

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Hidrologi

Data curah hujan untuk penelitian ini menggunakan 3 stasiun yaitu Stasiun Maibit, Stasiun Rengel, dan Stasiun Klotok dan menggunakan Metode Aljabar (rata – rata aritmatik) dan curah hujan yang dipakai yaitu periode 10 tahun.

Tabel 4. 1 Curah Hujan Maksimum Stasiun Maibit, Stasiun Rengel, dan Stasiun Klotok

No	Tahun	Curah Hujan Maksimum			Curah Hujan Rerata
		Rengel (mm)	Maibit (mm)	Klotok (mm)	
1	2015	105,000	108,000	90,000	101,000
2	2016	75,000	132,000	74,000	93,667
3	2017	71,000	134,000	105,000	103,333
4	2018	84,000	60,000	98,000	80,667
5	2019	83,000	69,000	70,000	74,000
6	2020	79,000	80,000	78,000	79,000
7	2021	70,000	75,000	81,000	75,333
8	2022	79,000	79,000	74,000	77,333
9	2023	75,000	46,000	53,000	58,000
10	2024	154,000	83,000	105,000	114,000

Sumber : Hasil Analisis Data (2025)

4.1.1 Uji Konsistensi

Sta. Rengel

$$\begin{aligned}\text{Komulatif Sta. Rengel 1} &= 105,000 + 75,000 \\ &= 180,000 \text{ mm}\end{aligned}$$

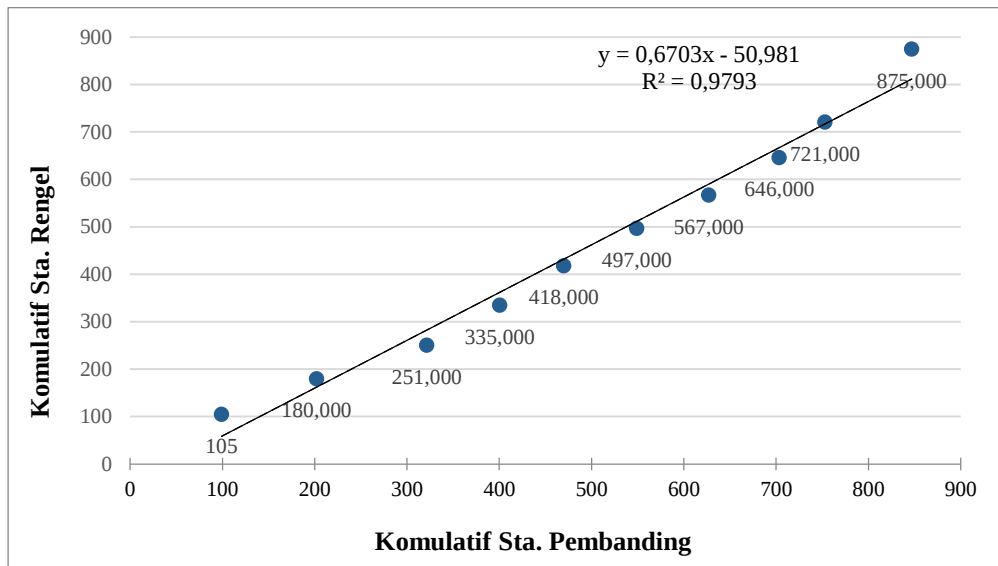
$$\begin{aligned}\text{Nilai Rata – rata Sta. Pembanding 1} &= \frac{\text{Sta (2)} + \text{Sta (3)}}{2} \\ &= \frac{108,000 + 90,000}{2} \\ &= 99,000 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Komulatif Sta. Pembanding 1} &= 99,000 + 103,000 \\ &= 202,000 \text{ mm}\end{aligned}$$

Tabel 4. 2 Uji Konsistensi Sta. Rengel

No	Tahun	Sta.	Kumulatif	Rata - Rata	Kumulatif
		Rengel	Sta. Rengel	Pembanding	Sta Pembanding
1	2015	105,000	105,000	99,000	99,000
2	2016	75,000	180,000	103,000	202,000
3	2017	71,000	251,000	119,500	321,500
4	2018	84,000	335,000	79,000	400,500
5	2019	83,000	418,000	69,500	470,000
6	2020	79,000	497,000	79,000	549,000
7	2021	70,000	567,000	78,000	627,000
8	2022	79,000	646,000	76,500	703,500
9	2023	75,000	721,000	49,500	753,000
10	2024	154,000	875,000	94,000	847,000

Sumber : Hasil Analisis Data (2025)



Gambar 4. 1 Uji Konsistensi Sta. Rengel

Dengan dilaksanakannya uji konsistensi Sta. Rengel dengan Pembanding berupa Sta. Maibit dan Sta. Klotok, Sta. Rengel dapat dikatakan konsisten untuk digunakan sebagai curah hujan rencana.

Sta. Maibit

$$\begin{aligned}\text{Komulatif Sta. Maibit 1} &= 108,000 + 132,000 \\ &= 240,000 \text{ mm}\end{aligned}$$

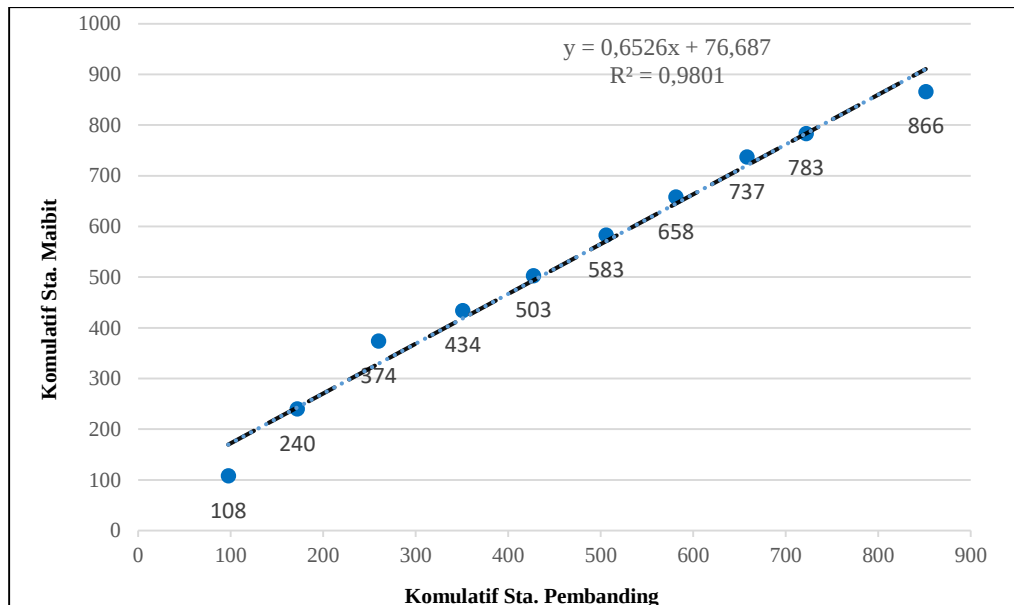
$$\begin{aligned}\text{Nilai Rata - rata Sta. Pembanding 1} &= \frac{\text{Sta (1)} + \text{Sta (3)}}{2} \\ &= \frac{105,000 + 90,000}{2} \\ &= 97,500 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Komulatif Sta. Pembanding 1} &= 97,500 + 74,500 \\ &= 172,000 \text{ mm}\end{aligned}$$

Tabel 4. 3 Uji Konsistensi Sta. Maibit

No	Tahun	Sta.	Komulatif	Rata - Rata	Komulatif
		Maibit	Sta. Maibit	Pembanding	Sta Pembanding
1	2015	108,000	108,000	97,500	97,500
2	2016	132,000	240,000	74,500	172,000
3	2017	134,000	374,000	88,000	260,000
4	2018	60,000	434,000	91,000	351,000
5	2019	69,000	503,000	76,500	427,500
6	2020	80,000	583,000	78,500	506,000
7	2021	75,000	658,000	75,500	581,500
8	2022	79,000	737,000	76,500	658,000
9	2023	46,000	783,000	64,000	722,000
10	2024	83,000	866,000	129,500	851,500

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)



Gambar 4. 2 Uji Konsistensi Sta. Maibit

Dengan dilaksanakannya uji konsistensi Sta. Maibit dengan Pembanding berupa Sta. Rengel dan Sta. Klotok, Sta. Maibit dapat dikatakan konsisten untuk digunakan sebagai curah hujan rencana.

Sta. Klotok

$$\begin{aligned}\text{Komulatif Sta. Klotok 1} &= 90,000 + 74,000 \\ &= 164,000 \text{ mm}\end{aligned}$$

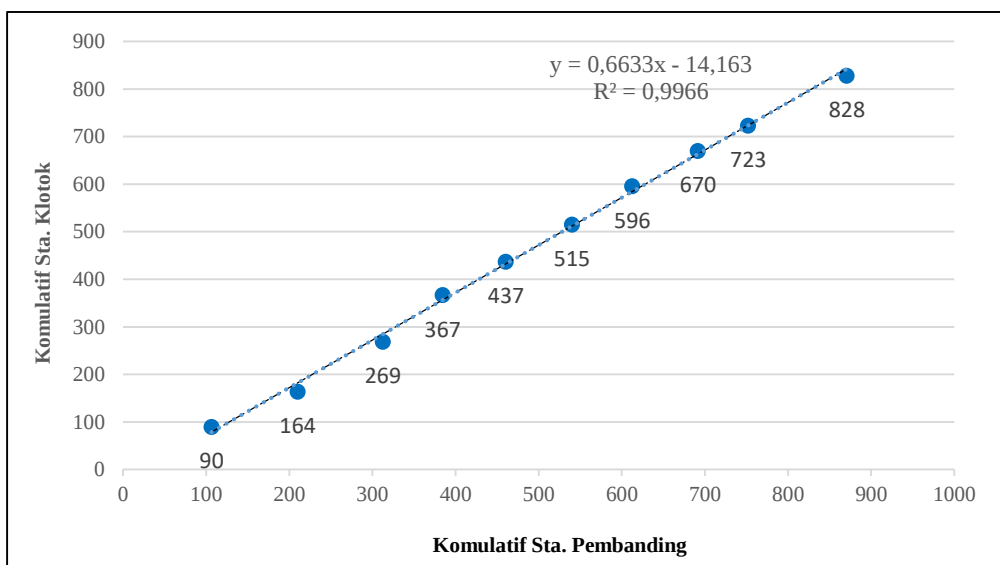
$$\begin{aligned}\text{Nilai Rata - rata Sta. Pembanding 1} &= \frac{\text{Sta (1)} + \text{Sta (2)}}{2} \\ &= \frac{108,000 + 108,000}{2} \\ &= 106,500 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Komulatif Sta. Pembanding 1} &= 106,500 + 103,500 \\ &= 210,000 \text{ mm}\end{aligned}$$

Tabel 4. 4 Uji Konsistensi Sta. Klotok

No	Tahun	Sta.	Komulatif	Rata - Rata	Komulatif
		Klotok	Sta. Klotok	Pembanding	Sta Pembanding
1	2015	90,000	90,000	106,500	106,500
2	2016	74,000	164,000	103,500	210,000
3	2017	105,000	269,000	102,500	312,500
4	2018	98,000	367,000	72,000	384,500
5	2019	70,000	437,000	76,000	460,500
6	2020	78,000	515,000	79,500	540,000
7	2021	81,000	596,000	72,500	612,500
8	2022	74,000	670,000	79,000	691,500
9	2023	53,000	723,000	60,500	752,000
10	2024	105,000	828,000	118,500	870,500

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)



Gambar 4. 3 Uji Konsistensi Sta. Klotok

Tabel 4. 5 Curah Hujan Maksimum

No	Tahun	Curah Hujan Maksimum			Curah Hujan Rerata
		Rengel (mm)	Maibit (mm)	Klotok (mm)	
1	2015	105,000	108,000	90,000	101,000
2	2016	75,000	132,000	74,000	93,667
3	2017	71,000	134,000	105,000	103,333
4	2018	84,000	60,000	98,000	80,667
5	2019	83,000	69,000	70,000	74,000
6	2020	79,000	80,000	78,000	79,000
7	2021	70,000	75,000	81,000	75,333
8	2022	79,000	79,000	74,000	77,333
9	2023	75,000	46,000	53,000	58,000
10	2024	154,000	83,000	105,000	114,000

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)

Dengan dilaksanakannya uji konsistensi Sta. Klotok dengan Pembanding berupa Sta. Rengel dan Sta. Maibit, Sta. Klotok dapat dikatakan konsisten untuk digunakan sebagai curah hujan rencana.

4.1.2 Curah Hujan Rencana

Berdasarkan perhitungan curah hujan maksimum rata – rata di atas, dapat dihitung besar curah hujan rencana dengan *Metode Log Pearson Type III*.

- *Metode Log Pearson Type III*

Metode Log Pearson Type III tidak mempunyai sifat khas. Perhitungan parameter statistik *Log Pearson III* dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4. 6 Perhitungan Parameter Statistik Metode Log Pearson Type III

NO	Xi	Log Xi	(LogXi-Logx)	(LogXi-LogX) ²	(LogXi-LogX) ³	(LogXi-LogX) ⁴
1	101,000	2,004	0,07938	0,006301616	0,000500239	3,97104E-05
2	93,667	1,972	0,04665	0,002175887	0,000101497	4,73449E-06
3	103,333	2,014	0,08930	0,007974808	0,000712165	6,35976E-05
4	80,667	1,907	-0,01824	0,000332863	-0,000006073	1,10798E-07
5	74,000	1,869	-0,05571	0,003103263	-0,000172873	9,63024E-06
6	79,000	1,898	-0,02731	0,000745922	-0,000020372	5,56399E-07
7	75,333	1,877	-0,04795	0,002299344	-0,000110257	5,28698E-06
8	77,333	1,888	-0,03657	0,001337506	-0,000048915	1,78892E-06
9	58,000	1,763	-0,16151	0,026085694	-0,004213118	0,000680463
10	114,000	2,057	0,13197	0,017415077	0,002298201	0,000303285
Σ	856,33	19,2494		0,06777198	-0,000959506	90081,91574
X	85,63	1,92494				

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)

Dari tabel di atas, maka diperoleh nilai rerata 19,2494, nilai $S_i = 0,08678$, dan nilai $C_s = -0,20394 \approx -0,2$. Berikut ini merupakan contoh perhitungan dari hasil tabel di atas.

1. Curah hujan rata – rata

$$\begin{aligned}\log \bar{X} &= \frac{\sum \log X}{n} \\ &= \frac{19,2494}{10} = 1,92494\end{aligned}$$

2. Simpangan Baku

$$\begin{aligned}S_i &= \sqrt{\frac{\sum (\log X - \log \bar{X})^2}{(n-1)}} \\ &= \sqrt{\frac{0,06777198}{9}} \\ &= 0,08677684 \approx 0,08678\end{aligned}$$

3. Koefisien Kepencengan

$$\begin{aligned}C_s &= \frac{n \sum (\log X - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)(S_i)^3} \\ C_s &= \frac{10 \times (-0,000959506)}{(10-1)(10-2)(0,08678)^3} \\ &= -0,20394 \approx -0,2\end{aligned}$$

Pada perhitungan curah hujan rencana digunakan kala ulang 2, 5, 10 tahun, 50, dan 100 tahun.

Tabel 4. 7 Curah Hujan Rencana dengan Metode *Log Pearson Type III*

No	Tr	G	Log XT	XT
1	2 Tahun	0,033	1,9278	84,6842
2	5 Tahun	0,850	1,9987	99,7009
3	10 Tahun	1,258	2,0341	108,1693
4	25 Tahun	1,680	2,0707	117,6857
5	50 Tahun	1,945	2,0937	124,0851
6	100 Tahun	2,178	2,1139	129,9986

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)

Berikut ini merupakan perhitungan nilai X_T .

1. Kala Ulang 2 Tahun

$$\begin{aligned}C_s &= -0,2 ; G = 0,033 \\ \log X_T &= \log \bar{X} + (G \times S_i) \\ &= 1,92494 + (0,0330 \times 0,08678) \\ &= 1,9278 \\ X_2 &= 84,684 \text{ mm}\end{aligned}$$

2. Kala Ulang 5 Tahun

$$\begin{aligned}C_s &= -0,2 ; G = 0,850 \\ \log X_T &= \log \bar{X} + (G \times S_i) \\ &= 1,92494 + (0,850 \times 0,08678) \\ &= 1,99869897 \\ X_5 &= 99,70087505\end{aligned}$$

3. Kala Ulang 10 Tahun
 $C_s = -0,2$; $G = 1,258$
 $\log X_T = \log \bar{X} + (G \times S_i)$
 $= 1,92494 + (1,258 \times 0,8678)$
 $= 2,03410392$
 $X_{10} = 108,16927548$
4. Kala Ulang 25 Tahun
 $C_s = -0,2$; $G = 1,680$
 $\log X_T = \log \bar{X} + (G \times S_i)$
 $= 1,92494 + (1,680 \times 0,8678)$
 $= 2,07072375$
 $X_{25} = 117,68571420$
5. Kala Ulang 50 Tahun
 $C_s = -0,2$; $G = 1,945$
 $\log X_T = \log \bar{X} + (G \times S_i)$
 $= 1,92494 + (1,945 \times 0,8678)$
 $= 2,09371961$
 $X_{50} = 124,0850928$
6. Kala Ulang 100 Tahun
 $C_s = -0,2$; $G = 2,178$
 $\log X_T = \log \bar{X} + (G \times S_i)$
 $= 1,92494 + (2,178 \times 0,8678)$
 $= 2,113938614$
 $X_{100} = 129,9985816$

Dari tabel 4.7 di atas debit banjir rencana merupakan hujan yang mungkin terjadi pada periode T tahun dengan menggunakan Metode *Log Pearson Type III*. Kesimpulan yang didapatkan dari perhitungan ini adalah besar curah hujan yang mungkin terjadi dalam periode ulang 25 tahun sebesar 117,6857 mm.

4.1.3 Pemeriksaan Uji Kesesuaian Distribusi

Pemeriksaan uji kesesuaian ini dimaksudkan untuk mengetahui suatu kebenaran Hipotesis distribusi frekuensi. Pemeriksaan uji kesesuaian dapat dilakukan dengan *Uji Chi – Square* dan *Uji Smirnov – Kolmogorov*. (Soewarno, 1995)

4.1.3.1 Uji secara vertikal dengan Chi – Square

Uji chi – square dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis.

