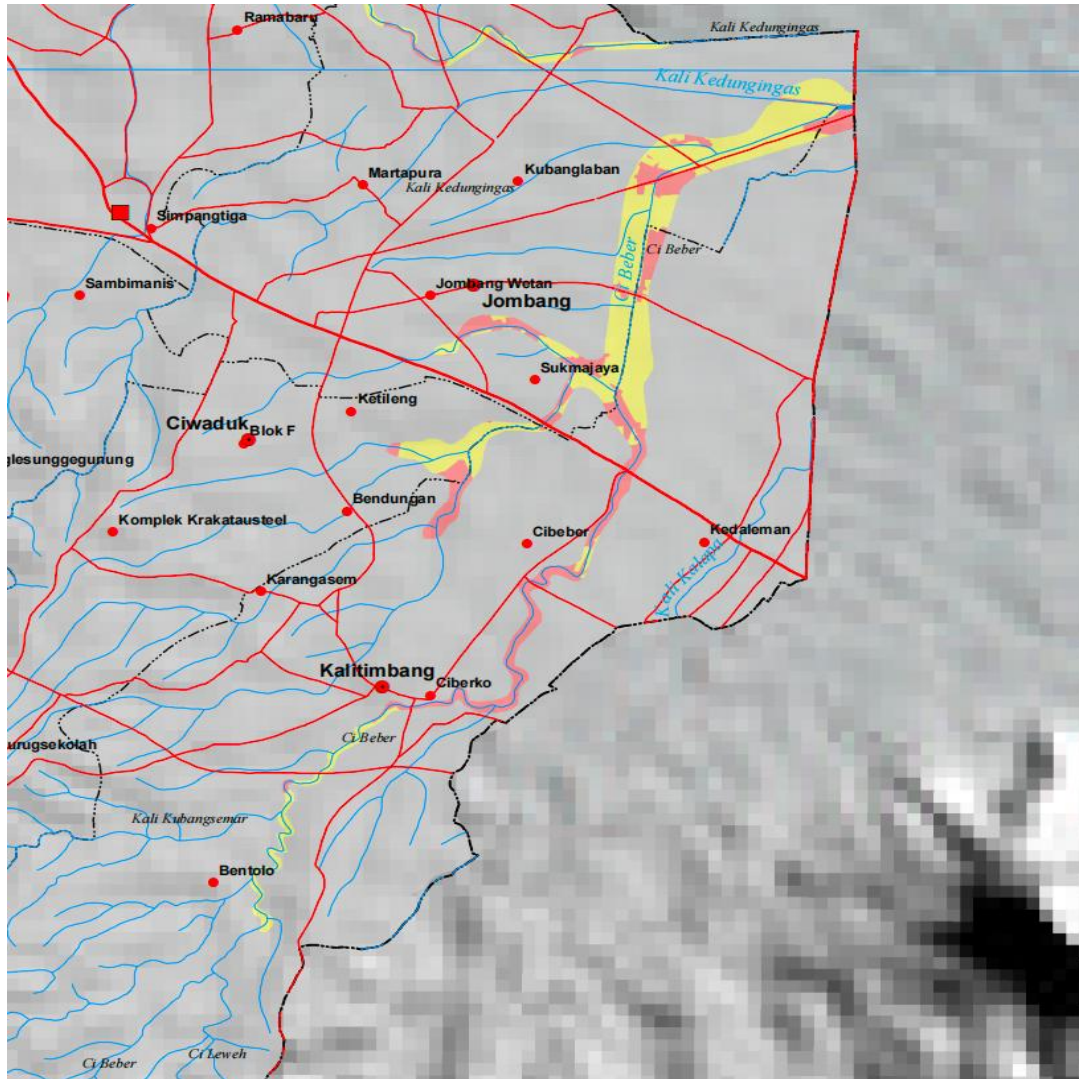
Berdasarkan Gambar 5.13, menunjukkan bahwa kapasitas Sungai Cibeber tidak mampu menampung debit banjir periode ulang 2 Tahun dan periode ulang 25 tahun. Hal ini dibuktikan dengan terdapatnya genangan di DAS Cibeber dari mulai resiko bahaya rendah (tinggi genangan <0,75) sampai resiko bahaya tinggi (tinggi genangan >1,5m).

