

## BAB V DATA, ANALISIS, DAN PEMBAHASAN

### 5.1 Data

Data sekunder yang didapat adalah sebagai berikut.

1. Data curah hujan maksimum dari BMKG Stasiun Meteorologi Klas I Depati Amir Kota Pangkalpinang yang mempunyai satu pos hujan. Data curah hujan yang didapat adalah data curah hujan dari tahun 2002 sampai dengan tahun 2016. Berikut tabel data curah hujan.

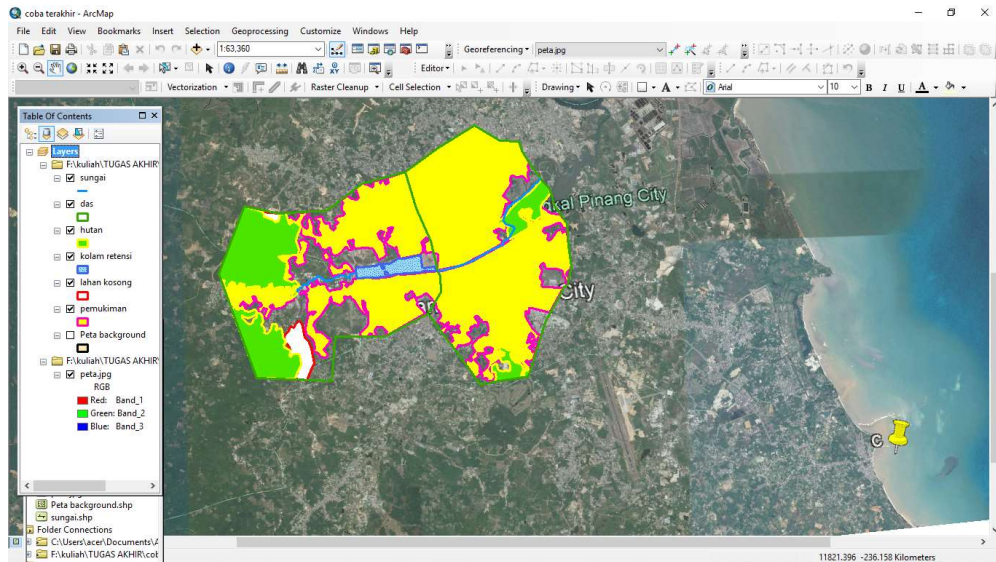
**Tabel 5.1 Data Curah Hujan Harian Maksimum**

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)												Maks
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des	
2002	63.1	48	51.5	75.6	9.8	33.3	31.4	21.3	12	14.4	55.8	26.2	75.6
2003	42.8	93.6	50.4	67.1	20.4	26	71.9	21.2	23.5	86.6	38	90.4	93.6
2004	37.5	52.1	44	40	48	20.1	30.5	2.4	1	54.7	43.9	52	54.7
2005	68.5	34	61.5	49.8	40	38.5	41	55.7	121.5	43.4	54.4	84	121.5
2006	58.7	80	38.8	60.7	49.5	27	35.7	16.5	26.4	16.5	18.5	75.7	80
2007	148.6	47.8	45.8	52.2	66.8	44.2	56	25.4	29.2	59.9	55	46.7	148.6
2008	107.1	39.3	47.5	49.7	30.6	29.8	40.6	39.8	47	32.4	63.2	39	107.1
2009	36.2	10.8	64.4	39.6	92	35.6	27.3	22	10	35	27.4	53.6	92
2010	55.6	96.5	87	77.6	24.8	34.6	41.1	74.2	38.4	50	66	124.7	124.7
2011	38.6	76.1	36.4	83.4	61	60.2	30.4	19.8	29.6	87	63.5	51.7	87
2012	37.2	108.4	60.7	22.8	37.9	81.3	65	1.5	4.5	14.6	46.4	24.5	108.4
2013	39	141.4	46.9	73.4	74.1	42.5	86.8	51.9	65.7	54	72.8	48.4	141.4
2014	56.5	25.6	36.5	94.6	45.9	15.8	37.5	57.5	0.8	33.1	48.8	91.8	94.6
2015	69.5	28.6	99.8	43.2	24.2	28.9	10	11	0	14.5	26.6	45.7	99.8
2016	43.2	183.9	102.4	37.5	95.8	66.1	21.5	38.7	69	61.6	27.8	23.8	183.9

Sumber : BMKG Stasiun Meteorologi Klas I Depati Amir (2018)

2. Data teknis Sungai Rangkui yang diteliti berupa potongan melintang, potongan memanjang, dan tampak atas sungai beserta kontur. Potongan yang ditinjau adalah potongan R16 sampai dengan R45 dapat dilihat pada lampiran Data Teknis Sungai Rangkui.

3. Data luas Daerah Aliran Sungai (DAS) didapat dari program aplikasi *ArcGIS* sebesar 32,6113 km<sup>2</sup> yang dapat dilihat batas daerah yang menjadi luas DAS pada Gambar 5.1. luas tata guna lahan pada DAS yang didapat adalah luas pemukiman sebesar 20.0052 km<sup>2</sup>, luas hutan sebesar 4,9860 km<sup>2</sup>, luas lahan kosong sebesar 0,5551 km<sup>2</sup>, dan perniagaan sebesar 7,0830 km<sup>2</sup>.



**Gambar 5.1 Luas DAS Sungai Rangkuai yang Diteliti**  
(Sumber: *ArcGIS*, 2018)

## 5.2 Analisis

Penelitian Tugas Akhir ini mempunyai beberapa tahap analisis yaitu sebagai berikut.

1. Perhitungan parameter statistik terdiri dari nilai rerata, standar deviasi, koefisien variasi, koefisien kemencengan, dan koefisien kurtosis. Berikut tabel perhitungan parameter statistik.

Tabel 5.2 Perhitungan Parameter Statistik

Banyak Data	Curah Hujan Maksimum Per Tahun (mm)	Xi-Xrata	(Xi-Xrata) <sup>2</sup>	(Xi-Xrata) <sup>3</sup>	(Xi-Xrata) <sup>4</sup>
1	75,6	-31,9	1019,31	-32543,24	1038997,04
2	93,6	-13,9	193,95	-2701,11	37617,40
3	54,7	-52,8	2790,66	-147421,09	7787764,88
4	121,5	14,0	195,25	2728,35	38124,14
5	80,0	-27,5	757,72	-20857,43	574135,62
6	148,6	41,1	1687,02	69291,48	2846032,13
7	107,1	-0,4	0,18	-0,08	0,03
8	92,0	-15,5	241,08	-3743,13	58118,30
9	124,7	17,2	294,92	5064,82	86979,80
10	87,0	-20,5	421,34	-8648,79	177530,80
11	108,4	0,9	0,76	0,67	0,58
12	141,4	33,9	1147,40	38866,35	1316532,98
13	94,6	-12,9	167,10	-2160,03	27921,98
14	99,8	-7,7	59,70	-461,29	3564,25
15	183,9	76,4	5832,89	445476,95	34022559,61
Jumlah	1612,9	0,0	14809,29	342892,44	48015879,56

- a. Nilai rerata dihitung dengan menggunakan persamaan 3.5 dari data curah hujan maksimum tahun 2002 sampai tahun 2016.