Uji Chi – Square (X^2) Log Pearson Type III

- Jumlah kelas distribusi (G)

$$G = 1 + (3,322 \times \log n)$$

$$G = 1 + (3,322 \times \log 10)$$

$$G = 4,322 \rightarrow 4$$

- Menghitung interval kelas (I)

$$I = \frac{X_{maks} - X_{min}}{\text{Jumlah kelas}}$$

$$I = \frac{114,000 - 58,000}{4}$$

$$I = 12,95696$$

- Menghitung jumlah teoritis pada sub kelompok – I

$$Ei = \frac{n}{k}$$

$$Ei = \frac{10}{4}$$

$$Ei = 2,5$$

- Maka, kelas distribusi :

$$k = \frac{100\%}{4} = 25\%$$

Tabel 4. 8 Perhitungan Chi - Square pada Probabilitas Log Pearson Type III

No	Interval Curah Hujan (mm)			Jumlah		(Ei-Oi)	(Ei-Oi) ²
				Oi	Ei		
1	58,000	$\leq x \leq$	70,9570	2	2,5	0,5	0,25
2	70,9570	$\leq x \leq$	83,9139	4	2,5	-1,5	2,25
3	83,91393	$\leq x \leq$	96,8709	3	2,5	-0,5	0,25
4	96,87089	$\leq x \leq$	109,8279	1	2,5	1,5	2,25
	Total			10	10		5

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)

Tabel di atas merupakan hasil pengujian Uji Chi – Square pada Probabilitas Log Pearson Type III.

- Derajat kebebasan (Dk)

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

$$Dk = 1 + 3,3 \log n$$

$$Dk = 1 + 3,3 \log 10$$

$$Dk = 5$$

Ei : Nilai yang diharapkan 10

Oi : Nilai yang diamati 10

$$X^2 = \frac{\sum(O_i - E_i)^2}{E_i} = \frac{5}{10} = 0,5$$

: 10

Bebas derajat : 1

Taraf signifikan : 5%

Harga yang terhitung : 0,5

Harga standar : 11,07 (Dapat dilihat pada tabel 2.6)

X^2 Hitung : 0,5 < X^2 : 11,07

Karena X^2 hitung < X^2 , maka pengujian *Chi – Square* pada distribusi *Log Pearson Type III* **diterima**.

4.1.3.2 Uji kecocokan Smirnov – Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov – Kolmogorov, biasanya juga disebut uji kecocokan non parametrik. Karena pengujian ini tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu, agar distribusi frekuensi yang dipilih dapat diterima. Maka, harga $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$, dan jika $\Delta_{maks} > \Delta_{cr}$ berarti gagal.

Tabel 4. 9 Pengujian Smirnov-Kolmogorov pada Metode Log Pearson Type III

No	Xi	Log Xi	Probabilitas Empiris		Probabilitas Teoritis	Δ
			Hujan (mm)	Pe(X) %	Pt(X) %	
1	101,000	2,004	101,000	0,09091	1,0000	-0,90909
2	93,667	1,972	93,667	0,18182	2,0000	-1,81818
3	103,333	2,014	103,333	0,27273	3,0000	-2,72727
4	80,667	1,907	80,667	0,36364	4,0000	-3,63636
5	74,000	1,869	74,000	0,45455	5,0000	-4,54545
6	79,000	1,898	79,000	0,54545	6,0000	-5,45455
7	75,333	1,877	75,333	0,63636	7,0000	-6,36364
8	77,333	1,888	77,333	0,72727	8,0000	-7,27273
9	58,000	1,763	58,000	0,81818	9,0000	-8,18182
10	114,000	2,057	114,000	0,90909	10,0000	-9,09091
Jumlah	856,333	19,249	856,333			-50,0000
					Yn	0,4952
Rerata	85,63333	1,924939	85,63333		Sn	0,9496
				Δ	Maks	-0,90909
Std. Deviasi		0,08677684		Δ	Cr dari tabel	41%
					$\Delta_{maks} < \Delta_{Cr}$	MEMENUHI

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)

1. $n = 10$ tahun

2. Rata – rata curah hujan

$$\bar{x} = \frac{\sum Xi}{n} = \frac{856,333}{10} = 85,6333$$

3. Standar deviasi

$$Sd = 0,8678$$

4. $P(X_i)$

$$P(X_i) = \frac{i}{(n-1)} = \frac{1}{(10+1)} = 0,0909$$

5. Nilai K

$$K_1 = \frac{X_i - \tilde{X}}{s} = \frac{2,004 - 1,9249}{0,8678} = 0,9148$$

6. Nilai $P'(X_i)$

$$\text{Rumus, } P'(X_i) = \frac{1}{T}$$

Nilai Y_T ditujukan berdasarkan nilai Y_n dan S_n . Dapat dilihat pada tabel 2.2 dan tabel 2.3

$$Y_n = 0,4952 ; S_n = 0,9496$$

$$Y_T = (K_i \times S_n) + Y_n$$

$$Y_T = (0,914792 \times 0,9496) + 0,4952$$

$$Y_T = 1,3639$$

Nilai T

$$Y_T = -\ln - \ln \left(\frac{T^{r-1}}{Tr} \right)$$

$$T_i = \frac{1}{1 - e^{-e^{Y_T}}}$$

$$T_i = \frac{1}{1 - e^{-e^{0,668655756}}}$$

$$T_i = 1,0204$$

$$\text{Maka, nilai } P'(X_i) = \frac{1}{T} = \frac{1}{1,020422} = 0,9800$$

Nilai ΔP

$$\Delta P = P(X_i) - P'(X_i)$$

$$\Delta P = 0,9090 - 0,980$$

$$\Delta P = -0,88908$$

$$n = 10$$

Taraf signifikan = 5%

Harga $\Delta_{cr} = 41\%$ (Dapat dilihat pada tabel 2.7)

$$\Delta_{maks} = -9,09091$$

Dengan syarat $\Delta_{maks} < \Delta_{cr} = -9,09091 < 0,41$

Maka, pengujian Smirnov – Kolmogorov pada distribusi Log Pearson

Type III **memenuhi**.

4.1.4 Perhitungan Intensitas Hujan

Untuk mengetahui Intensitas Hujan pada Daerah Aliran Sungai diperlukan waktu konsentrasi hujan. Nilai T_c ini sangat penting dalam perencanaan pengendalian banjir, karena mempengaruhi kecepatan aliran hujan yang masuk ke dalam daerah aliran sungai (DAS).

1. Waktu Konsentrasi Hujan (T_c)

Berdasarkan data yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air (PU SDA) bahwa Panjang sungai utama (L) adalah 300 km dan Kemiringan sungai (S) sebesar 0,000243. Maka untuk nilai dari waktu konsentrasi hujan adalah sebagai berikut.

$$Tc = \frac{0,06628L^{0,77}}{S^{0,385}}$$

$$Tc = \frac{0,06628 \times 300^{0,77}}{0,00243^{0,385}}$$

$$Tc = 123,96 \text{ menit}$$

$$Tc = 2,066 \text{ jam} \approx 2 \text{ jam}$$

2. Intensitas Hujan

Diketahui curah hujan periode kala tahun yang dipilih dalam melanjutkan analisis adalah distribusi metode *Log Pearson Type III*. Dapat ditempuh dengan menggunakan rumus *Mononobe*.

Tabel 4. 10 Hujan Periode Ulang T Tahun Log Pearson Type III

Kala Ulang	2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun	50 Tahun	100 Tahun
R (mm)	84,6842	99,7009	108,1693	124,0851	129,9986

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)

- Intensitas Hujan Periode Ulang 2 Tahun

Berdasarkan hasil dari perhitungan waktu konsentrasi hujan didapatkan nilai sebesar 2 jam, dan hujan periode ulang tahun dapat dilihat pada tabel 4.10 dengan nilai sebesar 84,6842 mm. Maka dapat dihitung intensitas hujan periode ulang 2 tahun sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{Tc}\right)^{2/3} = \frac{84,68418}{24} \times \left(\frac{24}{2}\right)^{2/3}$$

$$I = 18,099 \text{ mm/jam}$$

- Intensitas Hujan Periode Ulang 5 Tahun

Berdasarkan hasil dari perhitungan waktu konsentrasi hujan didapatkan nilai sebesar 2 jam, dan hujan periode ulang tahun dapat dilihat pada tabel 4.10 dengan nilai sebesar 99,7009 mm. Maka dapat dihitung intensitas hujan periode ulang 5 tahun sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{Tc}\right)^{2/3} = \frac{99,7009}{24} \times \left(\frac{24}{2}\right)^{2/3}$$

$$I = 21,308 \text{ mm/jam}$$

- Intensitas Hujan Periode Ulang 10 Tahun

Berdasarkan hasil dari perhitungan waktu konsentrasi hujan didapatkan nilai sebesar 2 jam, dan hujan periode ulang tahun dapat dilihat pada tabel 4.10 dengan nilai sebesar 108,1693 mm. Maka dapat dihitung intensitas hujan periode ulang 10 tahun sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{Tc}\right)^{2/3} = \frac{108,1693}{24} \times \left(\frac{24}{2}\right)^{2/3}$$

$$I = 23,118 \text{ mm/jam}$$

- Intensitas Hujan Periode Ulang 25 Tahun

Berdasarkan hasil dari perhitungan waktu konsentrasi hujan didapatkan nilai sebesar 2 jam, dan hujan periode ulang tahun dapat dilihat pada tabel 4.10 dengan nilai sebesar 117,6857 mm. Maka dapat dihitung intensitas hujan periode ulang 10 tahun sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{T_c}\right)^{2/3} = \frac{117,6857}{24} \times \left(\frac{24}{2}\right)^{2/3}$$

$$I = 25,152 \text{ mm/jam}$$

- Intensitas Hujan Periode Ulang 50 Tahun

Berdasarkan hasil dari perhitungan waktu konsentrasi hujan didapatkan nilai sebesar 2 jam, dan hujan periode ulang tahun dapat dilihat pada tabel 4.10 dengan nilai sebesar 124,0851 mm. Maka dapat dihitung intensitas hujan periode ulang 50 tahun sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{T_c}\right)^{2/3} = \frac{124,0851}{24} \times \left(\frac{24}{2}\right)^{2/3}$$

$$I = 26,519 \text{ mm/jam}$$

- Intensitas Hujan Periode Ulang 100 Tahun

Berdasarkan hasil dari perhitungan waktu konsentrasi hujan didapatkan nilai sebesar 2 jam, dan hujan periode ulang tahun dapat dilihat pada tabel 4.10 dengan nilai sebesar 129,9986 mm. Maka dapat dihitung intensitas hujan periode ulang 100 tahun sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{T_c}\right)^{2/3} = \frac{129,9986}{24} \times \left(\frac{24}{2}\right)^{2/3}$$

$$I = 27,783 \text{ mm/jam}$$

Tabel 4. 11 Intensitas Hujan pada DAS Bengawan Solo

Kala Ulang	Tc (Jam)	R (mm)	I (mm/jam)
2	2,065962	84,68418	18,09882
5	2,065962	99,70088	21,30821
10	2,065962	108,1693	23,11809
25	2,065962	117,6857	25,15196
50	2,065962	124,0851	26,51964
100	2,065962	129,9986	27,78348

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)

4.2 Koefisien Aliran

Berdasarkan data tata guna lahan yang diperoleh dari Pekerjaan Umum Sumber Daya Air (PU SDA) dan Harga Koefisien Limpasan akan dapat dilakukan analisa koefisien pengaliran.

Tabel 4. 12 Koefisien Pengaliran DAS Sungai Bengawan Solo

No	Daerah	Luas (km ²)	C
1	Sawah atau tanaman pangan	1,82	0,15
2	Holitikultura atau Perkebunan	0,32	0,4
3	Pemukiman	2,75	0,6
4	Perairan	0,04	0,05
5	Hutan Rimba	0,39	0,02

Sumber : Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah Kab. Tuban

Dihitung dengan persamaan :

$$C = \frac{A_1 C_1 + A_2 C_2 + \dots + A_n C_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

$$C = \frac{1,82 \times 0,15}{1,82} + \frac{0,32 \times 0,4}{0,32} + \frac{2,75 \times 0,6}{2,75} + \frac{0,04 \times 0,05}{0,04} + \frac{0,39 \times 0,02}{0,39}$$

$$C = 0,15 + 0,4 + 0,6 + 0,05 + 0,02$$

$$C = 1,22$$

4.3 Analisa Distribusi Hujan

Analisa distribusi dapat dihitung dengan curah hujan tiap jamnya dengan menggunakan rumus (Sosrodarsono & Takeda, 2003).

Rumus :

$$I = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{t}{tc} \right)^{\frac{2}{3}} \text{ untuk } t \leq tc$$

$$I = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{T-t}{tc} \right)^{\frac{2}{3}} \text{ untuk } t \geq tc$$

Dimana :

R = Curah hujan total

T = Distribusi Hujan

tc = Waktu konsentrasi hujan

R₂₄ = Jumlah hujan dalam sehari

Berdasarkan data distribusi hujan per jam yang sudah dianalisis maka dapat dilakukan analisa curah hujan efektif dimana Distribusi Hujan Rencana yang digunakan adalah analisa dari Metode Log Pearson Type III

Tabel 4. 13 Distribusi hujan rencana metode *Log Pearson Type III*

Kala Ulang	2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun	25 Tahun	50 Tahun	100 Tahun
R (mm)	84,6842	99,7009	108,1693	117,6857	124,0851	129,9986

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)

1. Kala ulang 2 tahun

$$I_1 = 1 \text{ jam} = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{t}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{84,6842}{5} \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 10,44 \text{ mm/jam}$$

$$I_2 = 2 \text{ jam} = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{T-t+tc}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{84,6842}{5} \times \left(\frac{5-2+2}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 33,95 \text{ mm/jam}$$

$$I_3 = 3 \text{ jam} = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{T-t+tc}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{84,6842}{5} \times \left(\frac{5-3+2}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 21,87 \text{ mm/jam}$$

$$I_4 = 4 \text{ jam} = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{T-t+tc}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{84,6842}{5} \times \left(\frac{5-4+2}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 12,43 \text{ mm/jam}$$

$$I_5 = 5 \text{ jam} = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{T-t+tc}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{84,6842}{5} \times \left(\frac{5-5+2}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 5,65 \text{ mm/jam}$$

Tabel 4. 14 CH efektif kala ulang 2 tahun

Durasi (Jam)	Tc (jam)	R (mm)	Curah Hujan Jam - jaman
1	2,065962	84,6842	10,44
2	2,065962	84,6842	33,95
3	2,065962	84,6842	21,87
4	2,065962	84,6842	12,43
5	2,065962	84,6842	5,65

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari koefisien pengaliran, nilai C = 1,22 dengan nilai hujan periode ulang tahunan *Log Pearson Type III* sebesar 84,6842 mm, maka curah hujan efektif untuk periode 2 tahun adalah sebagai berikut.

$$\text{CH efektif 2 tahun} = R \times C = 84,684 \times 1,22 = 103,32 \text{ mm}$$

2. Kala ulang 5 tahun

$$I_1 = 1 \text{ jam} = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{t}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{99,7009}{5} \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 12,29 \text{ mm/jam}$$

$$I_2 = 2 \text{ jam} = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{T-t+tc}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{99,7009}{5} \times \left(\frac{5-2+2}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 39,97 \text{ mm/jam}$$

$$I_3 = 3 \text{ jam} = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{T-t+tc}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{99,7009}{5} \times \left(\frac{5-3+2}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 25,74 \text{ mm/jam}$$

$$I_4 = 4 \text{ jam} = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{T-t+tc}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{99,7009}{5} \times \left(\frac{5-4+2}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 14,64 \text{ mm/jam}$$

$$I_5 = 5 \text{ jam} = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{T-t+tc}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{99,7009}{5} \times \left(\frac{5-5+2}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 6,65 \text{ mm/jam}$$

Tabel 4. 15 CH efektif kala ulang 5 tahun

Durasi (Jam)	Tc (Jam)	R (mm)	Curah Hujan Jam - jaman
1	2,0660	99,7009	12,29
2	2,0660	99,7009	39,97
3	2,0660	99,7009	25,74
4	2,0660	99,7009	14,64
5	2,0660	99,7009	6,65

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari koefisien pengaliran, nilai $C = 1,22$ dengan nilai hujan periode ulang tahunan *Log Pearson Type III* sebesar 99,7009 mm, maka curah hujan efektif untuk periode 5 tahun adalah sebagai berikut.

$$\text{CH efektif 5 tahun} = R \times C = 99,701 \times 1,22 = 121,64 \text{ mm}$$

3. Kala ulang 10 tahun

$$I_1 = 1 \text{ jam} = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{t}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{108,169}{5} \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 13,34 \text{ mm/jam}$$

$$I_2 = 2 \text{ jam} = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{T-t+tc}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{108,169}{5} \times \left(\frac{5-2+2}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 43,36 \text{ mm/jam}$$

$$I_3 = 3 \text{ jam} = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{T-t+tc}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{108,169}{5} \times \left(\frac{5-3+2}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 27,93 \text{ mm/jam}$$

$$I_4 = 4 \text{ jam} = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{T-t+tc}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{108,169}{5} \times \left(\frac{5-4+2}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 15,88 \text{ mm/jam}$$

$$I_5 = 5 \text{ jam} = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{T-t+tc}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{108,169}{5} \times \left(\frac{5-5+2}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 7,21 \text{ mm/jam}$$

Tabel 4. 16 CH efektif kala ulang 10 tahun

Durasi (Jam)	Tc (Jam)	R (mm)	Curah Hujan Jam - jaman
1	2,0660	108,1693	13,34
2	2,0660	108,1693	43,36
3	2,0660	108,1693	27,93
4	2,0660	108,1693	15,88
5	2,0660	108,1693	7,21

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari koefisien pengaliran, nilai $C = 1,22$ dengan nilai hujan periode ulang tahunan *Log Pearson Type III* sebesar 108,1693 mm, maka curah hujan efektif untuk periode 10 tahun adalah sebagai berikut.