Hasil Pemodelan divalidasi dengan membandingkan hasil *Running Hec-Ras* dengan peta rawan banjir kota cilegon pada tahun 2017.



Gambar 5.14 Peta Banjir Kota Cilegon Tahun 2017

(Sumber: Kajian Resiko Bencana, 2017)



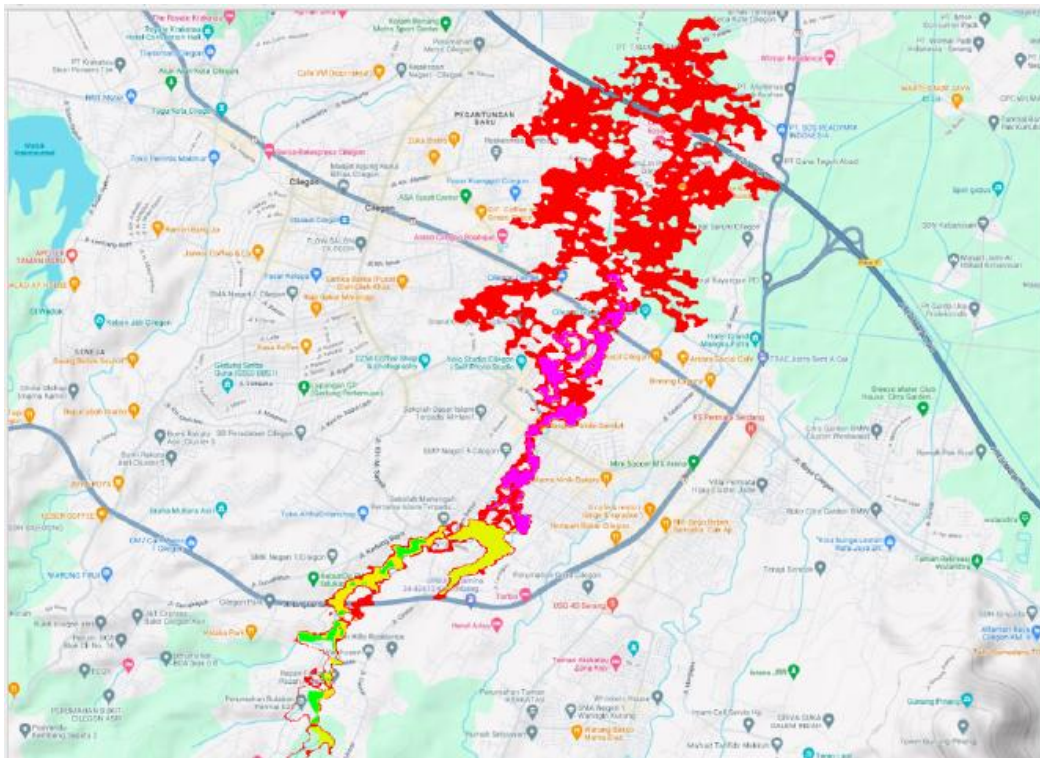
Gambar 5.15 Peta Banjir Sungai Cibeber Tahun 2017

(Sumber: Kajian Resiko Bencana, 2017)

Data tersebut menunjukkan bahwa titik genangan banjir yang ada di peta rawan banjir mirip dengan peta hasil *running* hec-ras. Detail lokasi banjir dapat dilihat pada **Lampiran 5**