$$\bar{X} = \frac{75,6+93,6+54,7+121,5+80+148,6+107,1+92+124,7+87+108,4+141,4+94,6+99,8+183,9}{15}$$

$$\bar{X} = 107,5 \text{ mm}$$

- b. Standar deviasi. hal pertama yang dilakukan adalah pengurangan data curah hujan tahun ke-i dengan nilai rerata kemudian dikuadratkan (contoh, data curah hujan maksimum tahun 2002 yaitu 75,6 mm dikurangi 107,5 mm hasilnya adalah -31,9 mm lalu dikuadratkan menjadi 1019,31). Standar deviasi dihitung menggunakan persamaan 3.6. berikut perhitungannya.

$$S = \sqrt{\frac{14809,289^2}{15-1}}$$

$$S = 32,524$$

- c. Koefisien variasi dihitung menggunakan persamaan 3.7 diantaranya sebagai berikut.

$$C_v = 32,524 / 107,5$$

$$C_v = 0,302$$

- d. Koefisien kemencengan. Hal pertama adalah mencari jumlah nilai pengurangan data curah hujan tahun ke-i dengan nilai rerata kemudian dipangkatkan tiga (contoh, data curah hujan maksimum tahun 2002 yaitu 75,6 mm dikurangi 107,5 mm hasilnya adalah -31,9 mm lalu dipangkat tiga menjadi -32543,24). Koefisien kemencengan dihitung dengan persamaan 3.8. berikut perhitungannya.

$$C_s = \frac{15}{(15-1)(15-2).32,524^3} \cdot 342892,44$$

$$C_s = 0.821$$

- e. Koefisien kurtosis. Hal pertama adalah mencari jumlah nilai pengurangan data curah hujan tahun ke-i dengan nilai rerata kemudian dipangkatkan empat (contoh, data curah hujan maksimum tahun 2002 yaitu 75,6 mm dikurangi 107,5 mm hasilnya adalah -31,9 mm lalu dipangkat empat menjadi 1038997,04). Koefisien kurtosis dihitung dengan persamaan 3.9. berikut perhitungannya.

$$C_k = \frac{15^2}{(15-1)(15-2)(15-3).32,524^4} \cdot 480515879,56$$

$$C_k = 4,421$$

## 2. Perhitungan analisis Frekuensi

Perhitungan analisis frekuensi mempunyai beberapa metode. Sesuai syarat penggunaan jenis distribusi analisis frekuensi pada tabel 3.1, hasil perhitungan

parameter statistik nilai koefisien kemencengan ( $C_s$ ) dan koefisien kurtosis ( $C_k$ ) tidak termasuk syarat jenis distribusi atau sebaran data Gumbel, Normal, dan Log Normal. Dengan demikian, jenis distribusi yang digunakan dalam perhitungan analisis frekuensi adalah Log Pearson III.

- a. Mengubah data curah hujan maksimum tiap tahun menjadi bentuk logaritmik (misalnya pada tahun 2002 curah hujan maksimum sebesar 75,6 mm. nilai dari  $\text{LOG}(75,6)$  adalah 1,879). Berikut rekapitulasi perhitungan logaritmik tiap tahun.

**Tabel 5.3 Perhitungan Parameter Statistik Logaritmik**

Banyak Data	X (mm)	Y (LOG X)	Y-Yrata	(Y-Yrata) <sup>2</sup>	(Y-Yrata) <sup>3</sup>
1	75,6	1,879	-0,135	0,0182	-0,0025
2	93,6	1,971	-0,042	0,0018	-0,0001
3	54,7	1,738	-0,275	0,0759	-0,0209
4	121,5	2,085	0,071	0,0051	0,0004
5	80,0	1,903	-0,110	0,0122	-0,0013
6	148,6	2,172	0,159	0,0251	0,0040
7	107,1	2,030	0,016	0,0003	0,0000
8	92,0	1,964	-0,050	0,0025	-0,0001
9	124,7	2,096	0,082	0,0068	0,0006
10	87,0	1,940	-0,074	0,0055	-0,0004
11	108,4	2,035	0,022	0,0005	0,0000
12	141,4	2,150	0,137	0,0188	0,0026
13	94,6	1,976	-0,038	0,0014	-0,0001
14	99,8	1,999	-0,014	0,0002	0,0000
15	183,9	2,265	0,251	0,0631	0,0158
Jumlah	1612,9	2,013	0,00	0,24	-0,0020

- b. Nilai rerata dalam logaritmik adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\bar{Y} &= \frac{30,202}{15} \\ &= 2,013\end{aligned}$$

- c. Standar deviasi dalam logaritmik. hal pertama yang dilakukan adalah pengurangan data curah hujan logaritmik tahun ke-i dengan nilai rerata dalam

logaritmik kemudian dikuadratkan (contoh, data curah hujan maksimum logaritmik tahun 2002 yaitu 1,879 dikurangi 2,013 hasilnya adalah -0,1349 lalu dikuadratkan menjadi 0,0182). Berikut perhitungan standar deviasi Log Pearson III.

$$S_y = \sqrt{\frac{0,2372}{15-1}}$$

$$= 0,130$$

- d. Koefisien kemencengan Log Pearson III. Dalam menentukan nilai K terlebih dahulu mencari koefisien kemencengan. Hal pertama adalah mencari jumlah nilai pengurangan data curah hujan logaritmik tahun ke-i dengan nilai rerata logaritmik kemudian dipangkatkan tiga (contoh, data curah hujan maksimum logaritmik tahun 2002 yaitu 1,879 dikurangi 2,013 hasilnya adalah -0,1349 lalu dipangkat tiga menjadi -0,0025). Berikut perhitungan koefisien kemencengan Log Pearson III.

$$C_s = \frac{15}{(15-1)(15-2) \cdot 0,130^3} \cdot -0,0020$$

$$C_s = -0,075$$

- e. Nilai K pada persamaan Log Pearson III dapat dilihat pada Tabel 3.4. untuk nilai koefisien kemencengan sebesar -0,075, tidak dapat langsung menentukan nilai K. nilai K didapat dengan cara interpolasi dari nilai koefisien kemencengan antara -0,07 dan -0,08. Berikut perhitungan nilai K pada kala ulang 2 tahun, 10 tahun, 25 tahun dan 50 tahun.

$$1) K_{2\text{tahun}} = \left( \frac{-0,075 - (-0,07)}{-0,08 - (-0,07)} \right) \times (0,132 - 0,116) + 0,116$$

$$= 0,125$$

$$2) K_{10\text{tahun}} = \left( \frac{-0,075 - (-0,07)}{-0,08 - (-0,07)} \right) \times (1,166 - 1,183) + 1,183$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,174 \\
 3) K_{25\text{tahun}} &= \left( \frac{-0,075 - (-0,07)}{-0,08 - (-0,07)} \right) \times (1,448 - 1,488) + 1,488 \\
 &= 1,466 \\
 4) K_{50\text{tahun}} &= \left( \frac{-0,075 - (-0,07)}{-0,08 - (-0,07)} \right) \times (1,606 - 1,663) + 1,663 \\
 &= 1,632
 \end{aligned}$$

f. Curah hujan rancangan (R) dihitung menggunakan persamaan 3.17. Berikut perhitungan curah hujan rancangan kala ulang 2 tahun, 10 tahun, 25 tahun, dan 50 tahun.