$$\text{CH efektif 10 tahun} = R \times C = 108,1693 \times 1,22 = 131,97 \text{ mm}$$

4. Kala ulang 25 tahun

$$I_1 = 1 \text{ jam} = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{t}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{117,6857}{5} \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 13,34 \text{ mm}$$

$$I_2 = 2 \text{ jam} = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{T-t+tc}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{117,6857}{5} \times \left(\frac{5-2+2}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 47,18 \text{ mm}$$

$$I_3 = 3 \text{ jam} = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{T-t+tc}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{117,6857}{5} \times \left(\frac{5-3+2}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 30,39 \text{ mm}$$

$$I_4 = 4 \text{ jam} = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{T-t+tc}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{117,6857}{5} \times \left(\frac{5-4+2}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 17,18 \text{ mm}$$

$$I_5 = 5 \text{ jam} = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{T-t+tc}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{117,6857}{5} \times \left(\frac{5-5+2}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 7,85 \text{ mm}$$

Tabel 4. 17 CH efektif kala ulang 25 tahun

Durasi (Jam)	Tc (Jam)	R (mm)	Curah Hujan Jam - jaman
1	2,0660	117,6857	13,34
2	2,0660	117,6857	47,17
3	2,0660	117,6857	30,39
4	2,0660	117,6857	17,28
5	2,0660	117,6857	7,85

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari koefisien pengaliran, nilai C = 1,22 dengan nilai hujan periode ulang tahunan *Log Pearson Type III* sebesar 117,6857 mm, maka curah hujan efektif untuk periode 25 tahun adalah sebagai berikut.

$$\text{CH efektif 25 tahun} = R \times C = 117,6857 \times 1,22 = 143,577 \text{ mm}$$

5. Kala ulang 50 tahun

$$I_1 = 1 \text{ jam} = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{t}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{124,0851}{5} \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 15,30 \text{ mm}$$

$$I_2 = 2 \text{ jam} = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{T-t+tc}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{124,0851}{5} \times \left(\frac{5-2+3}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 49,74 \text{ mm}$$

$$I_3 = 3 \text{ jam} = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{T-t+tc}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{124,0851}{5} \times \left(\frac{5-3+2}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 32,04 \text{ mm}$$

$$I_4 = 4 \text{ jam} = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{T-t+tc}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{124,0851}{5} \times \left(\frac{5-4+2}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 18,22 \text{ mm}$$

$$I_5 = 5 \text{ jam} = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{T-t+tc}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{124,0851}{5} \times \left(\frac{5-5+2}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 8,27 \text{ mm}$$

Tabel 4. 18 CH efektif kala ulang 50 tahun

Durasi (Jam)	Tc (Jam)	R (mm)	Curah Hujan Jam - jaman
1	2,0660	124,0851	15,30
2	2,0660	124,0851	49,74
3	2,0660	124,0851	32,04
4	2,0660	124,0851	18,22
5	2,0660	124,0851	8,27

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari koefisien pengaliran, nilai $C = 1,22$ dengan nilai hujan periode ulang tahunan *Log Pearson Type III* sebesar 124,0851 mm, maka curah hujan efektif untuk periode 50 tahun adalah sebagai berikut.

$$\text{CH efektif 50 tahun} = R \times C = 124,0851 \times 1,22 = 141,384 \text{ mm}$$

6. Kala ulang 100 tahun

$$I_1 = 1 \text{ jam} = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{t}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{129,9986}{5} \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 20,04 \text{ mm}$$

$$I_2 = 2 \text{ jam} = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{T-t+tc}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{129,9986}{5} \times \left(\frac{5-2+2}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 74,71 \text{ mm}$$

$$I_3 = 3 \text{ jam} = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{T-t+tc}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{129,9986}{5} \times \left(\frac{5-3+2}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 52,11 \text{ mm}$$

$$I_4 = 4 \text{ jam} = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{T-t+tc}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{129,9986}{5} \times \left(\frac{5-4+2}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 33,57 \text{ mm}$$

$$I_5 = 5 \text{ jam} = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{T-t+tc}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{129,9986}{5} \times \left(\frac{5-5+2}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 19,09 \text{ mm}$$

Tabel 4. 19 CH efektif kala ulang 100 tahun

Durasi (Jam)	Tc (Jam)	R (mm)	Curah Hujan Jam - jaman
1	2,0660	129,9986	20,04
2	2,0660	129,9986	74,71
3	2,0660	129,9986	52,11
4	2,0660	129,9986	33,57
5	2,0660	129,9986	19,09

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari koefisien pengaliran, nilai $C = 1,22$ dengan nilai hujan periode ulang tahunan *Log Pearson Type III* sebesar 129,9986 mm, maka curah hujan efektif untuk periode 100 tahun adalah sebagai berikut.

$$\text{CH efektif 100 tahun} = R \times C = 129,9986 \times 1,22 = 158,598 \text{ mm}$$

Tabel 4. 20 Rekap Hasil Curah Hujan Efektif Jam-jaman

Durasi (Jam)	CH Jam-jam an	CH Jam-jam an	CH Jam-jam an	CH Jam-jam an	CH Jam-jam an	CH Jam-jam an	Satuan
	(2 Tahun)	(5 Tahun)	(10 Tahun)	(25 Tahun)	(50 Tahun)	(100 Tahun)	
1	10,4412	12,2927	13,3368	13,3368	15,2992	20,0354	mm
2	33,9461	39,9657	43,3603	47,1750	49,7402	74,7140	mm
3	21,8672	25,7448	27,9315	30,3889	32,0413	52,1107	mm
4	12,4337	14,6385	15,8819	17,2791	18,2187	33,5683	mm
5	5,6456	6,6467	7,2113	7,8457	8,2723	19,0869	mm

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)

Tabel 4. 21 Rekap Hasil Curah Hujan Efektif Kala Ulang

Kala Ulang	CH efektif	Satuan
2 Tahun	103,315	mm
5 Tahun	121,635	mm
10 Tahun	131,967	mm
25 Tahun	143,577	mm
50 Tahun	151,384	mm
100 Tahun	158,598	mm

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)

4.4 Debit Banjir Rencana Metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah Kab. Tuban, Luas Daerah Aliran pada DAS Bengawan Solo sebesar 6273 km² dengan panjang sungai utama 300 km, hasil dari perhitungan koefisien pengaliran C 1,22. R₀ sebesar 1 mm. Maka parameter untuk mencari ordinat hidrograf satuan sintetis Nakayasu dapat dianalisis sebagai berikut.

1. Waktu antara hujan sampai dengan debit puncak (T_g)

$$T_g = 0,4 + 0,05 \times L = 0,4 + 0,05 \times 300 = 15 \text{ jam}$$
2. Waktu Resesi satuan waktu dari curah hujan (T_r)

$$T_r = 0,75 \times T_g = 0,75 \times 15 = 11 \text{ jam}$$
3. Waktu puncak (T_p)

$$T_p = T_g + (0,8 \times T_r) = 15 + (0,8 \times 12) = 24 \text{ jam}$$
4. Nilai α

$$\alpha = \frac{0,47 \times (A \times L)^{0,25}}{T_g} = \frac{0,47 \times (6273 \times 300)^{0,25}}{15} = 1,14$$
5. Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai menjadi 30% dan debit puncak (T_{0,3})

$$T_{0,3} = \alpha \times T_g = 1,13 \times 15 = 17 \text{ jam}$$

$$0,5 \times T_{0,3} = 0,5 \times 17 = 9 \text{ jam}$$

$$1,5 \times T_{0,3} = 1,5 \times 17 = 26 \text{ jam}$$

$$2,0 \times T_{0,3} = 2,0 \times 17 = 35 \text{ jam}$$

$$2,5 \times T_{0,3} = 2,5 \times 17 = 44 \text{ jam}$$

$$T_p + T_{0,3} = 25 + 17 = 42 \text{ jam}$$

$$T_p + T_{0,3} + 1,5T_p = 25 + 17 + (1,5 \times 25) = 78 \text{ jam}$$
6. Debit puncak (Q_p)

$$Q_p = \frac{A \times R_0}{3,6(0,3T_p + T_{0,3})} = \frac{6273 \times 1}{3,6((0,3 \times 25) + 17)}$$

$$Q_p = 70,522 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Berdasarkan Tabel 2.4 karakteristik Lengkung Hidrograf Nakayasu (hal. 19) dapat diperoleh hasil lengkung hidrograf sebagai berikut.

1. Lengkung naik dengan interval $0 < t < T_p = 0 < t < 24$
2. Lengkung turun tahap 1
Interval $T_p < t < T_p + T_{0,3} = 24 < t < 42$
3. Lengkung turun tahap 2

Interval $T_p + T_{03} < t < T_p + T_{03} + 1,5 T_p = 42 < t < 79$

4. Lengkung turun tahap 3

Interval $t > T_p + T_{03} + 1,5 T_p = t > 79$

Maka dapat ditentukan debit rencana Nakayasu pada DAS Bengawan Solo

Tabel 4. 22 Perhitungan Ordinat Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Karakteristik	T	Qt	Karakteristik	T	Qt
	Jam	m ³ /detik		Jam	m ³ /detik
Lengkung naik	0	0,00	Lengkung turun tahap 1	25	67,36
	1	0,03		26	62,86
	2	0,18		27	58,65
	3	0,46		28	54,74
	4	0,93		29	51,08
	5	1,58		30	47,66
	6	2,45		31	44,48
	7	3,54		32	41,51
	8	4,88		33	38,73
	9	6,48		34	36,14
	10	8,34		35	33,73
	11	10,49		36	31,48
	12	12,92		37	29,37
	13	15,66		38	27,41
	14	18,71		39	25,58
	15	22,08		40	23,87
	16	25,78		41	22,27
	17	29,81		42	20,79
	18	34,20	Lengkung turun tahap 2	43	19,97
	19	38,93		44	19,07
	20	44,03		45	18,21
	21	49,51		46	17,39
	22	55,35		47	16,60
	23	61,58		48	15,86
	24	70,52		49	15,14
Karakteristik	T	Qt	Karakteristik	T	Qt
	Jam	m ³ /detik		Jam	m ³ /detik
Lengkung turun tahap 2	50	14,46	Lengkung turun tahap 2	75	4,57
	51	13,81		76	4,36
	52	13,18		77	4,16
	53	12,59		78	3,98
	54	12,02		79	3,80
	55	11,48	Lengkung turun tahap 3	80	4,17
	56	10,96		81	4,03
	57	10,47		82	3,89
	58	10,00		83	3,76
	59	9,55		84	3,63
	60	9,12		85	3,51
	61	8,71		86	3,39
	62	8,31		87	3,27
	63	7,94		88	3,16
	64	7,58		89	3,06
	65	7,24		90	2,95
	66	6,91		91	2,85
	67	6,60		92	2,75
	68	6,30		93	2,66
	69	6,02		94	2,57
	70	5,75		95	2,48
	71	5,49		96	2,40
	72	5,24		97	2,32
	73	5,01		98	2,24
	74	4,78		99	2,16

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)

Tabel di atas merupakan hasil perhitungan hidrograf satuan sintetik yang akan digunakan untuk menghitung debit banjir rencana

4.4.1 Debit Rencana HSS Nakayasu Kala Ulang 2 Tahun

Untuk mengetahui Hidrograf Limpasan langsung pada saat terjadi hujan jam – jaman berturut – turut diperlukan parameter curah hujan efektif kala ulang 2 tahun yang sudah diperhitungkan sebelumnya.

Tabel 4. 23 Curah Hujan Efektif Kala Ulang 2 Tahun

Durasi	Jam ke 1	Jam ke 2	Jam ke 3	Jam ke 4	Jam ke 5
Re (mm)	10,44	33,95	21,87	12,43	5,65

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)

Maka perhitungan hidrograf satuan sintetis yang akan digunakan untuk menghitung debit banjir rencana sebagai berikut.

Tabel 4. 24 Debit Rencana HSS Nakayasu Kala Ulang 2 Tahun

Jam	Curah Hujan Jam - jaman						Qp (m ³ /detik)
	Q satuan	R1	R2	R3	R4	R5	
	(m ³ /detik)	10,44	33,95	21,87	12,43	5,65	
0	0,000	0,00					0,00
1	0,033	0,35	0,00				0,35
2	0,175	1,83	5,95	0,00			7,78
3	0,464	4,84	15,75	10,14	0,00		30,73
4	0,925	9,66	31,41	20,23	11,50	0,00	72,81
5	1,581	16,50	53,66	34,57	19,65	8,92	133,31
6	2,448	25,56	83,11	53,54	30,44	13,82	206,49
7	3,545	37,01	120,32	77,51	44,07	20,01	298,92
8	4,884	50,99	165,78	106,79	60,72	27,57	411,85
9	6,479	67,65	219,94	141,68	80,56	36,58	546,40
10	8,343	87,11	283,21	182,44	103,73	47,10	703,60
11	10,487	109,50	356,01	229,33	130,40	59,21	884,44
12	12,923	134,93	438,68	282,59	160,68	72,96	1089,84
13	15,660	163,51	531,59	342,44	194,71	88,41	1320,66
14	18,708	195,34	635,07	409,10	232,61	105,62	1577,73
15	22,077	230,51	749,43	482,77	274,50	124,64	1861,85
16	25,776	269,13	874,99	563,64	320,49	145,52	2173,77
17	29,813	311,28	1012,03	651,92	370,68	168,31	2514,22
18	34,196	357,05	1160,83	747,78	425,19	193,06	2883,90
19	38,934	406,52	1321,67	851,39	484,10	219,81	3283,48
20	44,035	459,78	1494,81	962,92	547,52	248,60	3713,63
21	49,505	516,89	1680,51	1082,54	615,53	279,49	4174,96
22	55,353	577,95	1879,01	1210,41	688,24	312,50	4668,11
23	61,584	643,02	2090,55	1346,68	765,72	347,68	5193,65
24	70,522	736,33	2393,94	1542,11	876,84	398,14	5947,36

25	67,356	703,28	2286,48	1472,89	837,49	380,27	5680,41
26	62,855	656,28	2133,69	1374,47	781,52	354,86	5300,82
27	58,655	612,43	1991,11	1282,62	729,30	331,14	4946,59
28	54,735	571,50	1858,05	1196,91	680,56	309,01	4616,04
29	51,078	533,31	1733,89	1116,92	635,08	288,36	4307,57
30	47,664	497,67	1618,02	1042,29	592,64	269,09	4019,72
31	44,479	464,42	1509,90	972,64	553,04	251,11	3751,10
32	41,507	433,38	1409,00	907,64	516,08	234,33	3500,44
33	38,733	404,42	1314,84	846,99	481,60	218,67	3266,52
34	36,145	377,40	1226,98	790,39	449,41	204,06	3048,23
35	33,729	352,18	1144,99	737,57	419,38	190,42	2844,54
36	31,476	328,64	1068,47	688,28	391,36	177,70	2654,45
37	29,372	306,68	997,07	642,29	365,20	165,82	2477,07
38	27,409	286,19	930,44	599,37	340,80	154,74	2311,54
39	25,578	267,06	868,27	559,31	318,03	144,40	2157,07
40	23,869	249,22	810,24	521,94	296,77	134,75	2012,92
41	22,274	232,56	756,10	487,06	276,94	125,75	1878,41
42	20,785	217,02	705,57	454,51	258,44	117,34	1752,89

Tabel 4. 25 Debit Rencana HSS Nakayasu Kala Ulang 2 Tahun lanjutan

Jam	Curah Hujan Jam - jaman						Qp (m³/detik)
	Q satuan	R1	R2	R3	R4	R5	
	(m³/detik)	10,44	33,95	21,87	12,43	5,65	
43	19,966	208,47	677,77	436,60	248,25	112,72	1683,81
44	19,066	199,08	647,23	416,93	237,06	107,64	1607,94
45	18,207	190,10	618,06	398,14	226,38	102,79	1535,48
46	17,387	181,54	590,21	380,20	216,18	98,16	1466,29
47	16,603	173,36	563,62	363,07	206,44	93,74	1400,22
48	15,855	165,55	538,22	346,71	197,14	89,51	1337,12
49	15,141	158,09	513,97	331,08	188,25	85,48	1276,87
50	14,458	150,96	490,81	316,16	179,77	81,63	1219,33
51	13,807	144,16	468,69	301,92	171,67	77,95	1164,39
52	13,185	137,66	447,57	288,31	163,93	74,44	1111,92
53	12,591	131,46	427,40	275,32	156,55	71,08	1061,81
54	12,023	125,54	408,14	262,91	149,49	67,88	1013,97
55	11,481	119,88	389,75	251,07	142,76	64,82	968,27
56	10,964	114,48	372,19	239,75	136,32	61,90	924,64
57	10,470	109,32	355,42	228,95	130,18	59,11	882,98
58	9,998	104,39	339,40	218,63	124,31	56,45	843,19
59	9,548	99,69	324,11	208,78	118,71	53,90	805,19
60	9,117	95,20	309,50	199,37	113,36	51,47	768,91
61	8,707	90,91	295,56	190,39	108,26	49,15	734,26
62	8,314	86,81	282,24	181,81	103,38	46,94	701,18
63	7,940	82,90	269,52	173,62	98,72	44,82	669,58
64	7,582	79,16	257,37	165,79	94,27	42,80	639,41
65	7,240	75,60	245,78	158,32	90,02	40,88	610,59
66	6,914	72,19	234,70	151,19	85,97	39,03	583,08
67	6,602	68,94	224,13	144,38	82,09	37,27	556,81

68	6,305	65,83	214,03	137,87	78,39	35,59	531,72
69	6,021	62,86	204,38	131,66	74,86	33,99	507,76
70	5,749	60,03	195,17	125,72	71,49	32,46	484,88
71	5,490	57,33	186,38	120,06	68,27	31,00	463,03
72	5,243	54,74	177,98	114,65	65,19	29,60	442,16
73	5,007	52,28	169,96	109,48	62,25	28,27	422,24
74	4,781	49,92	162,30	104,55	59,45	26,99	403,21
75	4,57	47,67	154,99	99,84	56,77	25,78	385,04
76	4,36	45,52	148,00	95,34	54,21	24,61	367,69
77	4,16	43,47	141,33	91,04	51,77	23,51	351,12
78	3,98	41,51	134,97	86,94	49,43	22,45	335,30
79	3,80	39,64	128,88	83,02	47,21	21,43	320,19

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)

4.4.2 Debit Rencana HSS Nakayasu Kala Ulang 5 Tahun

Untuk mengetahui Hidrograf Limpasan langsung pada saat terjadi hujan jam – jaman berturut – turut diperlukan parameter curah hujan efektif kala ulang 5 tahun yang sudah diperhitungkan sebelumnya.