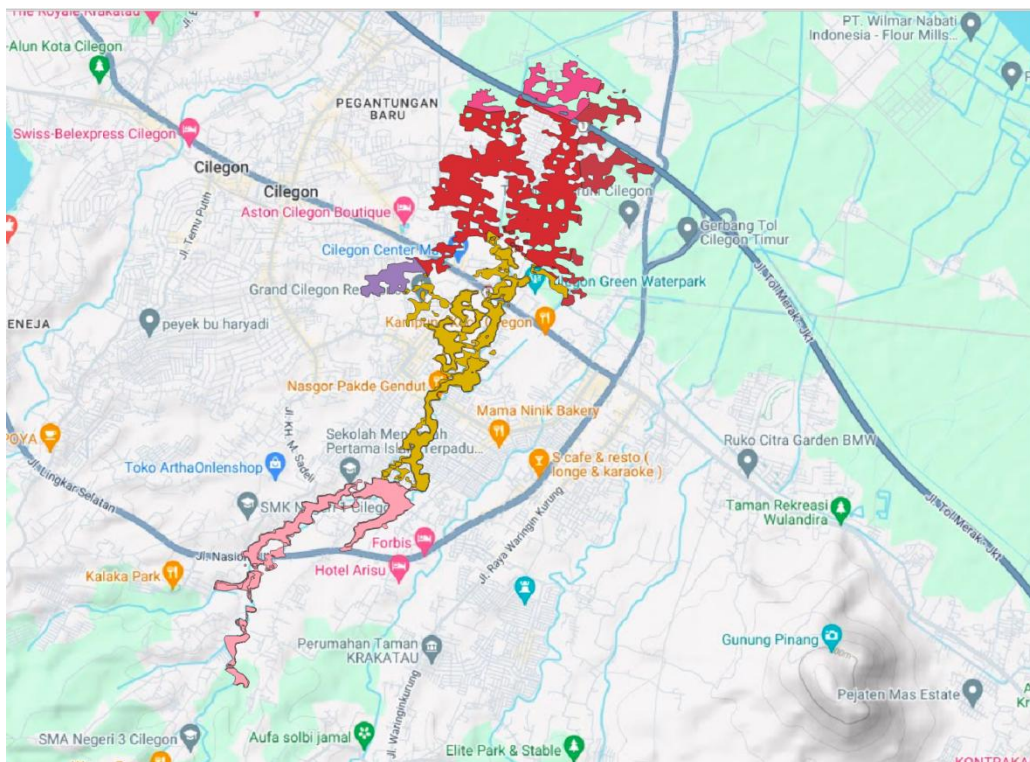
5.7.3 Luas Genangan Banjir

Setiap genangan yang terbentuk dari pemodelan memiliki kedalaman maksimum dan luasan area genangan masing-masing. Guna mengetahui kedalaman banjir dilakukan analisis menggunakan aplikasi QGIS untuk memisahkan luas dan tinggi genangan, lalu dilakukan pengukuran secara manual. Detail pengukuran dapat dilihat pada **Lampiran 4**.



Gambar 5.16 Genangan Banjir Debit Rencana 25 Tahun

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)



Gambar 5.17 Genangan Banjir Debit Rencana 2 Tahun

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

Berdasarkan Gambar 5.12, Gambar 5.13, Gambar 5.16, dan Gambar 5.17, diperoleh luas genangan dan tinggi genangan banjir pada DAS Cibeber di Kota Cilegon. Berdasarkan hasil analisa, diperoleh luas genangan dan tinggi genangan banjir Sungai Cibeber dengan pemodelan *floodmap* ditunjukkan pada Tabel 5.22 dan Tabel 5.23.

Tabel 5.22 Luas Genangan Berdasarkan Tinggi Genangan untuk Debit Rencana 25 Tahun

No	Kelurahan	Luas Genangan (Ha)			Total (Ha)
		<0,75 (m)	0,75-1,5 (m)	>1,5 (m)	
1	Cibeber	194,44	26,6	1,2	222,24
2	Karangasem	0,64			0,64
3	Kalitimbang	60,82	26,2	7,2	94,22
4	Kedaleman	34,85			34,85
5	Ketileng	11,38			11,38
6	Sukmajaya	119,70			119,70
7	Panggungrawi	51,86			51,86

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

Tabel 5.23 Luas Genangan Berdasarkan Tinggi Genangan untuk Debit Rencana 2 Tahun

No	Kelurahan	Luas Genangan (Ha)			Total (Ha)
		<0,75 (m)	0,75-1,5 (m)	>1,5 (m)	
1	Cibeber	54,65	11,6		66,25
2	Karangasem	0			
3	Kalitimbang	16,96	24,9	1,9	43,76
4	Kedaleman	26,11			26,11
5	Ketileng	9,65			9,65
6	Sukmajaya	104,36			104,36
7	Panggungrawi	20,02			20,02