$$\begin{aligned}
 1) Y_{2\text{tahun}} &= 2,013 + 0,125 \cdot 0,130 \\
 &= 2,030 \\
 R_{2\text{tahun}} &= 10^{2,030} \\
 &= 107,070 \text{ mm} \\
 2) Y_{10\text{tahun}} &= 2,013 + 1,174 \cdot 0,130 \\
 &= 2,166 \\
 R_{10\text{tahun}} &= 10^{2,166} \\
 &= 146,622 \text{ mm} \\
 3) Y_{25\text{tahun}} &= 2,013 + 1,466 \cdot 0,130 \\
 &= 2,204 \\
 R_{25\text{tahun}} &= 10^{2,204} \\
 &= 160,053 \text{ mm} \\
 4) Y_{50\text{tahun}} &= 2,013 + 1,632 \cdot 0,130 \\
 &= 2,226 \\
 R_{50\text{tahun}} &= 10^{2,226} \\
 &= 168,203 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan debit banjir rancangan

Perhitungan debit banjir rancangan tanpa penelusuran aliran kolam menggunakan metode HSS Nakayasu dengan data luas DAS sebesar 32,6113 km<sup>2</sup>, panjang sungai 5,6888 km, dan kemiringan sungai sebesar 0,0018.

Sebelum menghitung debit banjir rancangan, terlebih dahulu mencari distribusi curah hujan efektif jam-jaman menggunakan persamaan 3.25. Persamaan 3.25 dapat disederhanakan dengan memasukkan waktu hujan terpusat sebesar 6 jam,  $\bar{Rt} = \frac{R24}{6} \cdot \left(\frac{6}{t}\right)^{2/3}$  disetiap waktu konsentrasi hujan. Lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 5.4 Rekapitulasi Perhitungan Rata-rata Hujan Jam-jaman**

Waktu konsentrasi (t) jam	Rt
1	0,550 R <sub>24</sub>
2	0,347 R <sub>24</sub>
3	0,265 R <sub>24</sub>
4	0,218 R <sub>24</sub>
5	0,188 R <sub>24</sub>
6	0,167 R <sub>24</sub>

Besar hujan pada jam ke-t (mm) dihitung menggunakan persamaan 3.26 dengan memasukkan waktu konsentrasi dan persamaan 3.25 tiap jam. berikut rekapitulasi hasil perhitungan besar curah hujan jam ke-t.

**Tabel 5.5 Rekapitulasi Perhitungan Besar Curah Hujan Jam Ke-t**

Waktu konsentrasi (t) jam	Rt
1	0,550 R <sub>24</sub>
2	0,147 R <sub>24</sub>
3	0,100 R <sub>24</sub>
4	0,080 R <sub>24</sub>
5	0,067 R <sub>24</sub>
6	0,059 R <sub>24</sub>

Grafik distribusi curah hujan digambar dengan cara kedalaman hujan jam-jaman dinyatakan dalam persen (contohnya, pada waktu konsentrasi jam ke 1



mempunyai besar curah hujan 0,5503 kemudian dijadikan bentuk persen menjadi 55,032%). Lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 5.6 Rekapitulasi Perhitungan Besar Curah Hujan Jam Ke-t (Persen)**

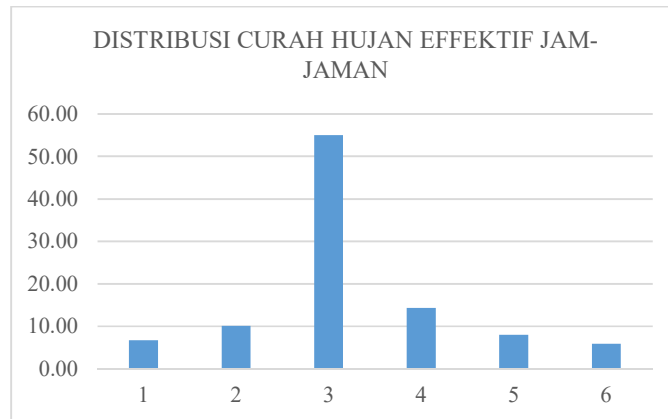
waktu konsetrasi (t) jam	Rt	% Curah hujan
1	0.550 R <sub>24</sub>	55.032
2	0.143 R <sub>24</sub>	14.304
3	0.100 R <sub>24</sub>	10.034
4	0.080 R <sub>24</sub>	7.988
5	0.067 R <sub>24</sub>	6.746
6	0.059 R <sub>24</sub>	5.896

Kemudian nilai persen curah hujan yang paling tinggi diletakkan pada jam ke-3, persen curah hujan tertinggi kedua diletakkan pada jam ke-4, persen curah hujan tertinggi ketiga diletakkan pada jam ke-2, dan seterusnya. Langkah diatas disebut dengan metode ABM (*Alternating Block Method*). Lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 5.7 Rekapitulasi Perhitungan Distribusi Curah Hujan**

waktu konsetrasi (t) jam	Rt	% CH	%CH Rearrange	%kumulatif	Rt
1	0.550 R <sub>24</sub>	55.032	6.75	6.75	0.067 R <sub>24</sub>
2	0.143 R <sub>24</sub>	14.304	10.034	16.779	0.100 R <sub>24</sub>
3	0.100 R <sub>24</sub>	10.034	55.032	71.812	0.550 R <sub>24</sub>
4	0.080 R <sub>24</sub>	7.988	14.304	86.116	0.143 R <sub>24</sub>
5	0.067 R <sub>24</sub>	6.746	7.988	94.104	0.080 R <sub>24</sub>
6	0.059 R <sub>24</sub>	5.896	5.896	100.000	0.059 R <sub>24</sub>

Berikut gambar ditribusi curah hujan efektif jam-jaman.



**Gambar 5.2 Grafik Distribusi Curah Hujan Efektif Jam-Jaman**

Distribusi hujan efektif tiap jam dapat dihitung dengan persamaan 3.28 dengan koefisien pengaliran diambil pada tabel 3.5 daerah hilir. Salah satu contoh perhitungannya adalah perhitungan distribusi curah hujan efektif tiap jam periode ulang 2 tahun sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 f &= 1 - 6,60/107,0698^{1/2} \\
 &= 0,3622 \\
 R_{\text{eff}2\text{thn}} &= 0,3622 \times 107,0698 \\
 &= 38,7766 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berikut rekapitulasi perhitungan distribusi curah hujan efektif tiap jam.

**Tabel 5.8 Rekapitulasi Perhitungan Distribusi Curah Hujan Efektif Tiap Jam**

Periode Ulang (T)	Hujan Rancangan (mm)	Koef. Pengaliran (f)	Hujan Efektif (mm)
2	107,0698	0,3622	38,7766
10	146,6219	0,4549	66,7041
25	160,0530	0,4783	76,5550
50	168,2033	0,4911	82,6058

Melakukan perhitungan hujan jam-jaman berdasarkan periode ulang tahun dengan cara mengalikan persen rasio tiap jam dengan distribusi curah hujan efektif sebagai contoh perhitungan hujan jam ke-1 periode ulang 2 tahun.

$$\begin{aligned} \text{Hujan jam ke-1 (2 tahun)} &= 0,067 \times 38,7766 \\ &= 2,6157 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berikut rekapitulasi perhitungan hujan jam-jaman periode ulang 2, 10, 25, dan 50 tahun.