Tabel 4. 26 Curah Hujan Efektif Kala Ulang 5 Tahun

Durasi	Jam ke 1	Jam ke 2	Jam ke 3	Jam ke 4	Jam ke 5
Re (mm)	12,29	39,97	25,74	14,64	6,65

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)

Maka perhitungan hidrograf satuan sintetis yang akan digunakan untuk menghitung debit banjir rencana sebagai berikut.

Tabel 4. 27 Debit Rencana HSS Nakayasu Kala Ulang 5 Tahun

Jam	Curah Hujan Jam - jaman						Qp (m³/detik)
	Q satuan	R1	R2	R3	R4	R5	
	(m³/detik)	12,29	39,97	25,74	14,64	6,65	
0	0,00	0,00					0,00
1	0,03	0,41	0,00				0,41
2	0,18	2,15	7,01	0,00			9,16
3	0,46	5,70	18,54	11,94	0,00		36,18
4	0,93	11,37	36,98	23,82	13,54	0,00	85,72
5	1,58	19,43	63,17	40,70	23,14	10,51	156,95
6	2,45	30,10	97,85	63,03	35,84	16,27	243,10
7	3,54	43,57	141,66	91,25	51,89	23,56	351,93
8	4,88	60,03	195,18	125,73	71,49	32,46	484,89
9	6,48	79,64	258,94	166,80	94,84	43,06	643,29
10	8,34	102,56	333,44	214,79	122,13	55,45	828,37
11	10,49	128,92	419,13	270,00	153,52	69,71	1041,27
12	12,92	158,86	516,47	332,70	189,17	85,89	1283,09
13	15,66	192,50	625,86	403,16	229,24	104,09	1554,84
14	18,71	229,97	747,68	481,64	273,86	124,35	1857,51
15	22,08	271,39	882,33	568,37	323,18	146,74	2192,01
16	25,78	316,85	1030,15	663,59	377,32	171,32	2559,24

17	29,81	366,48	1191,49	767,52	436,41	198,16	2960,06
18	34,20	420,36	1366,68	880,38	500,58	227,29	3395,29
19	38,93	478,61	1556,04	1002,36	569,94	258,79	3865,73
20	44,03	541,31	1759,88	1133,67	644,60	292,69	4372,15
21	49,51	608,55	1978,51	1274,50	724,68	329,05	4915,29
22	55,35	680,43	2212,21	1425,04	810,28	367,91	5495,88
23	61,58	757,04	2461,26	1585,48	901,50	409,34	6114,62
24	70,52	866,90	2818,44	1815,57	1032,33	468,74	7001,98
25	67,36	827,99	2691,94	1734,07	985,99	447,70	6687,70
26	62,86	772,66	2512,05	1618,20	920,11	417,78	6240,79
27	58,65	721,03	2344,18	1510,06	858,62	389,86	5823,75
28	54,74	672,84	2187,53	1409,15	801,24	363,81	5434,58
29	51,08	627,88	2041,35	1314,98	747,70	339,50	5071,42
30	47,66	585,92	1904,94	1227,11	697,73	316,81	4732,52
31	44,48	546,77	1777,64	1145,11	651,11	295,64	4416,27
32	41,51	510,23	1658,85	1068,59	607,60	275,88	4121,15
33	38,73	476,14	1548,00	997,18	567,00	257,45	3845,76
34	36,14	444,32	1444,55	930,54	529,11	240,24	3588,77
35	33,73	414,63	1348,02	868,36	493,75	224,19	3348,95
36	31,48	386,92	1257,94	810,33	460,75	209,21	3125,15
37	29,37	361,06	1173,88	756,18	429,96	195,23	2916,32
38	27,41	336,94	1095,43	705,65	401,23	182,18	2721,43
39	25,58	314,42	1022,23	658,49	374,42	170,01	2539,57
40	23,87	293,41	953,92	614,49	349,40	158,65	2369,87
41	22,27	273,80	890,18	573,43	326,05	148,05	2211,50
42	20,79	255,51	830,69	535,11	304,26	138,15	2063,72

Tabel 4. 28 Debit Rencana HSS Nakayasu Kala Ulang 5 Tahun lanjutan

Jam	Curah Hujan Jam - jaman						Qp
	Q satuan	R1	R2	R3	R4	R5	
	(m³/detik)	12,29	39,97	25,74	14,64	6,65	(m³/detik)
43	19,966	245,44	797,95	514,02	292,27	132,71	1982,39
44	19,066	234,38	762,00	490,86	279,10	126,73	1893,06
45	18,207	223,82	727,66	468,74	266,53	121,02	1807,76
46	17,387	213,73	694,87	447,62	254,52	115,56	1726,30
47	16,603	204,10	663,56	427,45	243,05	110,36	1648,51
48	15,855	194,90	633,66	408,19	232,09	105,38	1574,23
49	15,141	186,12	605,11	389,79	221,64	100,64	1503,29
50	14,458	177,73	577,84	372,23	211,65	96,10	1435,55
51	13,807	169,72	551,80	355,46	202,11	91,77	1370,86
52	13,185	162,08	526,94	339,44	193,00	87,64	1309,09
53	12,591	154,77	503,19	324,14	184,31	83,69	1250,10
54	12,023	147,80	480,52	309,54	176,00	79,92	1193,77
55	11,481	141,14	458,86	295,59	168,07	76,31	1139,97
56	10,964	134,78	438,19	282,27	160,50	72,88	1088,61
57	10,470	128,70	418,44	269,55	153,27	69,59	1039,55
58	9,998	122,91	399,59	257,40	146,36	66,46	992,71
59	9,548	117,37	381,58	245,80	139,76	63,46	947,98
60	9,117	112,08	364,39	234,73	133,47	60,60	905,26

61	8,707	107,03	347,97	224,15	127,45	57,87	864,47
62	8,314	102,21	332,29	214,05	121,71	55,26	825,51
63	7,940	97,60	317,31	204,40	116,22	52,77	788,31
64	7,582	93,20	303,01	195,19	110,99	50,39	752,79
65	7,240	89,00	289,36	186,40	105,99	48,12	718,87
66	6,914	84,99	276,32	178,00	101,21	45,96	686,48
67	6,602	81,16	263,87	169,98	96,65	43,88	655,54
68	6,305	77,50	251,98	162,32	92,29	41,91	626,00
69	6,021	74,01	240,62	155,00	88,14	40,02	597,79
70	5,749	70,68	229,78	148,02	84,16	38,22	570,86
71	5,490	67,49	219,43	141,35	80,37	36,49	545,13
72	5,243	64,45	209,54	134,98	76,75	34,85	520,57
73	5,007	61,55	200,10	128,90	73,29	33,28	497,11
74	4,781	58,77	191,08	123,09	69,99	31,78	474,71
75	4,57	56,12	182,47	117,54	66,83	30,35	453,32
76	4,36	53,60	174,25	112,25	63,82	28,98	432,89
77	4,16	51,18	166,40	107,19	60,95	27,67	413,39
78	3,98	48,87	158,90	102,36	58,20	26,43	394,76
79	3,80	46,67	151,74	97,75	55,58	25,24	376,97

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)

4.4.3 Debit Rencana HSS Nakayasu Kala Ulang 10 Tahun

Untuk mengetahui Hidrograf Limpasan langsung pada saat terjadi hujan jam – jaman berturut – turut diperlukan parameter curah hujan efektif kala ulang 10 tahun yang sudah diperhitungkan sebelumnya.

Tabel 4. 29 Curah Hujan Efektif Kala Ulang 10 Tahun

Durasi	Jam ke 1	Jam ke 2	Jam ke 3	Jam ke 4	Jam ke 5
Re (mm)	13,34	43,36	27,93	15,88	7,21

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)

Maka perhitungan hidrograf satuan sintetik yang akan digunakan untuk menghitung debit banjir rencana sebagai berikut.

Tabel 4. 30 Debit Rencana HSS Nakayasu Kala Ulang 10 Tahun

Jam	Curah Hujan Jam - jaman						Qp (m³/detik)
	Q satuan	R1	R2	R3	R4	R5	
	(m³/detik)	13,34	43,36	27,93	15,88	7,21	
0	0,000	0,00					0,00
1	0,033	0,44	0,00				0,44
2	0,175	2,34	7,60	0,00			9,94
3	0,464	6,19	20,11	12,96	0,00		39,26
4	0,925	12,34	40,12	25,84	14,70	0,00	93,00
5	1,581	21,08	68,54	44,15	25,10	11,40	170,28
6	2,448	32,65	106,16	68,39	38,89	17,66	263,75
7	3,545	47,27	153,69	99,00	56,29	25,56	381,82
8	4,884	65,13	211,75	136,41	77,56	35,22	526,07
9	6,479	86,41	280,93	180,97	102,90	46,72	697,93

10	8,343	111,27	361,76	233,03	132,50	60,16	898,73
11	10,487	139,87	454,74	292,93	166,56	75,63	1129,72
12	12,923	172,35	560,34	360,96	205,24	93,19	1392,08
13	15,660	208,85	679,02	437,40	248,71	112,93	1686,91
14	18,708	249,51	811,19	522,55	297,12	134,91	2015,28
15	22,077	294,44	957,27	616,65	350,63	159,20	2378,19
16	25,776	343,77	1117,65	719,96	409,37	185,88	2776,62
17	29,813	397,61	1292,69	832,72	473,48	214,99	3211,48
18	34,196	456,07	1482,76	955,15	543,10	246,60	3683,68
19	38,934	519,26	1688,20	1087,50	618,35	280,77	4194,08
20	44,035	587,28	1909,36	1229,96	699,36	317,55	4743,51
21	49,505	660,24	2146,56	1382,76	786,23	357,00	5332,79
22	55,353	738,23	2400,11	1546,09	879,10	399,16	5962,69
23	61,584	821,34	2670,32	1720,15	978,08	444,10	6633,99
24	70,522	940,53	3057,84	1969,78	1120,02	508,55	7596,72
25	67,356	898,32	2920,59	1881,36	1069,74	485,73	7255,74
26	62,855	838,29	2725,42	1755,64	998,26	453,27	6770,87
27	58,655	782,27	2543,29	1638,32	931,55	422,98	6318,41
28	54,735	730,00	2373,34	1528,84	869,30	394,71	5896,18
29	51,078	681,21	2214,74	1426,68	811,21	368,34	5502,17
30	47,664	635,69	2066,74	1331,34	757,00	343,72	5134,49
31	44,479	593,21	1928,63	1242,37	706,41	320,75	4791,38
32	41,507	553,57	1799,75	1159,35	659,21	299,32	4471,20
33	38,733	516,58	1679,48	1081,88	615,16	279,32	4172,41
34	36,145	482,06	1567,25	1009,58	574,05	260,65	3893,59
35	33,729	449,84	1462,52	942,12	535,69	243,23	3633,40
36	31,476	419,78	1364,79	879,16	499,89	226,98	3390,60
37	29,372	391,73	1273,59	820,41	466,49	211,81	3164,02
38	27,409	365,55	1188,48	765,59	435,31	197,66	2952,59
39	25,578	341,13	1109,06	714,43	406,22	184,45	2755,28
40	23,869	318,33	1034,95	666,68	379,08	172,12	2571,16
41	22,274	297,06	965,79	622,13	353,75	160,62	2399,34
42	20,785	277,21	901,25	580,56	330,11	149,89	2239,01

Tabel 4. 31 Debit Rencana HSS Nakayasu Kala Ulang 10 Tahun
Lanjutan

Jam	Curah Hujan Jam - jaman						Qp
	Q satuan	R1	R2	R3	R4	R5	
	(m³/detik)	13,34	43,36	27,93	15,88	7,21	(m³/detik)
43	19,966	266,28	865,73	557,68	317,10	143,98	2150,77
44	19,066	254,28	826,72	532,55	302,81	137,49	2053,86
45	18,207	242,83	789,47	508,55	289,16	131,30	1961,31
46	17,387	231,88	753,89	485,64	276,13	125,38	1872,93
47	16,603	221,43	719,92	463,75	263,69	119,73	1788,53
48	15,855	211,46	687,48	442,86	251,81	114,34	1707,94
49	15,141	201,93	656,50	422,90	240,46	109,18	1630,98
50	14,458	192,83	626,92	403,84	229,63	104,26	1557,48
51	13,807	184,14	598,67	385,65	219,28	99,57	1487,30
52	13,185	175,84	571,69	368,27	209,40	95,08	1420,28

53	12,591	167,92	545,93	351,67	199,96	90,79	1356,28
54	12,023	160,35	521,33	335,83	190,95	86,70	1295,16
55	11,481	153,13	497,84	320,69	182,35	82,80	1236,80
56	10,964	146,23	475,41	306,24	174,13	79,07	1181,07
57	10,470	139,64	453,98	292,44	166,28	75,50	1127,85
58	9,998	133,34	433,53	279,27	158,79	72,10	1077,03
59	9,548	127,34	413,99	266,68	151,64	68,85	1028,49
60	9,117	121,60	395,34	254,66	144,80	65,75	982,15
61	8,707	116,12	377,52	243,19	138,28	62,79	937,89
62	8,314	110,89	360,51	232,23	132,05	59,96	895,63
63	7,940	105,89	344,26	221,77	126,10	57,25	855,27
64	7,582	101,12	328,75	211,77	120,41	54,67	816,73
65	7,240	96,56	313,94	202,23	114,99	52,21	779,93
66	6,914	92,21	299,79	193,12	109,81	49,86	744,78
67	6,602	88,06	286,28	184,42	104,86	47,61	711,22
68	6,305	84,09	273,38	176,11	100,13	45,47	679,17
69	6,021	80,30	261,06	168,17	95,62	43,42	648,57
70	5,749	76,68	249,30	160,59	91,31	41,46	619,34
71	5,490	73,22	238,07	153,36	87,20	39,59	591,44
72	5,243	69,92	227,34	146,44	83,27	37,81	564,78
73	5,007	66,77	217,09	139,85	79,52	36,11	539,33
74	4,781	63,77	207,31	133,54	75,93	34,48	515,03
75	4,57	60,89	197,97	127,53	72,51	32,92	491,82
76	4,36	58,15	189,05	121,78	69,24	31,44	469,66
77	4,16	55,53	180,53	116,29	66,12	30,02	448,50
78	3,98	53,03	172,39	111,05	63,14	28,67	428,29
79	3,80	50,64	164,63	106,05	60,30	27,38	408,99

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)

4.4.4 Debit Rencana HSS Nakayasu Kala Ulang 25 Tahun

Untuk mengetahui Hidrograf Limpasan langsung pada saat terjadi hujan jam – jaman berturut – turut diperlukan parameter curah hujan efektif kala ulang 10 tahun yang sudah diperhitungkan sebelumnya.

Tabel 4. 32 Curah Hujan Efektif Kala Ulang 25 Tahun

Durasi	Jam ke 1	Jam ke 2	Jam ke 3	Jam ke 4	Jam ke 5
Re (mm)	13,34	47,17	30,39	17,28	7,85

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)

Maka perhitungan hidrograf satuan sintetik yang akan digunakan untuk menghitung debit banjir rencana sebagai berikut.

Tabel 4. 33 Debit Rencana HSS Nakayasu Kala Ulang 25 Tahun

Jam	Curah Hujan Jam - jaman						Qp (m³/detik)
	Q satuan	R1	R2	R3	R4	R5	
	(m³/detik)	13,34	47,17	30,39	17,28	7,85	
0	0,000	0,00					0,00
1	0,033	0,44	0,00				0,44

2	0,175	2,34	8,27	0,00			10,61
3	0,464	6,19	21,88	14,10	0,00		42,17
4	0,925	12,34	43,65	28,12	15,99	0,00	100,10
5	1,581	21,08	74,57	48,04	27,31	12,40	183,40
6	2,448	32,65	115,50	74,40	42,31	19,21	284,08
7	3,545	47,27	167,21	107,71	61,25	27,81	411,26
8	4,884	65,13	230,38	148,41	84,38	38,32	566,62
9	6,479	86,41	305,65	196,89	111,95	50,83	751,73
10	8,343	111,27	393,58	253,54	144,16	65,46	968,01
11	10,487	139,87	494,74	318,70	181,21	82,28	1216,80
12	12,923	172,35	609,64	392,71	223,30	101,39	1499,38
13	15,660	208,85	738,75	475,89	270,59	122,86	1816,95
14	18,708	249,51	882,56	568,52	323,26	146,78	2170,63
15	22,077	294,44	1041,49	670,90	381,47	173,21	2561,51
16	25,776	343,77	1215,97	783,30	445,38	202,23	2990,65
17	29,813	397,61	1406,42	905,98	515,14	233,90	3459,04
18	34,196	456,07	1613,21	1039,19	590,88	268,29	3967,64
19	38,934	519,26	1836,73	1183,17	672,75	305,47	4517,38
20	44,035	587,28	2077,34	1338,17	760,88	345,48	5109,16
21	49,505	660,24	2335,41	1504,41	855,41	388,40	5743,86
22	55,353	738,23	2611,26	1682,11	956,45	434,28	6422,32
23	61,584	821,34	2905,25	1871,48	1064,12	483,17	7145,37
24	70,522	940,53	3326,86	2143,07	1218,55	553,29	8182,31
25	67,356	898,32	3177,53	2046,88	1163,86	528,46	7815,04
26	62,855	838,29	2965,19	1910,10	1086,08	493,14	7292,81
27	58,655	782,27	2767,04	1782,46	1013,50	460,19	6805,46
28	54,735	730,00	2582,14	1663,34	945,78	429,44	6350,69
29	51,078	681,21	2409,59	1552,19	882,58	400,74	5926,31
30	47,664	635,69	2248,57	1448,47	823,60	373,96	5530,28
31	44,479	593,21	2098,31	1351,67	768,56	348,97	5160,72
32	41,507	553,57	1958,09	1261,35	717,20	325,65	4815,86
33	38,733	516,58	1827,24	1177,06	669,28	303,89	4494,04
34	36,145	482,06	1705,13	1098,40	624,55	283,58	4193,73
35	33,729	449,84	1591,19	1025,00	582,82	264,63	3913,48
36	31,476	419,78	1484,86	956,51	543,87	246,95	3651,96
37	29,372	391,73	1385,63	892,59	507,53	230,45	3407,92
38	27,409	365,55	1293,04	832,94	473,61	215,05	3180,19
39	25,578	341,13	1206,63	777,28	441,96	200,68	2967,67
40	23,869	318,33	1126,00	725,34	412,43	187,27	2769,36
41	22,274	297,06	1050,75	676,87	384,87	174,75	2584,30
42	20,785	277,21	980,54	631,64	359,15	163,07	2411,60