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

Berdasarkan Tabel 5.22 dan 5.23, menunjukkan bahwa luas genangan dan tinggi banjir akibat debit banjir rencana 2 tahun lebih kecil dibandingkan dengan debit banjir rencana 25 tahun. Adapun contoh untuk Kelurahan Cibeber dengan luas genangan 194.44 Ha (tinggi genangan < 0,75m), 26.6 Ha (tinggi genangan 0,75-1,5), dan 1.2 Ha (tinggi genangan >1,5) untuk periode ulang 25 tahun. Sedangkan luas genangan

dengan periode ulang 2 tahun adalah 54,65 Ha (tinggi genangan <0,75), 11,6 (tinggi genangan 0,75-1,5), dan tidak ada genangan dengan tinggi genangan >1,5 m.

Debit banjir rencana periode ulang 25 tahun di Kelurahan Karangasem terdapat genangan seluas 0,64 Ha (tinggi genangan <0,75m), dan tidak ada genangan setinggi >0,75 m. Sedangkan debit banjir rencana periode ulang 2 tahun tidak menyebabkan genangan di kelurahan tersebut.

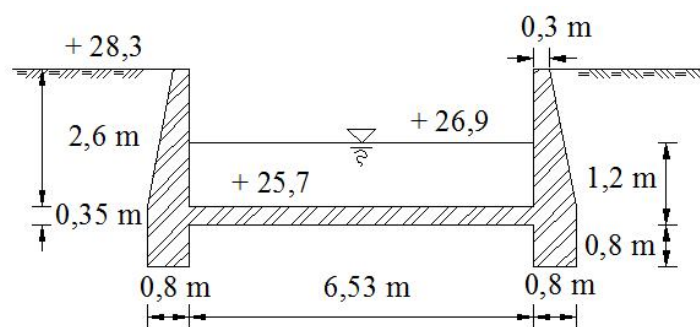
Selanjutnya data dibandingkan dengan kondisi di lapangan. Berikut ini adalah perbandingan antara debit saluran yang eksisting (Q_s) di lapangan dengan debit rencana berdasarkan curah hujan yang terjadi di daerah sekitar Sungai Cibeber (Q_T).

Tabel 5.24 Hasil Perbandingan Q_s dengan Q_T di Eksisting

Profil	Debit (m^3/s)		Keterangan
	Eksisting	Rencana	
1	45.424	84.677	TIDAK AMAN!!!
2	17.214	84.677	TIDAK AMAN!!!
3	30.198	84.677	TIDAK AMAN!!!
4	13.017	84.677	TIDAK AMAN!!!
5	38.638	84.677	TIDAK AMAN!!!
6	16.496	84.677	TIDAK AMAN!!!
7	18.339	84.677	TIDAK AMAN!!!
8	35.396	84.677	TIDAK AMAN!!!

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

Contoh perhitungan profil 1 (HM 1+00)



Gambar 5.18 Kondisi Eksisting di Lapangan

(Sumber: Observasi Lapangan, 2024)

Luas saluran (A)

$$A = B \times H = 6,53 \times 1,2 = 7,836 \text{ m}^2$$

Keliling basah saluran (P)

$$P = B + 2H = 6,53 + (2 \times 1,2) = 8,93 \text{ m}$$

Jari – jari hidraulis (R)

$$R = \frac{A}{P} = \frac{7,836}{8,93} = 0,8775 \text{ m}$$

Kecepatan aliran (V)

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \\ &= \frac{1}{0,025} \times 0,8775^{2/3} \times 0,025^{1/2} \\ &= 5,79 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Debit aliran (Qs)

$$Q_s = A \times V = 7,836 \times 3,713 = 45,42 \text{ m}^3/\text{s}$$

Berdasarkan Tabel 5.24 dapat disimpulkan bahwa dimensi Sungai Cibeber saat ini tidak mampu menampung debit banjir rencana periode ulang 25 Tahun. Detail kondisi Eksisting dapat dilihat pada **Lampiran 6**.