**Tabel 5.9 Rekapitulasi Perhitungan Hujan Jam-jaman Setiap Periode Ulang**

Jam ke	Rasio	Hujan Jam-jaman Setiap Periode Ulang (mm)			
		2	10	25	50
1	0,067	2,6157	4,4996	5,1641	5,5722
2	0,100	3,8908	6,6930	7,6815	8,2886
3	0,550	21,3396	36,7087	42,1299	45,4597
4	0,143	5,5466	9,5414	10,9504	11,8159
5	0,080	3,0975	5,3283	6,1152	6,5985
6	0,059	2,2864	3,9331	4,5140	4,8708

Tahap perhitungan debit banjir rancangan HSS Nakayasu adalah sebagai berikut.

- a. Waktu konsentrasi ( $t_g$ ), perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} t_g &= 0,21 \times 5,6888^{0,7} \\ &= 0,7091 \text{ jam} \end{aligned}$$

- b. Satuan waktu dari curah hujan ( $Tr$ ) diambil  $0,75 t_g$ , perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Tr &= 0,75 \times 0,7091 \\ &= 0,5319 \text{ jam} \end{aligned}$$

- c. Waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf ( $T_p$ ). Berikut perhitungan  $T_p$ .

$$\begin{aligned} T_p &= 0,7091 + (0,8 \times 0,5319) \\ &= 1,1346 \text{ jam} \end{aligned}$$

- d. Waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak ( $T_{0,3}$ ), perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} T_{0,3} &= 2 \times 0,7091 \\ &= 1,4183 \end{aligned}$$

- e. Debit puncak banjir ( $Q_p$ ). Berikut perhitungan  $Q_p$ .

$$\begin{aligned} Q_p &= \frac{1}{3,6} \cdot \left( \frac{326113,1}{0,3 \cdot 1,1346 + 1,4183} \right) \\ &= 5,1509 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

- f. Bentuk kurva naik ( $0 < t < T_p$ ) dihitung dengan persamaan 3.35 berikut rekapitulasi hasil perhitungan.

**Tabel 5.10 Rekapitulasi Perhitungan Kurva Naik ( $0 < t < T_p$ )**

t (jam)	Q (m <sup>3</sup> /det)
0	0.000
1	4.8357
1,135	5.1509

- g. Bentuk kurva turun ( $T_p < t < T_p + T_{0,3}$ ) dihitung dengan persamaan 3.36 rekapitulasi hasil perhitungan.

**Tabel 5.11 Rekapitulasi Perhitungan Kurva Turun ( $T_p < t < T_p + T_{0,3}$ )**

t (jam)	Q (m <sup>3</sup> /det)
2	2.4708
2,553	1.5453

- h. Bentuk kurva turun ( $T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$ ) dihitung dengan persamaan 3.37 rekapitulasi hasil perhitungan.

**Tabel 5.12 Rekapitulasi Perhitungan Kurva Turun  
( $T_p+T_{0,3}<t<T_p+T_{0,3}+1,5T_{0,3}$ )**

t (jam)	Q (m <sup>3</sup> /det)
3	1.1998
4	0.6813
4,2548	0.5898

- i. Bentuk kurva turun ( $t > T_p+T_{0,3}+1,5T_{0,3}$ ) dihitung dengan persamaan 3.38 rekapitulasi hasil perhitungan.

**Tabel 5.13 Rekapitulasi Perhitungan Kurva Turun ( $t > T_p+T_{0,3}+1,5T_{0,3}$ )**

t (jam)	Q (m <sup>3</sup> /det)
5	0.4048
6	0.2648
7	0.1732
8	0.1133
9	0.0741
10	0.0485
11	0.0317
12	0.0207
13	0.0136
14	0.0089
15	0.0058
16	0.0038
17	0.0025
18	0.0016
19	0.0011
20	0.0007
21	0.0005
22	0.0003
23	0.0002
24	0.0001

- j. Volume limpasan, dihitung menggunakan persamaan 3.39. berikut contoh perhitungan volume limpasan jam ke-1 dan hasil rekapitulasi perhitungan.

$$\begin{aligned}
 V_{\text{jam ke-1}} &= (4,8357 + 5,1509) \times (1,1346 - 1) \times 0,5 \times 60 \times 60 \\
 &= 11872,1596 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

**Tabel 5.14 Rekapitulasi Perhitungan Volume Limpasan**

T (jam)	Qt awal (m <sup>3</sup> /det)	V awal (m <sup>3</sup> )
0	0.0000	8704,1853
1	4.8357	2419,9815
1,1346	5.1509	11872,1596
2	2.4708	3996,9377
2,5529	1.5453	2094,4163
3	1,1998	3386,0056
4	0.6813	583,0687
4,2548	0.5898	1309,9707
5	0.4048	1205,1453
6	0.2648	788,3226
7	0.1732	515,6661
8	0.1133	337,3131
9	0.0741	220,6469
10	0.0485	144,3319
11	0.0317	94,4119
12	0.0207	61,7578
13	0.0136	40,3976
14	0.0089	26,4253
15	0.0058	17,2856
16	0.0038	11,3071
17	0.0025	7,3963
18	0.0016	4,8381
19	0.0011	3,1648
20	0.0007	2,0702
21	0.0005	1,3542
22	0.0003	0,8858
23	0.0002	0,5794
24	0,0001	Jumlah = 37988,7790 m <sup>3</sup>

k. Kedalaman hujan, perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kedalaman hujan} &= 37988,7790/32611300 \\
 &= 0,0011649 \text{ m} \\
 &= 1,1649 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

l. Faktor koreksi, perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 f &= 1/1,1649 \\
 &= 0,8584
 \end{aligned}$$

m. Debit koreksi dan volume limpasan koreksi, berikut contoh perhitungan dan hasil rekapitulasi perhitungan.

$$Q_{\text{jam ke-1 koreksi}} = 4,8357 \times 0,8584 \\ = 4,1511 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$V_{\text{jam ke-1 koreksi}} = (4,1511 + 4,4218) \times (1,1346 - 1) \times 0,5 \times 60 \times 60 \\ = 2077,4225 \text{ m}^3$$

**Tabel 5.15 Rekapitulasi Perhitungan Qt Koreksi dan Vt Koreksi**

jam	Qt awal (m <sup>3</sup> /det)	V awal (m <sup>3</sup> )	Qt koreksi (m <sup>3</sup> /det)	Vt koreksi (m <sup>3</sup> )
0	0,0000	8704,1853	0,0000	7472,0695
1	4,8357	2419,9815	4,1511	2077,4225
1,1346	5,1509	11872,1596	4,4218	10191,6031
2	2,4708	3996,9377	2,1211	3431,1536
2,5529	1,5453	2209,1625	1,3265	1896,4458
3	1,1998	3386,0056	1,0300	2906,7016
4	0,6813	583,0687	0,5849	500,5327
4,2548	0,5898	1333,9780	0,5063	1145,1476
5	0,4048	1205,1453	0,3475	1034,5517
6	0,2648	788,3226	0,2273	676,7321
7	0,1732	515,6661	0,1487	442,6713
8	0,1133	337,3131	0,0973	289,5649
9	0,0741	220,6469	0,0636	189,4133
10	0,0485	144,3319	0,0416	123,9011
11	0,0317	94,4119	0,0272	81,0475
12	0,0207	61,7578	0,0178	53,0157
13	0,0136	40,3976	0,0116	34,6792
14	0,0089	26,4253	0,0076	22,6847
15	0,0058	17,2856	0,0050	14,8388
16	0,0038	11,3071	0,0033	9,7065
17	0,0025	7,3963	0,0021	6,3493
18	0,0016	4,8381	0,0014	4,1533
19	0,0011	3,1648	0,0009	2,7168
20	0,0007	2,0702	0,0006	1,7771
21	0,0005	1,3542	0,0004	1,1625