Tabel 4. 34 Debit Rencana HSS Nakayasu Kala Ulang 25 Tahun lanjutan

Jam	Curah Hujan Jam - jaman						Qp (m ³ /detik)
	Q satuan	R1	R2	R3	R4	R5	
	(m ³ /detik)	13,34	47,17	30,39	17,28	7,85	
43	19,966	266,28	941,90	606,74	344,99	156,65	2316,57
44	19,066	254,28	899,45	579,40	329,45	149,59	2212,18
45	18,207	242,83	858,92	553,30	314,60	142,85	2112,50
46	17,387	231,88	820,22	528,36	300,43	136,41	2017,30
47	16,603	221,43	783,26	504,55	286,89	130,26	1926,40
48	15,855	211,46	747,96	481,82	273,96	124,39	1839,59
49	15,141	201,93	714,26	460,11	261,62	118,79	1756,70
50	14,458	192,83	682,07	439,37	249,83	113,44	1677,54
51	13,807	184,14	651,34	419,57	238,57	108,32	1601,95
52	13,185	175,84	621,99	400,67	227,82	103,44	1529,76
53	12,591	167,92	593,96	382,61	217,55	98,78	1460,83
54	12,023	160,35	567,20	365,37	207,75	94,33	1395,00
55	11,481	153,13	541,64	348,91	198,39	90,08	1332,14
56	10,964	146,23	517,23	333,19	189,45	86,02	1272,11
57	10,470	139,64	493,92	318,17	180,91	82,14	1214,79
58	9,998	133,34	471,67	303,83	172,76	78,44	1160,05
59	9,548	127,34	450,41	290,14	164,98	74,91	1107,78
60	9,117	121,60	430,12	277,07	157,54	71,53	1057,86
61	8,707	116,12	410,73	264,58	150,44	68,31	1010,19
62	8,314	110,89	392,23	252,66	143,66	65,23	964,67
63	7,940	105,89	374,55	241,28	137,19	62,29	921,20
64	7,582	101,12	357,67	230,40	131,01	59,49	879,69
65	7,240	96,56	341,56	220,02	125,10	56,80	840,05
66	6,914	92,21	326,17	210,11	119,47	54,24	802,20
67	6,602	88,06	311,47	200,64	114,08	51,80	766,05
68	6,305	84,09	297,43	191,60	108,94	49,47	731,53
69	6,021	80,30	284,03	182,96	104,03	47,24	698,56
70	5,749	76,68	271,23	174,72	99,35	45,11	667,09
71	5,490	73,22	259,01	166,85	94,87	43,08	637,03
72	5,243	69,92	247,34	159,33	90,59	41,14	608,32
73	5,007	66,77	236,19	152,15	86,51	39,28	580,91
74	4,781	63,77	225,55	145,29	82,61	37,51	554,73
75	4,57	60,89	215,39	138,75	78,89	35,82	529,74
76	4,36	58,15	205,68	132,49	75,34	34,21	505,87
77	4,16	55,53	196,41	126,52	71,94	32,67	483,07
78	3,98	53,03	187,56	120,82	68,70	31,19	461,30
79	3,80	50,64	179,11	115,38	65,60	29,79	440,52

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)

4.4.5 Debit Rencana HSS Nakayasu Kala Ulang 50 Tahun

Untuk mengetahui Hidrograf Limpasan langsung pada saat terjadi hujan jam – jaman berturut – turut diperlukan parameter curah hujan efektif kala ulang 50 tahun yang sudah diperhitungkan sebelumnya.

Tabel 4. 35 Curah Hujan Efektif Kala Ulang 50 Tahun

Durasi	Jam ke 1	Jam ke 2	Jam ke 3	Jam ke 4	Jam ke 5
Re (mm)	15,30	49,74	32,04	18,22	8,27

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)

Maka perhitungan hidrograf satuan sintetik yang akan digunakan untuk menghitung debit banjir rencana sebagai berikut.

Tabel 4. 36 Debit Rencana HSS Nakayasu Kala Ulang 50 Tahun

Jam	Curah Hujan Jam - jaman						Qp (m ³ /detik)
	Q satuan	R1	R2	R3	R4	R5	
	(m ³ /detik)	15,30	49,74	32,04	18,22	8,27	
0	0,000	0,00					0,00
1	0,033	0,51	0,00				0,51
2	0,175	2,68	8,72	0,00			11,40
3	0,464	7,10	23,07	14,86	0,00		45,03
4	0,925	14,16	46,02	29,65	16,86	0,00	106,68
5	1,581	24,18	78,62	50,65	28,80	13,08	195,33
6	2,448	37,46	121,79	78,45	44,61	20,25	302,56
7	3,545	54,23	176,31	113,57	64,58	29,32	438,00
8	4,884	74,72	242,91	156,48	88,97	40,40	603,48
9	6,479	99,12	322,27	207,59	118,04	53,60	800,62
10	8,343	127,64	414,98	267,32	152,00	69,02	1030,96
11	10,487	160,45	521,64	336,03	191,07	86,76	1295,94
12	12,923	197,71	642,79	414,07	235,44	106,90	1596,90
13	15,660	239,58	778,93	501,76	285,30	129,54	1935,12
14	18,708	286,22	930,55	599,43	340,84	154,76	2311,80
15	22,077	337,76	1098,12	707,38	402,22	182,63	2728,11
16	25,776	394,35	1282,09	825,89	469,60	213,23	3185,16
17	29,813	456,11	1482,89	955,24	543,15	246,62	3684,01
18	34,196	523,17	1700,93	1095,69	623,01	282,88	4225,69
19	38,934	595,66	1936,60	1247,51	709,33	322,08	4811,19
20	44,035	673,70	2190,30	1410,93	802,26	364,27	5441,46
21	49,505	757,39	2462,40	1586,21	901,92	409,52	6117,44
22	55,353	846,85	2753,25	1773,57	1008,45	457,90	6840,03
23	61,584	942,19	3063,22	1973,25	1121,99	509,45	7610,10
24	70,522	1078,92	3507,76	2259,61	1284,81	583,38	8714,48
25	67,356	1030,50	3350,31	2158,18	1227,14	557,19	8323,33
26	62,855	961,63	3126,43	2013,96	1145,14	519,96	7767,13
27	58,655	897,37	2917,51	1879,38	1068,62	485,21	7248,09
28	54,735	837,41	2722,55	1753,79	997,21	452,79	6763,74
29	51,078	781,45	2540,61	1636,59	930,57	422,53	6311,75
30	47,664	729,23	2370,84	1527,23	868,38	394,30	5889,97
31	44,479	680,50	2212,41	1425,17	810,35	367,95	5496,37

32	41,507	635,02	2064,56	1329,94	756,20	343,36	5129,08
33	38,733	592,59	1926,60	1241,06	705,67	320,41	4786,33
34	36,145	552,99	1797,85	1158,13	658,51	299,00	4466,48
35	33,729	516,03	1677,71	1080,74	614,51	279,02	4168,01
36	31,476	481,55	1565,60	1008,52	573,44	260,38	3889,48
37	29,372	449,37	1460,98	941,12	535,12	242,98	3629,57
38	27,409	419,34	1363,35	878,23	499,36	226,74	3387,03
39	25,578	391,32	1272,24	819,55	465,99	211,59	3160,69
40	23,869	365,17	1187,23	764,78	434,85	197,45	2949,48
41	22,274	340,77	1107,89	713,67	405,79	184,25	2752,38
42	20,785	317,99	1033,85	665,98	378,68	171,94	2568,45

Tabel 4. 37 Debit Rencana HSS Nakayasu Kala Ulang 50 Tahun lanjutan

Jam	Curah Hujan Jam - jaman						Qp (m³/detik)
	Q satuan	R1	R2	R3	R4	R5	
	(m³/detik)	15,30	49,74	32,04	18,22	8,27	
43	19,966	305,46	993,11	639,74	363,75	165,17	2467,23
44	19,066	291,70	948,36	610,91	347,36	157,72	2356,06
45	18,207	278,55	905,63	583,38	331,71	150,62	2249,89
46	17,387	266,00	864,82	557,09	316,76	143,83	2148,51
47	16,603	254,02	825,85	531,99	302,49	137,35	2051,69
48	15,855	242,57	788,64	508,02	288,86	131,16	1959,24
49	15,141	231,64	753,10	485,13	275,84	125,25	1870,95
50	14,458	221,20	719,16	463,27	263,41	119,60	1786,65
51	13,807	211,23	686,76	442,39	251,54	114,22	1706,14
52	13,185	201,72	655,81	422,46	240,21	109,07	1629,26
53	12,591	192,63	626,26	403,42	229,38	104,15	1555,84
54	12,023	183,95	598,04	385,24	219,05	99,46	1485,73
55	11,481	175,66	571,09	367,88	209,18	94,98	1418,78
56	10,964	167,74	545,36	351,30	199,75	90,70	1354,85
57	10,470	160,18	520,78	335,47	190,75	86,61	1293,80
58	9,998	152,96	497,31	320,36	182,15	82,71	1235,50
59	9,548	146,07	474,90	305,92	173,95	78,98	1179,83
60	9,117	139,49	453,50	292,14	166,11	75,42	1126,66
61	8,707	133,20	433,07	278,97	158,62	72,02	1075,89
62	8,314	127,20	413,55	266,40	151,48	68,78	1027,41
63	7,940	121,47	394,92	254,40	144,65	65,68	981,11
64	7,582	116,00	377,12	242,93	138,13	62,72	936,90
65	7,240	110,77	360,13	231,99	131,91	59,89	894,69
66	6,914	105,78	343,90	221,53	125,96	57,19	854,37
67	6,602	101,01	328,41	211,55	120,29	54,62	815,87
68	6,305	96,46	313,61	202,02	114,87	52,16	779,11
69	6,021	92,11	299,48	192,91	109,69	49,81	744,00
70	5,749	87,96	285,98	184,22	104,75	47,56	710,47
71	5,490	84,00	273,09	175,92	100,03	45,42	678,46
72	5,243	80,21	260,79	167,99	95,52	43,37	647,89
73	5,007	76,60	249,04	160,42	91,22	41,42	618,69

74	4,781	73,15	237,81	153,19	87,11	39,55	590,81
75	4,57	69,85	227,10	146,29	83,18	37,77	564,19
76	4,36	66,70	216,86	139,70	79,43	36,07	538,77
77	4,16	63,70	207,09	133,40	75,85	34,44	514,49
78	3,98	60,83	197,76	127,39	72,44	32,89	491,31
79	3,80	58,09	188,85	121,65	69,17	31,41	469,17

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)

4.4.5 Debit Rencana HSS Nakayasu Kala Ulang 100 Tahun

Untuk mengetahui Hidrograf Limpasan langsung pada saat terjadi hujan jam – jaman berturut – turut diperlukan parameter curah hujan efektif kala ulang 100 tahun yang sudah diperhitungkan sebelumnya.

Tabel 4. 38 Curah Hujan Efektif Kala Ulang 100 Tahun

Durasi	Jam ke 1	Jam ke 2	Jam ke 3	Jam ke 4	Jam ke 5
Re (mm)	20,04	74,71	52,11	33,57	19,09

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)

Maka perhitungan hidrograf satuan sintetis yang akan digunakan untuk menghitung debit banjir rencana sebagai berikut.

Tabel 4. 39 Debit Rencana HSS Nakayasu Kala Ulang 100 Tahun

Jam	Curah Hujan Jam - jaman						Qp (m³/detik)
	Q satuan	R1	R2	R3	R4	R5	
	(m³/detik)	20,04	74,71	52,11	33,57	19,09	
0	0,000	0,00					0,00
1	0,033	0,67	0,00				0,67
2	0,175	3,51	13,10	0,00			16,61
3	0,464	9,29	34,66	24,17	0,00		68,13
4	0,925	18,54	69,13	48,22	31,06	0,00	166,94
5	1,581	31,67	118,10	82,37	53,06	30,17	315,38
6	2,448	49,06	182,93	127,59	82,19	46,73	488,50
7	3,545	71,02	264,83	184,71	118,98	67,65	707,19
8	4,884	97,84	364,87	254,49	163,93	93,21	974,35
9	6,479	129,81	484,07	337,62	217,49	123,66	1292,65
10	8,343	167,16	623,34	434,76	280,06	159,24	1664,56
11	10,487	210,12	783,55	546,50	352,04	200,17	2092,39
12	12,923	258,91	965,52	673,42	433,80	246,66	2578,31
13	15,660	313,75	1170,01	816,05	525,68	298,90	3124,39
14	18,708	374,83	1397,76	974,90	628,00	357,08	3732,57
15	22,077	442,32	1649,47	1150,46	741,09	421,39	4404,73
16	25,776	516,43	1925,81	1343,19	865,25	491,98	5142,67
17	29,813	597,31	2227,43	1553,56	1000,76	569,03	5948,10
18	34,196	685,13	2554,94	1781,99	1147,91	652,70	6822,67
19	38,934	780,06	2908,94	2028,90	1306,96	743,14	7768,00
20	44,035	882,25	3290,02	2294,68	1478,17	840,49	8785,62
21	49,505	991,85	3698,73	2579,75	1661,80	944,90	9877,04
22	55,353	1109,01	4135,62	2884,47	1858,10	1056,51	11043,71

23	61,584	1233,87	4601,22	3209,21	2067,29	1175,46	12287,04
24	70,522	1412,93	5268,96	3674,93	2367,29	1346,04	14070,15
25	67,356	1349,51	5032,46	3509,98	2261,04	1285,62	13438,60
26	62,855	1259,33	4696,16	3275,43	2109,94	1199,71	12540,57
27	58,655	1175,17	4382,34	3056,55	1968,95	1119,54	11702,55
28	54,735	1096,64	4089,49	2852,29	1837,37	1044,73	10920,53
29	51,078	1023,36	3816,21	2661,69	1714,59	974,92	10190,77
30	47,664	954,97	3561,20	2483,82	1600,01	909,77	9509,77
31	44,479	891,16	3323,22	2317,84	1493,09	848,97	8874,28
32	41,507	831,61	3101,15	2162,95	1393,32	792,24	8281,26
33	38,733	776,03	2893,91	2018,41	1300,21	739,30	7727,87
34	36,145	724,18	2700,53	1883,53	1213,32	689,89	7211,45
35	33,729	675,78	2520,07	1757,67	1132,24	643,79	6729,55
36	31,476	630,62	2351,66	1640,21	1056,58	600,77	6279,85
37	29,372	588,48	2194,51	1530,60	985,97	560,62	5860,20
38	27,409	549,16	2047,87	1428,32	920,09	523,16	5468,59
39	25,578	512,46	1911,02	1332,87	858,60	488,20	5103,15
40	23,869	478,21	1783,31	1243,80	801,23	455,58	4762,14
41	22,274	446,26	1664,14	1160,69	747,68	425,13	4443,91
42	20,785	416,44	1552,94	1083,13	697,72	396,72	4146,94

Tabel 4. 40 Debit Rencana HSS Nakayasu Kala Ulang 100 Tahun
lanjutan

Jam	Curah Hujan Jam - jaman						Qp
	Q satuan	R1	R2	R3	R4	R5	
	(m ³ /detik)	20,04	74,71	52,11	33,57	19,09	(m ³ /detik)
43	19,966	400,03	1491,74	1040,44	670,23	381,09	3983,52
44	19,066	382,00	1424,52	993,56	640,02	363,92	3804,02
45	18,207	364,79	1360,33	948,79	611,18	347,52	3632,61
46	17,387	348,35	1299,03	906,03	583,64	331,86	3468,92
47	16,603	332,65	1240,50	865,21	557,34	316,91	3312,60
48	15,855	317,66	1184,60	826,22	532,23	302,63	3163,33
49	15,141	303,35	1131,22	788,99	508,25	288,99	3020,79
50	14,458	289,68	1080,24	753,44	485,34	275,97	2884,67
51	13,807	276,63	1031,57	719,48	463,47	263,53	2754,68
52	13,185	264,16	985,08	687,06	442,59	251,66	2630,55
53	12,591	252,26	940,69	656,10	422,64	240,32	2512,01
54	12,023	240,89	898,30	626,54	403,60	229,49	2398,82
55	11,481	230,03	857,83	598,31	385,41	219,15	2290,72
56	10,964	219,67	819,17	571,35	368,05	209,27	2187,50
57	10,470	209,77	782,26	545,60	351,46	199,84	2088,93
58	9,998	200,32	747,01	521,01	335,62	190,84	1994,80
59	9,548	191,29	713,35	497,54	320,50	182,24	1904,91
60	9,117	182,67	681,20	475,12	306,06	174,02	1819,07
61	8,707	174,44	650,51	453,71	292,27	166,18	1737,10
62	8,314	166,58	621,19	433,26	279,10	158,69	1658,83
63	7,940	159,07	593,20	413,74	266,52	151,54	1584,08
64	7,582	151,91	566,47	395,10	254,51	144,71	1512,70
65	7,240	145,06	540,95	377,29	243,04	138,19	1444,53

66	6,914	138,52	516,57	360,29	232,09	131,97	1379,44
67	6,602	132,28	493,29	344,06	221,63	126,02	1317,28
68	6,305	126,32	471,06	328,55	211,64	120,34	1257,92
69	6,021	120,63	449,84	313,75	202,11	114,92	1201,24
70	5,749	115,19	429,57	299,61	193,00	109,74	1147,11
71	5,490	110,00	410,21	286,11	184,30	104,79	1095,42
72	5,243	105,05	391,73	273,22	176,00	100,07	1046,06
73	5,007	100,31	374,07	260,90	168,07	95,56	998,92
74	4,781	95,79	357,22	249,15	160,49	91,26	953,91
75	4,57	91,48	341,12	237,92	153,26	87,14	910,92
76	4,36	87,35	325,75	227,20	146,36	83,22	869,88
77	4,16	83,42	311,07	216,96	139,76	79,47	830,68
78	3,98	79,66	297,05	207,19	133,46	75,89	793,25
79	3,80	76,07	283,67	197,85	127,45	72,47	757,50