**Lanjutan Tabel 5.15 Rekapitulasi Perhitungan Qt Koreksi dan Vt Koreksi**

jam	Qt awal (m <sup>3</sup> /det)	V awal (m <sup>3</sup> )	Qt koreksi (m <sup>3</sup> /det)	Vt koreksi (m <sup>3</sup> )
22	0.0003	0,8858	0,0003	0,7604
23	0.0002	0,5794	0,0002	0,4974
24	0,0001	Jumlah = 37988,7990 m <sup>3</sup>	0,0001	Jumlah = 32611,3 m <sup>3</sup>

- n. Debit rancangan periode ulang 2 tahun. Berikut hasil rekapitulasi perhitungan debit rancangan periode ulang 2 tahun.

**Tabel 5.16 Rekapitulasi Perhitungan Debit Rancangan Kala Ulang 2 Tahun**

t	Qt awal	Qt x R2						Q total
		jam ke-1	jam ke-2	jam ke-3	jam ke-4	jam ke-5	jam ke-6	
jam	m <sup>3</sup> /det	2,6157	3,8908	21,3396	5,5466	3,0975	2,2864	m <sup>3</sup> /det
0	0	0						0
1	4,8357	12,6486	0					12,6486
1,1346	5,1509	13,4732	20,0411	0				33,5143
2	2,4708	6,4629	9,6135	52,7265	0			68,8030
2,5529	1,5453	4,0419	6,0123	32,9753	8,5710	0		51,6006
3	1,1998	3,1384	4,6683	25,6036	6,6549	3,7164	0	43,7816
4	0,6813	1,7821	2,6508	14,5386	3,7789	2,1103	1,5577	26,4183
4,2548	0,5898	1,5427	2,2948	12,5860	3,2714	1,8269	1,3485	22,8702
5	0,4048	1,0587	1,5748	8,6374	2,2450	1,2537	0,9255	15,6952
6	0,2648	0,6925	1,0302	5,6500	1,4686	0,8201	0,6054	10,2667
7	0,1732	0,4530	0,6739	3,6958	0,9606	0,5365	0,3960	6,7158
8	0,1133	0,2963	0,4408	2,4176	0,6284	0,3509	0,2590	4,3930
9	0,0741	0,1938	0,2883	1,5814	0,4110	0,2295	0,1694	2,8736
10	0,0485	0,1268	0,1886	1,0344	0,2689	0,1502	0,1108	1,8797
11	0,0317	0,0829	0,1234	0,6767	0,1759	0,0982	0,0725	1,2296
12	0,0207	0,0543	0,0807	0,4426	0,1150	0,0642	0,0474	0,8043
13	0,0136	0,0355	0,0528	0,2895	0,0753	0,0420	0,0310	0,5261
14	0,0089	0,0232	0,0345	0,1894	0,0492	0,0275	0,0203	0,3442
15	0,0058	0,0152	0,0226	0,1239	0,0322	0,0180	0,0133	0,2251
16	0,0038	0,0099	0,0148	0,0810	0,0211	0,0118	0,0087	0,1473
17	0,0025	0,0065	0,0097	0,0530	0,0138	0,0077	0,0057	0,0963
18	0,0016	0,0043	0,0063	0,0347	0,0090	0,0050	0,0037	0,0630
19	0,0011	0,0028	0,0041	0,0227	0,0059	0,0033	0,0024	0,0412
20	0,0007	0,0018	0,0027	0,0148	0,0039	0,0022	0,0016	0,0270
21	0,0005	0,0012	0,0018	0,0097	0,0025	0,0014	0,0010	0,0176
22	0,0003	0,0008	0,0012	0,0063	0,0017	0,0009	0,0007	0,0115
23	0,0002	0,0005	0,0008	0,0042	0,0011	0,0006	0,0004	0,0075
24	0,0001	0,0003	0,0005	0,0027	0,0007	0,0004	0,0003	0,0049



- o. Debit rancangan periode ulang 10 tahun. Berikut hasil rekapitulasi perhitungan debit rancangan periode ulang 10 tahun.

**Tabel 5.17 Rekapitulasi Perhitungan Debit Rancangan Kala Ulang 10 Tahun**

t	Qt awal	Qt x R10						Q total
		jam ke-1	jam ke-2	jam ke-3	jam ke-4	jam ke-5	jam ke-6	
jam	m <sup>3</sup> /det	4,4996	6,6930	36,7087	9,5414	5,3283	3,9331	m <sup>3</sup> /det
0	0	0						0
1	4,8357	21,7584	0					21,7584
1,1346	5,1509	23,1767	34,4751	0				57,6518
2	2,4708	11,1177	16,5374	90,7010	0			118,3560
2,5529	1,5453	6,9530	10,3425	56,7247	14,7439	0		88,7641
3	1,1998	5,3987	8,0304	44,0438	11,4479	6,3930	0	75,3138
4	0,6813	3,0655	4,5599	25,0094	6,5005	3,6302	2,6796	45,4452
4,2548	0,5898	2,6538	3,9475	21,6505	5,6274	3,1426	2,3197	39,3417
5	0,4048	1,8212	2,7091	14,8582	3,8620	2,1567	1,5920	26,9991
6	0,2648	1,1913	1,7721	9,7192	2,5262	1,4108	1,0414	17,6610
7	0,1732	0,7793	1,1592	6,3576	1,6525	0,9228	0,6812	11,5526
8	0,1133	0,5098	0,7583	4,1587	1,0809	0,6036	0,4456	7,5569
9	0,0741	0,3334	0,4960	2,7203	0,7071	0,3949	0,2915	4,9432
10	0,0485	0,2181	0,3244	1,7795	0,4625	0,2583	0,1907	3,2335
11	0,0317	0,1427	0,2122	1,1640	0,3025	0,1690	0,1247	2,1151
12	0,0207	0,0933	0,1388	0,7614	0,1979	0,1105	0,0816	1,3836
13	0,0136	0,0610	0,0908	0,4981	0,1295	0,0723	0,0534	0,9050
14	0,0089	0,0399	0,0594	0,3258	0,0847	0,0473	0,0349	0,5920
15	0,0058	0,0261	0,0389	0,2131	0,0554	0,0309	0,0228	0,3873
16	0,0038	0,0171	0,0254	0,1394	0,0362	0,0202	0,0149	0,2533
17	0,0025	0,0112	0,0166	0,0912	0,0237	0,0132	0,0098	0,1657
18	0,0016	0,0073	0,0109	0,0596	0,0155	0,0087	0,0064	0,1084
19	0,0011	0,0048	0,0071	0,0390	0,0101	0,0057	0,0042	0,0709
20	0,0007	0,0031	0,0047	0,0255	0,0066	0,0037	0,0027	0,0464
21	0,0005	0,0020	0,0030	0,0167	0,0043	0,0024	0,0018	0,0303
22	0,0003	0,0013	0,0020	0,0109	0,0028	0,0016	0,0012	0,0198
23	0,0002	0,0009	0,0013	0,0071	0,0019	0,0010	0,0008	0,0130
24	0,0001	0,0006	0,0009	0,0047	0,0012	0,0007	0,0005	0,0085

- p. Debit rancangan periode ulang 25 tahun. Berikut hasil rekapitulasi perhitungan debit rancangan periode ulang 25 tahun.

**Tabel 5.18 Rekapitulasi Perhitungan Debit Rancangan Kala Ulang 25 Tahun**

t	Qt awal	Qt x R25						Q total
		jam ke-1	jam ke-2	jam ke-3	jam ke-4	jam ke-5	jam ke-6	
jam	m <sup>3</sup> /det	5,1641	7,6815	42,1299	10,9504	6,1152	4,5140	m <sup>3</sup> /det
0	0	0						0
1	4,8357	24,9716	0					24,9716
1,1346	5,1509	26,5995	39,5664	0				66,1659
2	2,4708	12,7595	18,9796	104,0957	0			135,8349
2,5529	1,5453	7,9798	11,8699	65,1018	16,9213	0		101,8729
3	1,1998	6,1959	9,2164	50,5482	13,1385	7,3371	0	86,4362
4	0,6813	3,5182	5,2333	28,7029	7,4605	4,1663	3,0754	52,1566
4,2548	0,5898	3,0457	4,5305	24,8479	6,4585	3,6067	2,6623	45,1517
5	0,4048	2,0902	3,1091	17,0525	4,4323	2,4752	1,8271	30,9864
6	0,2648	1,3673	2,0338	11,1545	2,8993	1,6191	1,1951	20,2691
7	0,1732	0,8944	1,3304	7,2965	1,8965	1,0591	0,7818	13,2587
8	0,1133	0,5850	0,8702	4,7729	1,2406	0,6928	0,5114	8,6729
9	0,0741	0,3827	0,5692	3,1221	0,8115	0,4532	0,3345	5,6732
10	0,0485	0,2503	0,3724	2,0423	0,5308	0,2964	0,2188	3,7110
11	0,0317	0,1637	0,2436	1,3359	0,3472	0,1939	0,1431	2,4275
12	0,0207	0,1071	0,1593	0,8739	0,2271	0,1268	0,0936	1,5879
13	0,0136	0,0701	0,1042	0,5716	0,1486	0,0830	0,0612	1,0387
14	0,0089	0,0458	0,0682	0,3739	0,0972	0,0543	0,0401	0,6794
15	0,0058	0,0300	0,0446	0,2446	0,0636	0,0355	0,0262	0,4444
16	0,0038	0,0196	0,0292	0,1600	0,0416	0,0232	0,0171	0,2907
17	0,0025	0,0128	0,0191	0,1047	0,0272	0,0152	0,0112	0,1902
18	0,0016	0,0084	0,0125	0,0685	0,0178	0,0099	0,0073	0,1244
19	0,0011	0,0055	0,0082	0,0448	0,0116	0,0065	0,0048	0,0814
20	0,0007	0,0036	0,0053	0,0293	0,0076	0,0043	0,0031	0,0532
21	0,0005	0,0023	0,0035	0,0192	0,0050	0,0028	0,0021	0,0348
22	0,0003	0,0015	0,0023	0,0125	0,0033	0,0018	0,0013	0,0228
	0,0002	0,0010	0,0015	0,0082	0,0021	0,0012	0,0009	0,0149
	0,0001	0,0007	0,0010	0,0054	0,0014	0,0008	0,0006	0,0097

q. Debit rancangan periode ulang 50 tahun. Berikut hasil rekapitulasi perhitungan debit rancangan periode ulang 50 tahun.

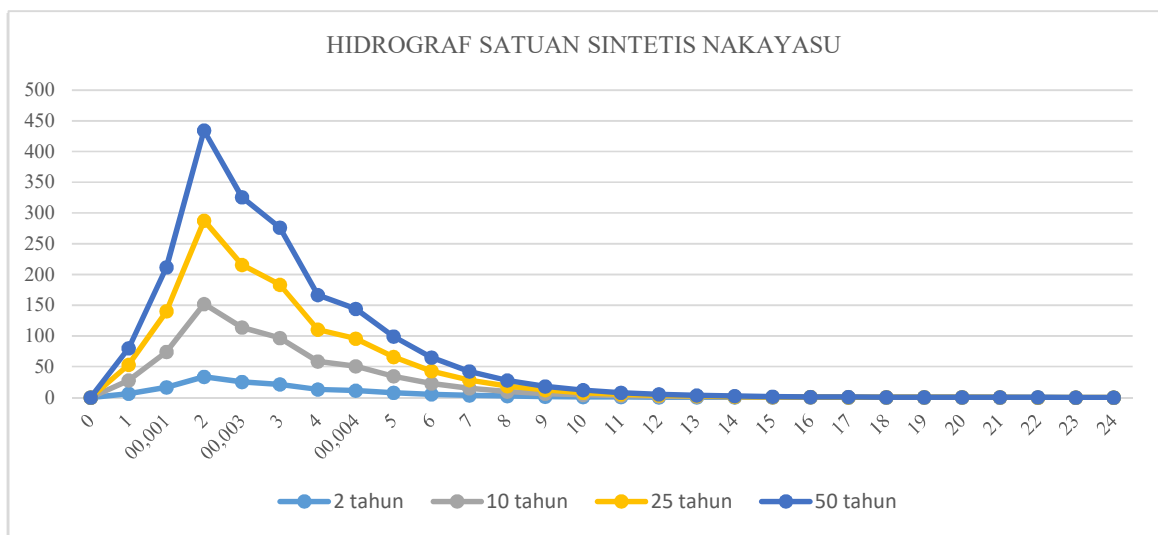
**Tabel 5.19 Rekapitulasi Perhitungan Debit Rancangan Kala Ulang 50 Tahun**

t	Qt awal	Qt x R50						Q total
		jam ke-1	jam ke-2	jam ke-3	jam ke-4	jam ke-5	jam ke-6	
jam	m <sup>3</sup> /det	5,5722	8,2886	45,4597	11,8159	6,5985	4,8708	m <sup>3</sup> /det
0	0	0						0
1	4,8357	26,9453	0					26,9453
1,1346	5,1509	28,7019	42,6936	0				71,3955
2	2,4708	13,7680	20,4797	112,3233	0			146,5710
2,5529	1,5453	8,6106	12,8081	70,2473	18,2588	0		109,9247
3	1,1998	6,6857	9,9448	54,5434	14,1770	7,9171	0	93,2680