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)

1.4.6 Rekapitulasi Debit Rencana DAS Bengawan Solo

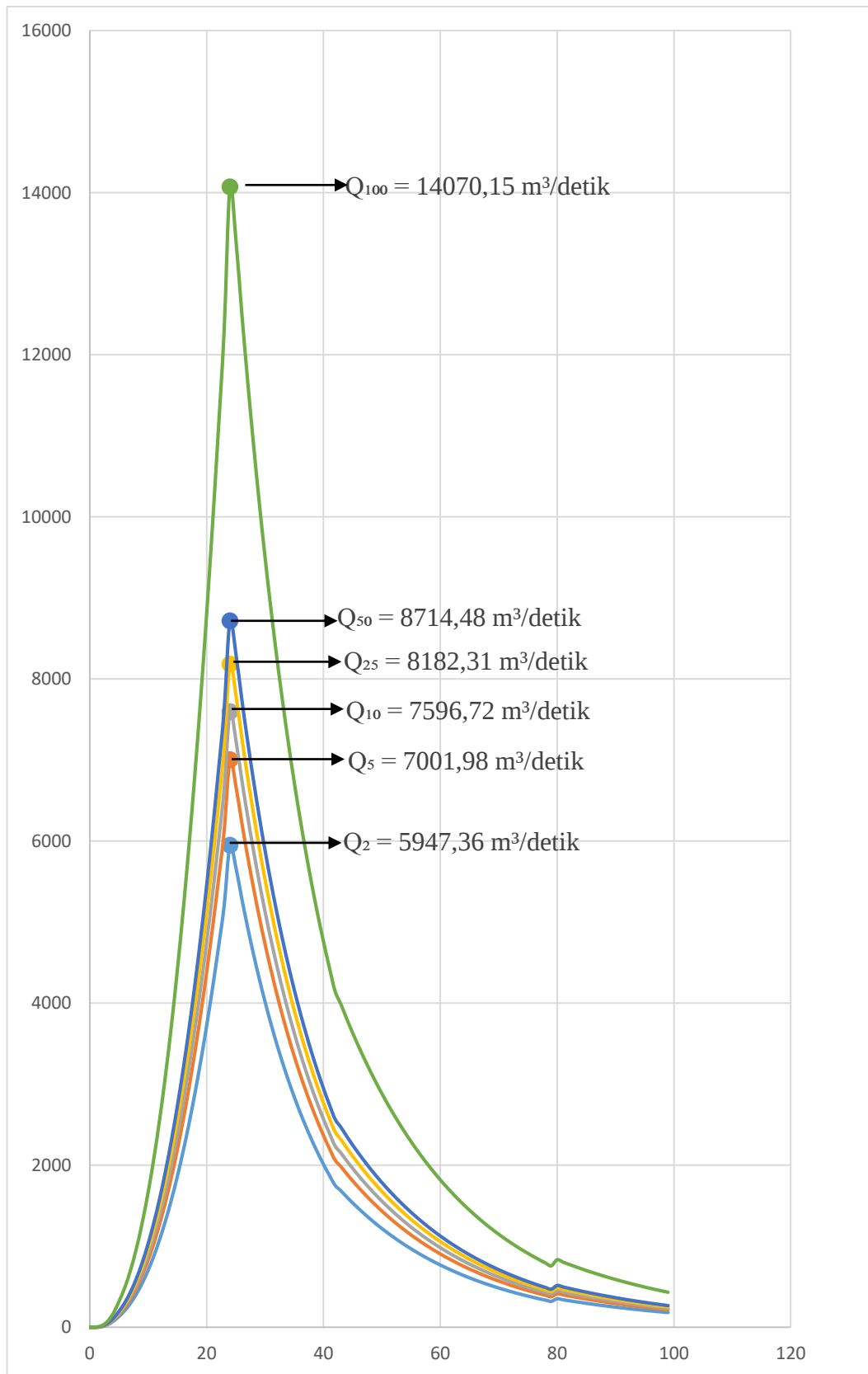
Tabel 4. 41 Debit Rencana Metode Nakayasu DAS Bengawan Solo

Jam	Q satuan	Debit Banjir (m ³ /detik)					
	(m ³ /detik)	2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun	25 Tahun	50 Tahun	100 Tahun
0	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,033	0,35	0,41	0,44	0,44	0,51	0,67
2	0,175	7,78	9,16	9,94	10,61	11,40	16,61
3	0,464	30,73	36,18	39,26	42,17	45,03	68,13
4	0,925	72,81	85,72	93,00	100,10	106,68	166,94
5	1,581	133,31	156,95	170,28	183,40	195,33	315,38
6	2,448	206,49	243,10	263,75	284,08	302,56	488,50
7	3,545	298,92	351,93	381,82	411,26	438,00	707,19
8	4,884	411,85	484,89	526,07	566,62	603,48	974,35
9	6,479	546,40	643,29	697,93	751,73	800,62	1292,65
10	8,343	703,60	828,37	898,73	968,01	1030,96	1664,56
11	10,487	884,44	1041,27	1129,72	1216,80	1295,94	2092,39
12	12,923	1089,84	1283,09	1392,08	1499,38	1596,90	2578,31
13	15,660	1320,66	1554,84	1686,91	1816,95	1935,12	3124,39
14	18,708	1577,73	1857,51	2015,28	2170,63	2311,80	3732,57
15	22,077	1861,85	2192,01	2378,19	2561,51	2728,11	4404,73
16	25,776	2173,77	2559,24	2776,62	2990,65	3185,16	5142,67
17	29,813	2514,22	2960,06	3211,48	3459,04	3684,01	5948,10
18	34,196	2883,90	3395,29	3683,68	3967,64	4225,69	6822,67
19	38,934	3283,48	3865,73	4194,08	4517,38	4811,19	7768,00
20	44,035	3713,63	4372,15	4743,51	5109,16	5441,46	8785,62
21	49,505	4174,96	4915,29	5332,79	5743,86	6117,44	9877,04
22	55,353	4668,11	5495,88	5962,69	6422,32	6840,03	11043,71
23	61,584	5193,65	6114,62	6633,99	7145,37	7610,10	12287,04
24	70,522	5947,36	7001,98	7596,72	8182,31	8714,48	14070,15

25	67,356	5680,41	6687,70	7255,74	7815,04	8323,33	13438,60
26	62,855	5300,82	6240,79	6770,87	7292,81	7767,13	12540,57
27	58,655	4946,59	5823,75	6318,41	6805,46	7248,09	11702,55
28	54,735	4616,04	5434,58	5896,18	6350,69	6763,74	10920,53
29	51,078	4307,57	5071,42	5502,17	5926,31	6311,75	10190,77
30	47,664	4019,72	4732,52	5134,49	5530,28	5889,97	9509,77
31	44,479	3751,10	4416,27	4791,38	5160,72	5496,37	8874,28
32	41,507	3500,44	4121,15	4471,20	4815,86	5129,08	8281,26
33	38,733	3266,52	3845,76	4172,41	4494,04	4786,33	7727,87
34	36,145	3048,23	3588,77	3893,59	4193,73	4466,48	7211,45
35	33,729	2844,54	3348,95	3633,40	3913,48	4168,01	6729,55
36	31,476	2654,45	3125,15	3390,60	3651,96	3889,48	6279,85
37	29,372	2477,07	2916,32	3164,02	3407,92	3629,57	5860,20
38	27,409	2311,54	2721,43	2952,59	3180,19	3387,03	5468,59
39	25,578	2157,07	2539,57	2755,28	2967,67	3160,69	5103,15
40	23,869	2012,92	2369,87	2571,16	2769,36	2949,48	4762,14
41	22,274	1878,41	2211,50	2399,34	2584,30	2752,38	4443,91
42	20,785	1752,89	2063,72	2239,01	2411,60	2568,45	4146,94
43	19,966	1683,81	1982,39	2150,77	2316,57	2467,23	3983,52
44	19,066	1607,9	1893,1	2053,9	2212,2	2356,1	3804,0
45	18,207	1535,5	1807,8	1961,3	2112,5	2249,9	3632,6
46	17,387	1466,3	1726,3	1872,9	2017,3	2148,5	3468,9
47	16,603	1400,2	1648,5	1788,5	1926,4	2051,7	3312,6
48	15,855	1337,1	1574,2	1707,9	1839,6	1959,2	3163,3
49	15,141	1276,9	1503,3	1631,0	1756,7	1871,0	3020,8
50	14,458	1219,3	1435,5	1557,5	1677,5	1786,6	2884,7
51	13,807	1164,4	1370,9	1487,3	1601,9	1706,1	2754,7
52	13,185	1111,9	1309,1	1420,3	1529,8	1629,3	2630,6
53	12,591	1061,8	1250,1	1356,3	1460,8	1555,8	2512,0
54	12,023	1014,0	1193,8	1295,2	1395,0	1485,7	2398,8
55	11,481	968,3	1140,0	1236,8	1332,1	1418,8	2290,7
56	10,964	924,6	1088,6	1181,1	1272,1	1354,9	2187,5
57	10,470	883,0	1039,6	1127,8	1214,8	1293,8	2088,9
58	9,998	843,2	992,7	1077,0	1160,0	1235,5	1994,8
59	9,548	805,2	948,0	1028,5	1107,8	1179,8	1904,9
60	9,117	768,9	905,3	982,1	1057,9	1126,7	1819,1
61	8,707	734,3	864,5	937,9	1010,2	1075,9	1737,1
62	8,314	701,2	825,5	895,6	964,7	1027,4	1658,8
63	7,940	669,6	788,3	855,3	921,2	981,1	1584,1
64	7,582	639,4	752,8	816,7	879,7	936,9	1512,7
65	7,240	610,6	718,9	779,9	840,0	894,7	1444,5
66	6,914	583,1	686,5	744,8	802,2	854,4	1379,4
67	6,602	556,8	655,5	711,2	766,0	815,9	1317,3
68	6,305	531,7	626,0	679,2	731,5	779,1	1257,9
69	6,021	507,8	597,8	648,6	698,6	744,0	1201,2
70	5,749	484,9	570,9	619,3	667,1	710,5	1147,1
71	5,490	463,0	545,1	591,4	637,0	678,5	1095,4
72	5,243	442,2	520,6	564,8	608,3	647,9	1046,1

73	5,007	422,2	497,1	539,3	580,9	618,7	998,9
74	4,781	403,2	474,7	515,0	554,7	590,8	953,9
75	4,566	385,0	453,3	491,8	529,7	564,2	910,9
76	4,360	367,7	432,9	469,7	505,9	538,8	869,9
77	4,163	351,1	413,4	448,5	483,1	514,5	830,7
78	3,976	335,3	394,8	428,3	461,3	491,3	793,2
79	3,797	320,2	377,0	409,0	440,5	469,2	757,5
80	4,170	351,7	414,1	449,2	483,9	515,3	832,1
81	4,029	339,8	400,0	434,0	467,4	497,8	803,8
82	3,892	328,2	386,4	419,2	451,5	480,9	776,5
83	3,759	317,0	373,3	405,0	436,2	464,6	750,1
84	3,632	306,3	360,6	391,2	421,4	448,8	724,6
85	3,508	295,9	348,3	377,9	407,0	433,5	699,9
86	3,389	285,8	336,5	365,1	393,2	418,8	676,2
87	3,274	276,1	325,0	352,7	379,8	404,5	653,2
88	3,163	266,7	314,0	340,7	366,9	390,8	631,0
89	3,055	257,6	303,3	329,1	354,5	377,5	609,5
90	2,951	248,9	293,0	317,9	342,4	364,7	588,8
91	2,851	240,4	283,1	307,1	330,8	352,3	568,8
92	2,754	232,3	273,4	296,7	319,5	340,3	549,5
93	2,660	224,4	264,1	286,6	308,7	328,7	530,8
94	2,570	216,7	255,2	276,8	298,2	317,6	512,7
95	2,483	209,4	246,5	267,4	288,0	306,8	495,3
96	2,398	202,2	238,1	258,3	278,3	296,3	478,5
97	2,317	195,4	230,0	249,6	268,8	286,3	462,2
98	2,238	188,7	222,2	241,1	259,7	276,5	446,5
99	2,162	182,3	214,6	232,9	250,8	267,1	431,3

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)



Gambar 4. 4 Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu DAS Bengawan Solo
Sumber : Hasil Analisa Data (2025)

Berdasarkan hasil analisa Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu, debit puncak pada periode ulang 2 tahun sebesar 5947 m³/detik, debit puncak periode 5 tahun sebesar 7002 m³/detik, debit puncak pada periode ulang 10 tahun sebesar 7597 m³/detik, debit puncak pada periode ulang 25 tahun 8182 m³/detik, debit puncak pada periode ulang 50 tahun 8715 m³/detik, debit puncak pada periode ulang 100 tahun sebesar 14070 m³/detik.

4.5 Analisa Hidrolika

Analisa hidrolika pada Sungai Bengawan Solo Kabupaten Tuban, Jawa Timur dilakukan dengan cara Analisa manual sehingga dapat diketahui ketinggian muka air di Sungai Bengawan Solo. Dengan debit banjir rencana Q₂₅ tahun, ada beberapa stasiun dalam studi ini dibagi menjadi 12 stasiun titik pengamatan dengan panjang sungai 2,5 km dengan ketinggian tanggul per stasiun berbeda-beda.



Gambar 4. 5 Daerah Terdampak Banjir

4.5.1 Analisa Profil Muka Air

Analisa profil muka air menggunakan *software* HEC-RAS dengan hasil debit maksimum rencana Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu sebesar 8182 m³/detik pada kala ulang 25 tahun, dengan elevasi awal saluran setinggi 17 m dan elevasi Akhir saluran setinggi 11 m, memiliki kemiringan sebesar 0,0109, dan memiliki *baseflow* (QB) sebesar 0,122 m³/detik.

1. Debit banjir kala ulang 25 tahun = 8182 m³/detik
2. Elevasi awal saluran = 17 m
3. Elevasi akhir saluran = 11 m
4. Beda elevasi (ΔH) = elevasi awal – elevasi Akhir
 $= 17 - 11 = 6 \text{ m}$
5. Kemiringan (S) = $\Delta H/L = 6/548,53 = 0,010938$
6. Tinggi (h) = 12 m
7. Lebar bawah (b_1) = 30 m
8. Lebar atas (b_2) = 180 m
9. *Baseflow* kala ulang 25 tahun = 0,122 m³/detik
10. Luas Penampang (A)
Luas penampang diketahui sebesar
$$A = \frac{b_2 + b_1}{2} \times h$$
$$A = \frac{180 + 30}{2} \times 17$$
$$A = 1785 \text{ m}^2$$
11. Penampang Basah Sungai (P)
$$P = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$$
$$P = 180 + 2(17)\sqrt{1 + 2^2}$$
$$P = 256,03 \text{ m} \approx 256 \text{ m}$$
12. Jari – jari Hidrolis (R)
$$R = A / P$$
$$R = 1785 / 256$$
$$R = 6,9 \text{ m} \approx 7 \text{ m}$$
13. Kecepatan Aliran Dasar (V)
$$V = 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$
$$V = 1/0,025 \times 7^{2/3} \times 0,010938^{1/2}$$
$$V = 20,38 \text{ m} \approx 20 \text{ m}$$
14. Kapasitas Sungai (Q_s)
$$Q_s = V \times A$$
$$Q_s = 20 \times 1785$$
$$Q_s = 35700 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Jadi, untuk penampang sungai Bengawan Solo menampung debit banjir sebesar 35700 m³/detik. Sedangkan debit maksimal yang direncanakan untuk kala ulang 25 tahun adalah 8182 m³/detik.

4.5.2 Perencanaan Tanggul

Perencanaan tanggul diawali dari debit banjir kala ulang 25 tahun sebesar 8182 m³/detik, yang dimana debit banjir yang terjadi sebesar 35700 m³/detik.

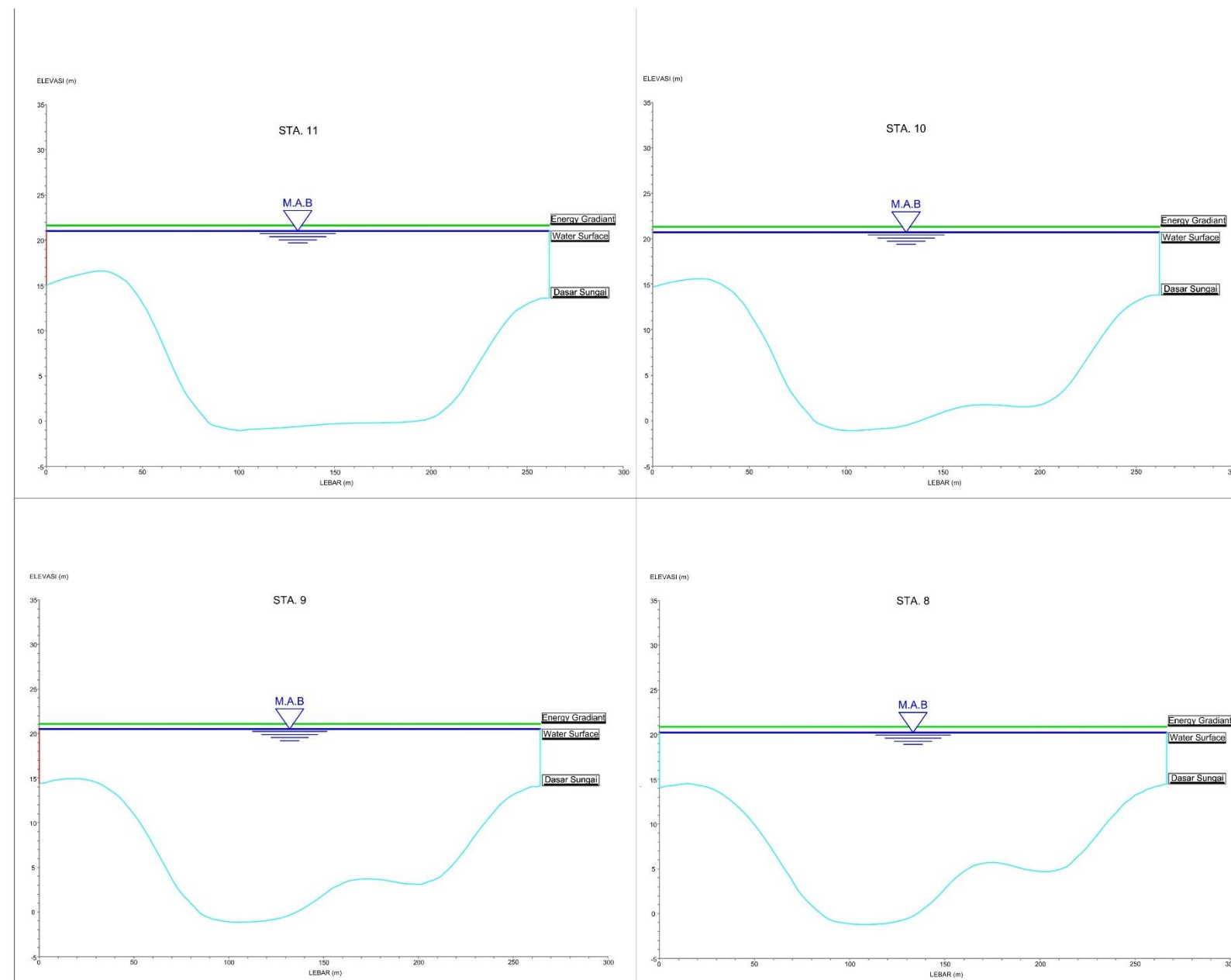
Sehingga perlu diupayakan perencanaan tanggul pada beberapa titik pengamatan seperti pada gambar 4.5.