**Lanjutan Tabel 5.19 Rekapitulasi Perhitungan Debit Rancangan Kala Ulang 50 Tahun**

t	Qt awal	Qt x R50						Q total
		jam ke-1	jam ke-2	jam ke-3	jam ke-4	jam ke-5	jam ke-6	
jam	m <sup>3</sup> /det	5,5722	8,2886	45,4597	11,8159	6,5985	4,8708	m <sup>3</sup> /det
4	0,6813	3,7963	5,6470	30,9715	8,0501	4,4956	3,3184	56,2789
4,2548	0,5898	3,2865	4,8886	26,8118	6,9690	3,8918	2,8727	48,7203
5	0,4048	2,2554	3,3549	18,4002	4,7826	2,6708	1,9715	33,4355
6	0,2648	1,4753	2,1945	12,0362	3,1285	1,7471	1,2896	21,8712
7	0,1732	0,9651	1,4355	7,8732	2,0464	1,1428	0,8436	14,3066
8	0,1133	0,6313	0,9390	5,1501	1,3386	0,7475	0,5518	9,3584
9	0,0741	0,4129	0,6142	3,3689	0,8756	0,4890	0,3610	6,1216
10	0,0485	0,2701	0,4018	2,2037	0,5728	0,3199	0,2361	4,0043
11	0,0317	0,1767	0,2628	1,4415	0,3747	0,2092	0,1544	2,6194
12	0,0207	0,1156	0,1719	0,9429	0,2451	0,1369	0,1010	1,7134
13	0,0136	0,0756	0,1125	0,6168	0,1603	0,0895	0,0661	1,1208
14	0,0089	0,0495	0,0736	0,4035	0,1049	0,0586	0,0432	0,7331
15	0,0058	0,0323	0,0481	0,2639	0,0686	0,0383	0,0283	0,4796
16	0,0038	0,0212	0,0315	0,1726	0,0449	0,0251	0,0185	0,3137
17	0,0025	0,0138	0,0206	0,1129	0,0294	0,0164	0,0121	0,2052
18	0,0016	0,0091	0,0135	0,0739	0,0192	0,0107	0,0079	0,1342
19	0,0011	0,0059	0,0088	0,0483	0,0126	0,0070	0,0052	0,0878
20	0,0007	0,0039	0,0058	0,0316	0,0082	0,0046	0,0034	0,0574
21	0,0005	0,0025	0,0038	0,0207	0,0054	0,0030	0,0022	0,0376
22	0,0003	0,0017	0,0025	0,0135	0,0035	0,0020	0,0014	0,0246

Berikut gambar hidrograf satuan sintetis Nakayasu kala ulang 2, 10, 25, dan 50 tahun.



**Gambar 5.3 Grafik HSS Nakayasu 2, 10, 25, dan 50 Tahun**

Dari tahapan perhitungan diatas, didapat debit banjir rancangan dengan metode hidrograf satuan sintetis Nakayasu. Berikut rekapitulasi debit banjir rancangan metode hidrograf satuan sintetis Nakayasu.

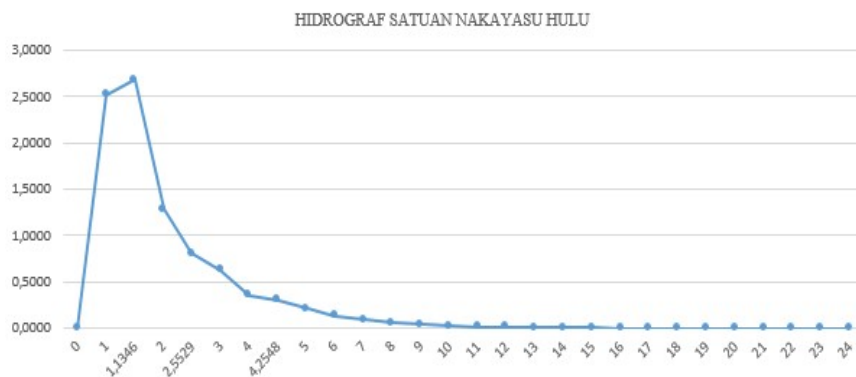
**Tabel 5.20 Rekapitulasi Debit Banjir Rancangan HSS Nakayasu**

Periode Ulang (T) (Tahun)	Rn (mm)	Qt (m <sup>3</sup> /det)
2	107,0698	68,8030
10	146,6219	118,3560
25	160,0530	135,8349
50	168,2033	146,5710

#### 4. HEC-HMS

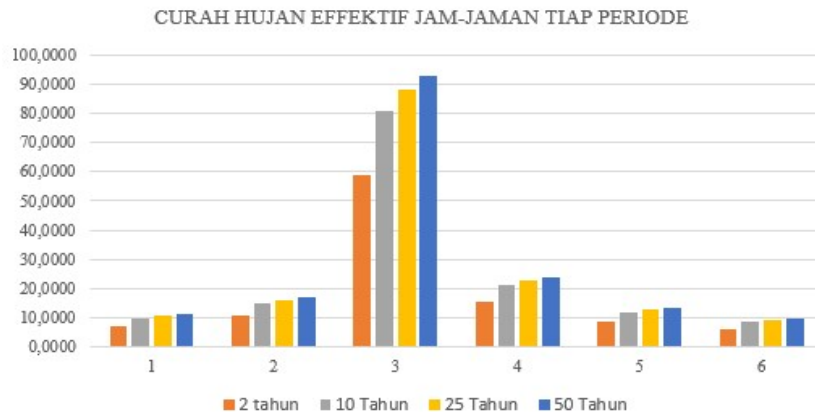
Pada program aplikasi *HEC-HMS* terdapat dua analisis yaitu menentukan *inflow* dari kolam retensi Jembatan 12 dan menentukan debit banjir rancangan kala ulang 2, 10, 25, dan 50 tahun. Berikut cara menentukan *outflow* kolam retensi Jembatan 12.

- a. Masukkan hidrograf satuan DAS Sungai Rangkui Hulu yang sudah dihitung dengan metode hidrograf satuan Nakayasu pada komponen *Paired Data Unit Hydrograph Curves*. Berikut gambar dari hidrograf satuan sintetis Nakayasu hulu.



**Gambar 5.4 Grafik Hidrograf Satuan Nakayasu Hulu**

- b. Masukkan data curah hujan jam-jaman periode kala ulang 2, 10, 25, dan 50 tahun yang telah dihitung pada komponen *Time-Series Data Precipitation Gages*. Gambar grafik dapat dilihat dibawah ini.



**Gambar 5.5 Grafik Curah Hujan Jam-Jaman Tiap Periode Ulang**

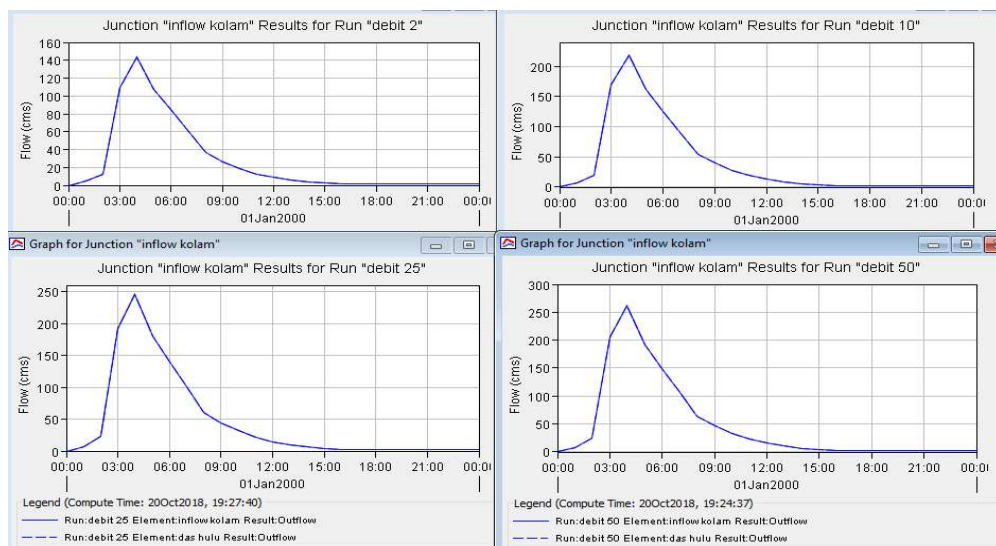
- c. Masukkan Luas DAS pada *Subbasin* Sub DAS Rangkui Hulu sebesar 16,9699 km<sup>2</sup>. *Curve Number* sebesar 80,48 dari nilai CN rata-rata berdasarkan tiap luas tata guna lahan pada DAS Rangkui Hulu dan *Imprevious (%)* sebesar 25,44 dari persentase rata-rata berdasarkan tiap luas tata guna lahan DAS Rangkui Hulu. Pada *Baseflow*, *Initial Dsicharge* sebesar 0 (nol), konstan *Recession* sebesar 0,95 dan *Ratio* sebesar 0,01.
- d. *Run* tiap periode ulang curah hujan efektif jam-jaman. Berikut tabel dan gambar hasil dari *inflow* dari curah hujan efektif jam-jaman tiap periode.