Tabel 4. 42 *Cross Section* titik 11 yang mengalami limpasan banjir

Plan: 20 m ³ BENGAWAN SOLO Reach 1 RS: 11 Profile: Q 25 TAHUN					
E.G. Elev (m)	21,46	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0,54	Wt. n-Val.		0,035	
W.S. Elev (m)	20,92	Reach Len. (m)	458,29	458,29	458,29
Crit W.S. (m)	9,43	Flow Area (m ²)		4047,8	
E.G. Slope (m/m)	0,000368	Area (m ²)		4047,8	
Q Total (m ³ /s)	13232	Flow (m ³ /s)		13232	
Top Width (m)	259,81	Top Width (m)		259,81	
Vel Total (m/s)	3,27	Avg. Vel. (m/s)		3,27	
Max Chl Dpth (m)	21,96	Hydr. Depth (m)		15,58	
Conv. Total (m ³ /s)	689638,1	Conv. (m ³ /s)		689638,1	
Length Wtd. (m)	458,29	Wetted Per. (m)		277,98	
Min Ch El (m)	-1,04	Shear (N/m ²)		52,57	
Alpha	1	Stream Power (N/m)		171,84	
Frctn Loss (m)	0,18	Cum Volume (1000 m ³)		15972,1	
C & E Loss (m)	0	Cum SA (1000 m ²)		1300,13	

Tabel 4. 43 Cross Section titik 0 yang mengalami limpasan banjir

Plan: 20 m ³ BENGAWAN SOLO Reach 1 RS: 0 Profile: Q 25 TAHUN					
E.G. Elev (m)	15,29	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	4,72	Wt. n-Val.		0,035	
W.S. Elev (m)	10,57	Reach Len. (m)			
Crit W.S. (m)	10,57	Flow Area (m ²)		1374,71	
E.G. Slope (m/m)	0,00593	Area (m ²)		1374,71	
Q Total (m ³ /s)	13232	Flow (m ³ /s)		13232	
Top Width (m)	145,63	Top Width (m)		145,63	
Vel Total (m/s)	9,63	Avg. Vel. (m/s)		9,63	
Max Chl Dpth (m)	12,25	Hydr. Depth (m)		9,44	
Conv. Total (m ³ /s)	171829,1	Conv. (m ³ /s)		171829,1	
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)		150,24	
Min Ch El (m)	-1,68	Shear (N/m ²)		532,11	
Alpha	1	Stream Power (N/m)		5121,73	
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m ³)			
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m ²)			



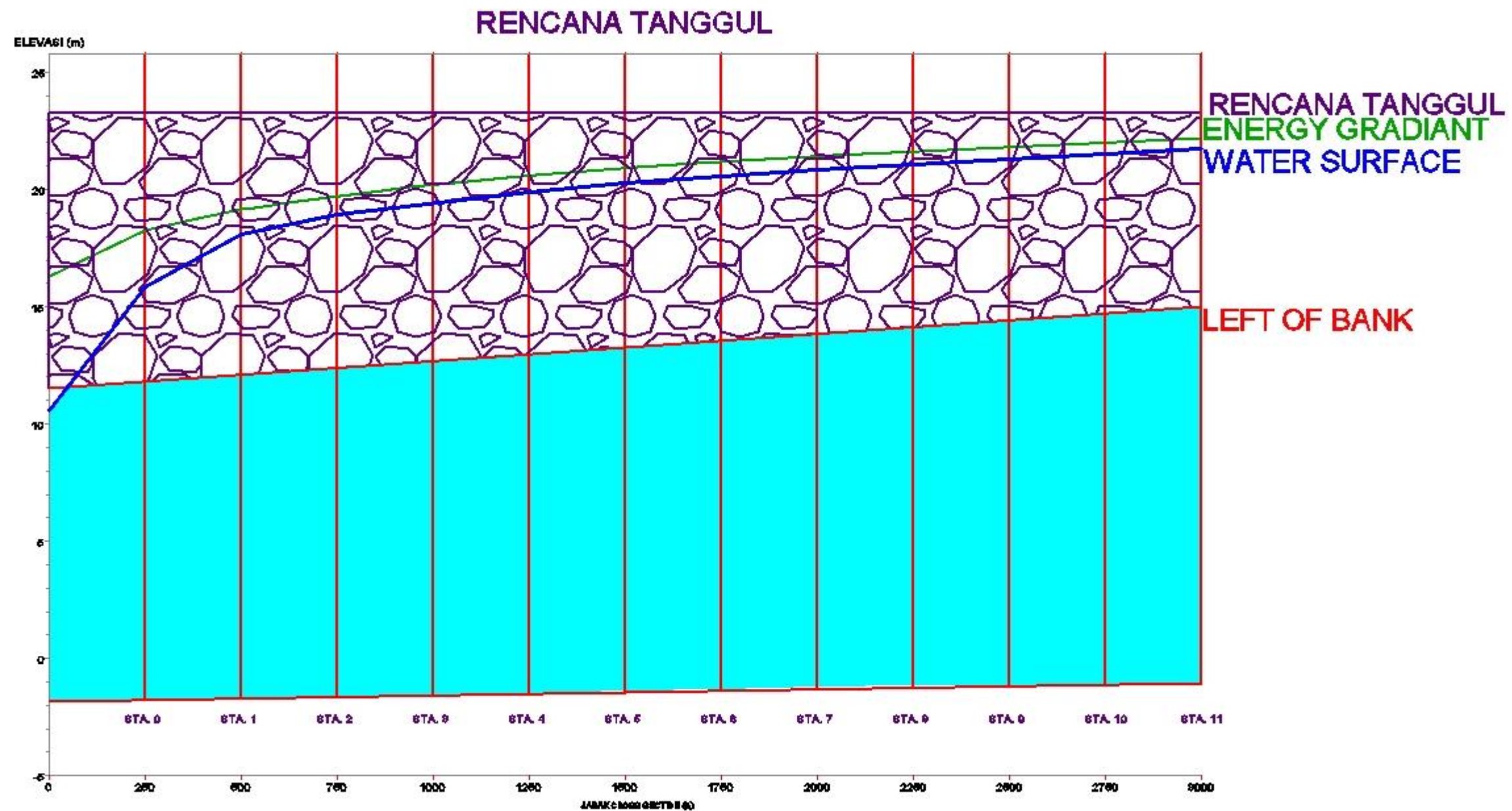
Gambar 4. 6 Potongan Melintang Sungai Bengawan Solo dalam HEC-RAS

Keterangan : E.G yaitu merupakan *Energy Gradient* yaitu sekitar 22 m,

WS merupakan *Water Surface* atau Elevasi Muka Air Q_{25} tahun sebesar 21 m,

Crit yaitu *Critical Depth* Q_{25} atau Kedalaman kritis sebesar 8 m,

Ground yaitu adalah dasar sungai dalam potongan melintang sungai.



Gambar 4. 7 Profil Memanjang Sungai Bengawan Solo dalam HEC-RAS

Keterangan : E.G yaitu merupakan *Energy Gradient* yaitu sekitar 16 – 22 m,

WS merupakan *Water Surface* atau Elevasi Muka Air Q_{25} tahun sebesar 8 m, dari titik dasar kedalaman kritis 11 m yang naik menjadi 20 m,

Ground yaitu dasar sungai dalam potongan melintang sungai,

LOB yaitu adalah *Left of Bank* atau penampang kiri sungai, yang mengalami limpasan sehingga terlihat garis putus berwarna ungu dari ketinggian 11,5 m naik ke ketinggian 15 m.

Data Perencanaan Tanggul Rencana :

Perencanaan tanggul yang akan dibangun terjadi dikarenakan debit eksisting (limpasan) yang terjadi, yaitu sebesar 35700 m³/detik, sedangkan dilihat pada Gambar 4.7, potongan melintang *cross section*, dan 4.8, potongan memanjang sungai, memiliki debit rencana sebesar 8182 m³/detik pada kala ulang 25 tahun (Q₂₅ tahun). Berdasarkan peraturan Dinas PU SDA, bangunan pengendali banjir memakai acuan debit banjir rencana kala ulang 25 tahun (Q₂₅ tahun).

$$Q_{25} = 8182 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$W = 8 \text{ m}$$

$$h = \text{Elevasi muka air banjir} + \text{tinggi jagaan} = 8 + 1,5 = 9,5 \text{ m}$$

(Dilihat pada tabel 2.9)

$$b = 6 \text{ m (Dilihat pada tabel 2.10)}$$

$$s = 1 : 2$$

1. Denah Tanggul

Tanggul yang direncanakan memiliki denah dengan komponen utama seperti lokasi tanggul yang berada di desa Ngadirejo, Kec. Rengel Kab. Tuban. Memiliki dimensi tanggul dengan lebar 6 m, tinggi tanggul 9,5 m. Menggunakan tanggul berjenis tanggul timbunan. (Gambar 4.8)

2. Penampang Sungai Bengawan Solo

Dalam perencanaan tanggul banjir Bengawan Solo, dikarenakan memiliki dimensi saluran berbentuk alami dengan elevasi yang berbeda setiap jarak potongan melintang sungai (*cross section*). (Gambar 4.9)

3. Elevasi Muka Air Banjir (MAB)

Elevasi muka air banjir memiliki 8 m yang dimana muka air melebihi ketinggian penampang kiri dan penampang sungai yang dimana memiliki tinggi sekitar 6 m. (Gambar 4.10)

4. Rencana Tanggul

Rencana tanggul yang digunakan memiliki beberapa spesifikasi seperti tipe / jenis tanggul, dimensi tanggul, dan juga analisa stabilitas tanggul. (Gambar 4.11)

a. Tipe / Jenis Tanggul

Tipe / jenis tanggul yang digunakan ialah tanggul jenis timbunan

b. Dimensi Tanggul Rencana

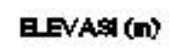
Dimensi tanggul rencana yang digunakan yaitu tanggul dengan ketinggian tanggul 9,5 m, lebar tanggul 6 m, dan dengan stabilitas kemiringan 1 : 2. (Gambar 4.12)

c. Analisa Stabilitas Tanggul

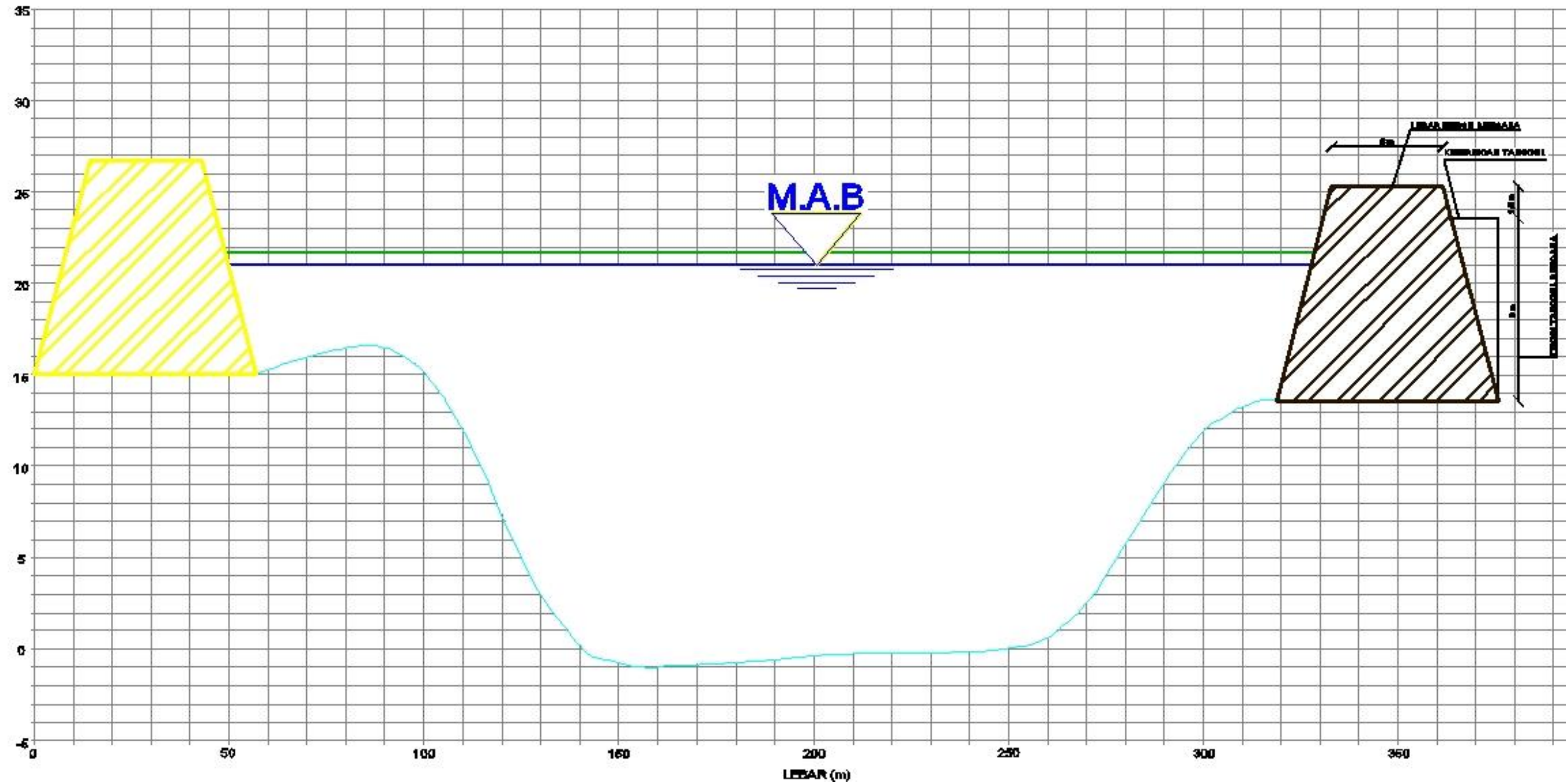
Analisa stabilitas tanggul menggunakan metode Bishop. (Gambar 4.13)



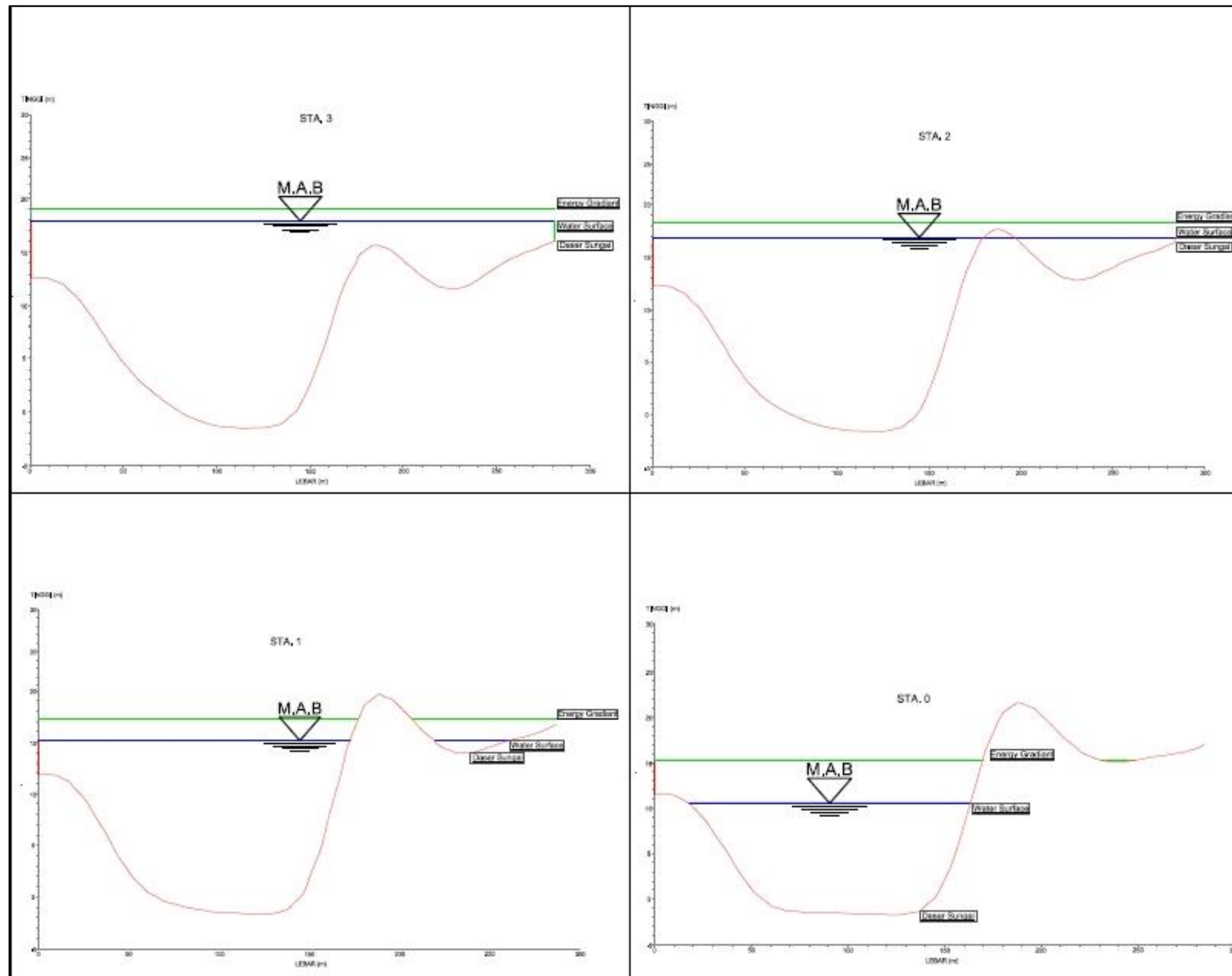
Gambar 4. 8 Peta Rencana Tanggul



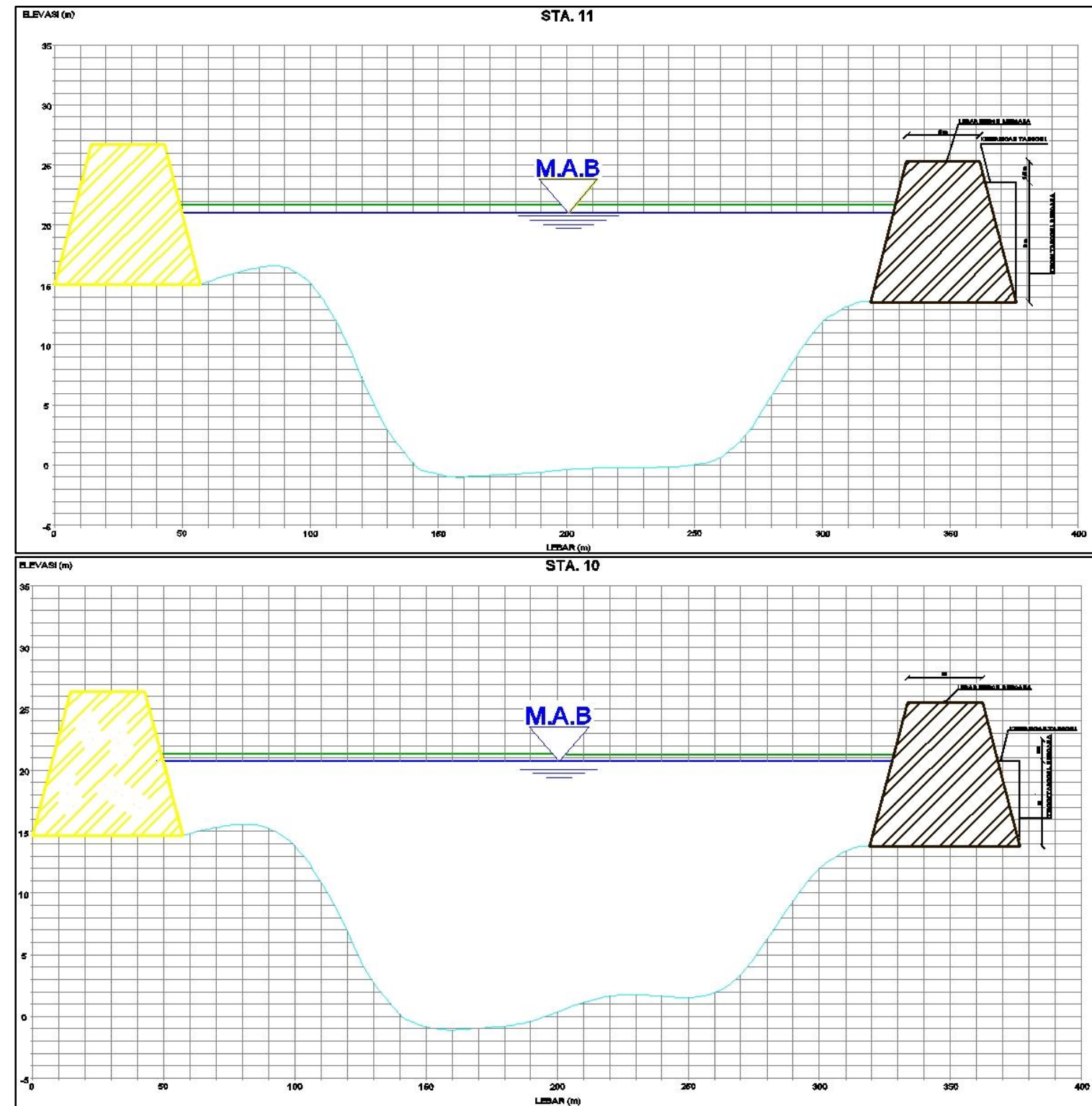
STA. 11



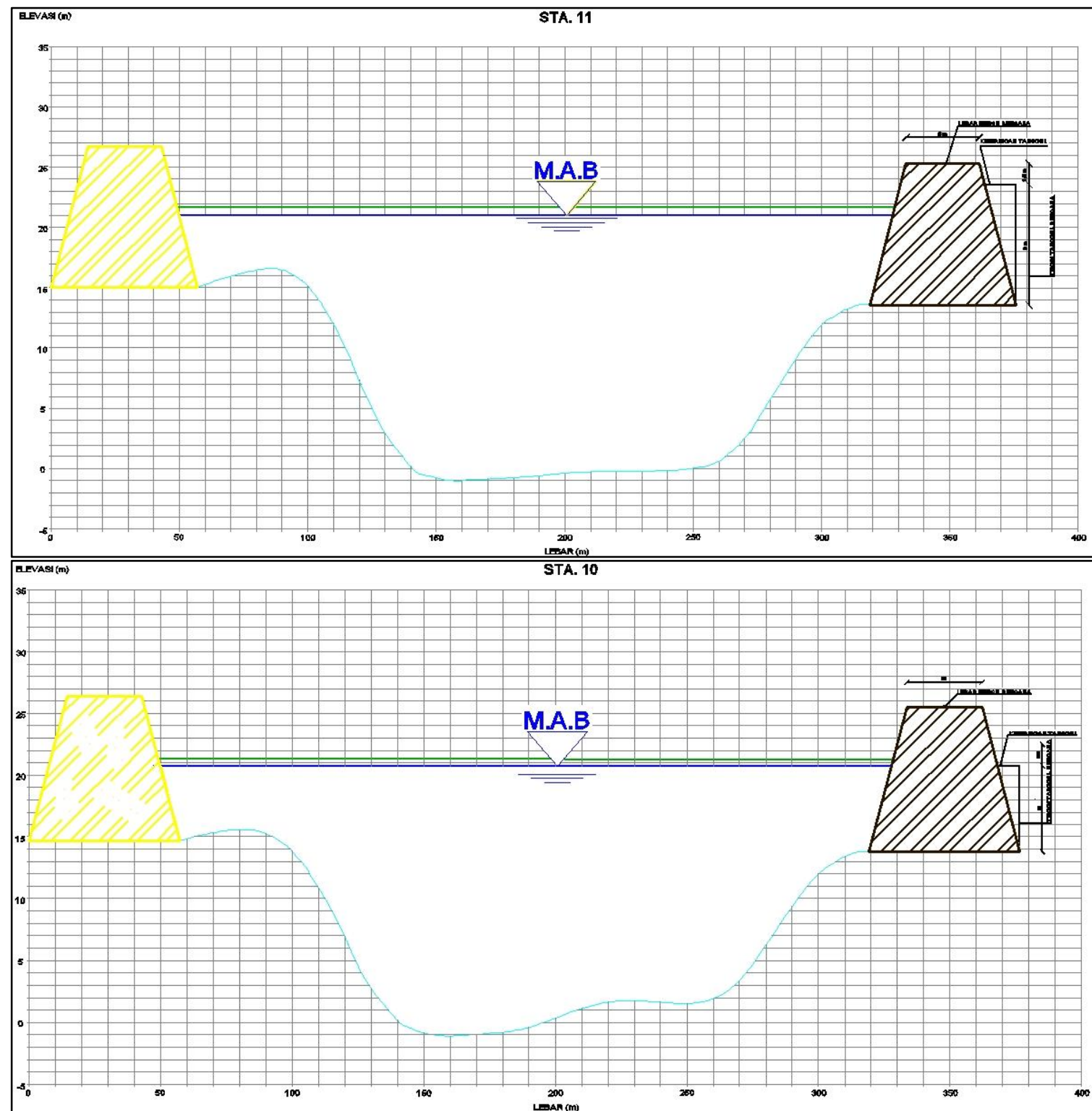
Gambar 4. 9 Penampang Sungai Bengawan Solo Sta. 11



Gambar 4. 10 Muka Air Banjir Sta. 6 - Sta. 0



Gambar 4. 11 Rencana Tanggul



Gambar 4. 12 Potongan Melintang Tanggul Sungai Bengawan Solo

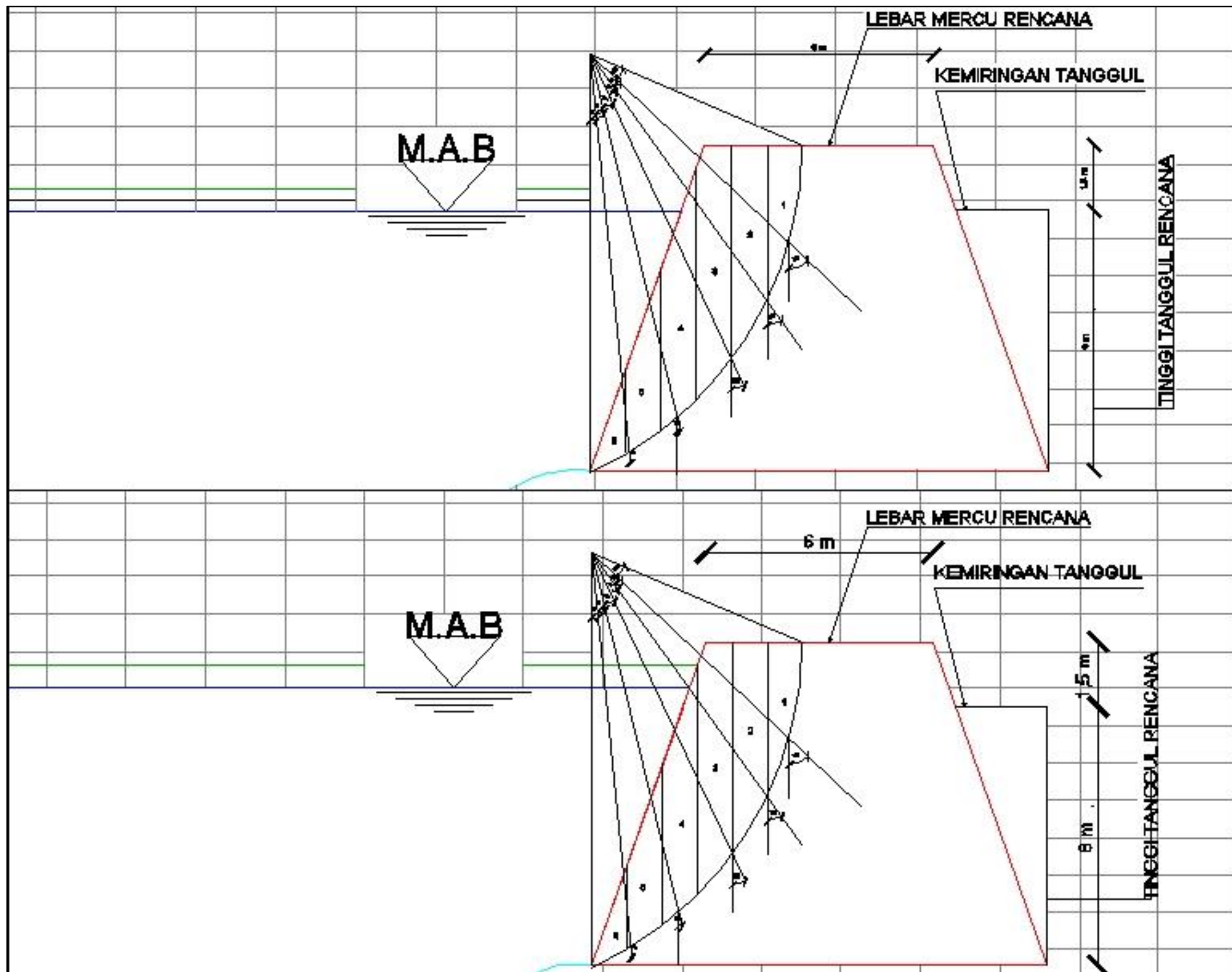
4.6 Stabilitas Lereng

Stabilitas tanggul dihitung menggunakan metode Bishop . Konstruksi tanggul direncanakan menggunakan tanah yang sudah ada. Kondisi yang dipakai adalah pada saat elevasi muka air tertinggi.

4.6.1 Stabilitas Lereng menggunakan Metode Bishop

Data yang diketahui :

γ (Berat Volume Tanah)	: $1,734 \text{ g/cm}^3 = 17,004 \text{ kN/m}^3 = 17 \text{ kN/m}^3$
c (Koheesi Tanah)	: $55,76 \text{ kN/m}^3 = 56 \text{ kPa}$
ϕ (Sudut Geser Dalam)	: $25,83^\circ = 26^\circ$
γ air	: $9,81 \text{ kN/m}^3$
H Tanggul	: 9,5 m
H Muka air	: 8 m (kondisi banjir)



Gambar 4. 13 Stabilitas Lereng menggunakan Metode Bishop

Langkah – langkah perhitungan stabilitas tanggul dengan Metode Bishop

1. Menentukan pusat bidang longsor dengan cara coba-coba di sepanjang garis vertikal yang melalui titik tengah garis lereng, coba-coba sampai didapatkan angka keamanan minimum.
2. Membagi bidang longsor menjadi beberapa bagian, kemudian masing-masing pias dihitung gaya berat (W). Pada contoh kali ini, untuk pias 1 didapatkan nilai :

Rumus :

$$W1 = \text{Luasan Irisan} \times \text{Berat Volume Tanah (Y)}$$

$$W1 = 198605 \text{ m}^2 \times 17 \text{ kN/m}^3$$

$$W1 = 3376285 \text{ kN/m}$$

3. Menentukan sudut yang dibentuk oleh jari-jari bidang longsor (α) dengan arah gaya berat masing-masing pias. Nilai α pada pias 1 = 43°
4. Menghitung momen yang menyebabkan geser pada bidang longsor pada tubuh tanggul :

$$C = W \times \sin$$

$$C = 3376285 \times \sin 43^\circ$$

$$C = 2302620 \text{ kN/m}$$

5. Menghitung angka kohesi tiap pias :

$$C' = C \times b$$

$$C' = 2302620 \times 1,87 \text{ m}$$

$$C' = 4305899 \text{ kN/m}$$

6. Pada kondisi muka air banjir, nilai tegangan air pori adalah :

$$u = Z_w \times Y_{\text{air}}$$

$$u = 1,38 \text{ m} \times 9,81 \text{ kN/m}^3$$

$$u = 13,5378 \text{ kN/m}^2$$

$$7. (W-u.b) \tan \phi = (3376285 \text{ kN/m} - 1797,781 \text{ kN/m}^2 \times 1,87 \text{ m}) \times 22 = 19,121 \text{ m}$$

$$8. C.b + (W-u.b) \tan \phi = 4305899 \text{ kN/m} + 19,121 \text{ m} = 4305918$$

$$9. Fk \text{ coba - coba} = 3.0$$

$$\sum(C.b + (W - u.b) \tan \phi) \frac{\sec \alpha}{1 + \frac{\tan \phi \tan \alpha}{Fk}} = 171042,75$$

$$10. Fk = \frac{1}{\sum W \sin \alpha} \sum(C.b + (W - u.b) \tan \phi) \frac{\sec \alpha}{1 + \frac{\tan \phi \tan \alpha}{Fk}}$$

$$Fk = \frac{0,0000977}{17104} = 1,72$$

Tabel 4. 44 Perhitungan Stabilitas Lereng

Pias	Y (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Ø	bn (m)	Zw (m)	Yair (kN/m ³)	Luas Irisan (m ²)	W (kN/m)	αn (°)	Sin αn	T = W Sin αn	c.bn (kN/m ²)	U = Zw . Yair (kN/m ²)	(W-ub)tanØ	c*+(W-ub)tanØ	secα(1+(tanØtanα/Fk))
1	17	19453	22	1,87	1,38	9,81	3376285	57396845	43	-0,8317747	-47741245,98	36377,11	13,5378	-0,148815493	36376,96118	2,577732441
2	17	18222	8	1,87	1,93	9,81	5487957	93295269	34	0,5290827	49360911,52	34075,14	18,9333	235,3466423	34310,48664	1,071564965
3	17	21665	8	1,85	2,1	9,81	66378774	1128439158	26	0,7625585	860500815,8	40080,25	20,601	279,8904029	40360,1404	1,150584354
4	17	21104	9	1,85	2,01	9,81	5677473	96517041	17	-0,9613975	-92791241,14	39042,4	19,7181	17,01764439	39059,41764	-5,276138082
5	17	18685	7	1,79	1,96	9,81	4257769	72382073	10	-0,5440211	-39377375,76	33446,15	19,2276	-31,13343429	33415,01657	1,289181271
6	17	15841	5	1,79	1,83	9,81	3794230	64501910	5	-0,9589243	-61852447,26	28355,39	17,9523	104,8727333	28460,26273	2,146900639
											668099417,2				21982,2852	2,959825587
																1,72

Sumber : Hasil Analisa Data (2025)

Dari hasil tabel dapat disimpulkan bahwa metode Bishop mendapatkan hasil stabilitas lereng FK 1,72 > 1,25, maka stabilitas lereng tersebut dinyatakan aman.