**Tabel 5.21 Hasil *Run Inflow* Curah Hujan Jam-Jaman Tiap Periode Ulang**

Time	Periode Ulang			
	2 Tahun	10 Tahun	25 Tahun	50 Tahun
	inflow (m <sup>3</sup> /s)	inflow (m <sup>3</sup> /s)	inflow (m <sup>3</sup> /s)	inflow (m <sup>3</sup> /s)
0:00	0	0	0	0
1:00	4,6	6,3	6,9	7,3
2:00	12,7	20	22,8	24,7
3:00	109,5	170,1	191,5	204,7
4:00	143,1	218,8	245,1	261,2
5:00	107,3	161,1	179,7	191,1

Lanjutan Tabel 5.21 Hasil *Run Inflow* Curah Hujan Jam-Jaman Tiap Periode Ulang

Time	Periode Ulang			
	2 Tahun	10 Tahun	25 Tahun	50 Tahun
	inflow (m <sup>3</sup> /s)	inflow (m <sup>3</sup> /s)	inflow (m <sup>3</sup> /s)	inflow (m <sup>3</sup> /s)
6:00	84,6	125,9	140,2	148,8
7:00	61	90,8	101,1	107,3
8:00	36,4	54,3	60,4	64,2
9:00	26,6	39,8	44,4	47,2
10:00	18,9	28,3	31,5	33,5
11:00	12,8	19,1	21,2	22,6
12:00	8,8	13,2	14,7	15,6
13:00	5,8	8,7	9,7	10,3
14:00	3,8	5,7	6,3	6,7
15:00	2,5	3,7	4,1	4,4
16:00	1,6	2,4	2,7	2,9
17:00	1,4	2,2	2,4	2,6
18:00	1,4	2,2	2,4	2,6
19:00	1,4	2,2	2,4	2,6
20:00	1,4	2,2	2,4	2,6
21:00	1,4	2,2	2,4	2,6
22:00	1,4	2,2	2,4	2,6
23:00	1,4	2,2	2,4	2,6
24:00	1,4	2,2	2,4	2,6



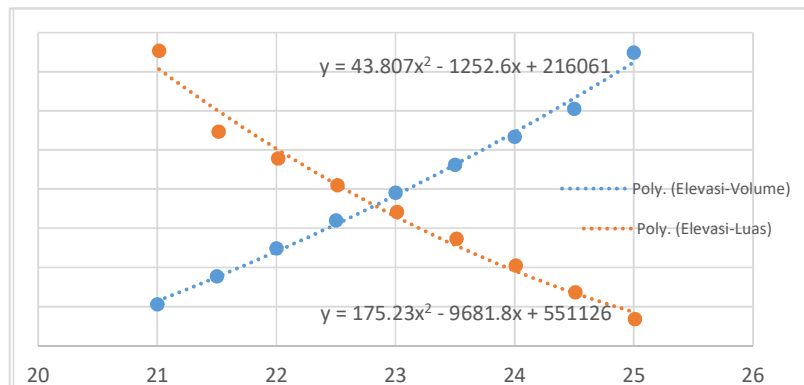
Gambar 5.6 Grafik *Inflow* Kolam Retensi Tiap Periode Ulang Curah Hujan

Setelah mendapatkan *inflow* kolam retensi, dilanjutkan dengan mencari *outflow* dari kolam retensi. Luas dasar kolam retensi yang didapat dari program aplikasi *Arcgis* adalah sebesar 418407,0147 m<sup>2</sup> pada elevasi 20 m dan luas permukaan kolam retensi sebesar 425574,1985 m<sup>2</sup> pada elevasi 25 m dengan kemiringan talut kolam retensi adalah 0,5:1. Volume kapasitas tampungan kolam retensi didapat dari perhitungan rata-rata luas setiap elevasi dikali dengan beda tinggi elevasi. Berikut rekapitulasi perhitungan volume kapasitas.

**Tabel 5.22 Rekapitulasi Perhitungan Volume Kapasitas Kolam Retensi**

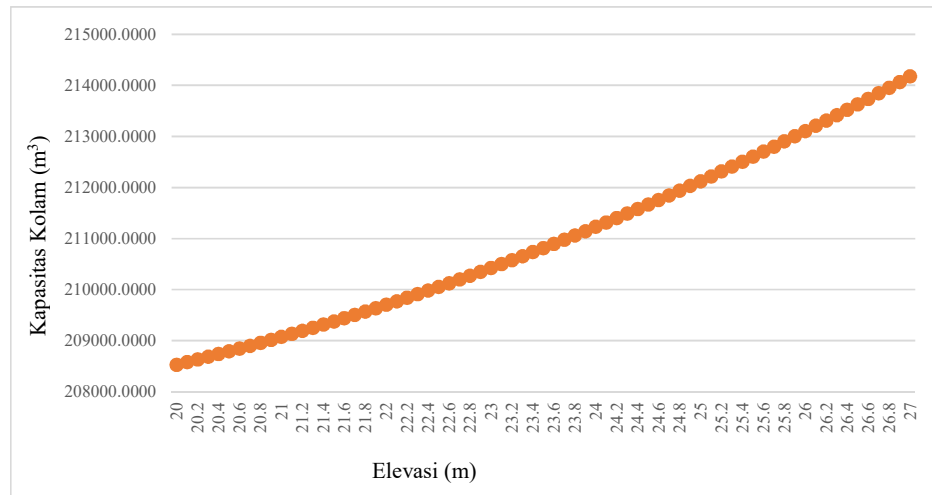
Elevasi	Delta H	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
20	0	418407,0147	0
20,5	0,5	417700,0000	209026,7537
21	0,5	418414,2857	209028,5714
21,5	0,5	419128,5714	209385,7143
22	0,5	419842,8571	209742,8571
22,5	0,5	420557,1429	210100,0000
23	0,5	421271,4286	210457,1429
23,5	0,5	421985,7143	210814,2857
24	0,5	422700,0000	211171,4286
24,5	0,5	423414,2857	211528,5714
25	0,5	425574,1985	212247,1210

Berikut grafik hubungan antara elevasi dan luas genang dengan elevasi dan volume kapasitas kolam.



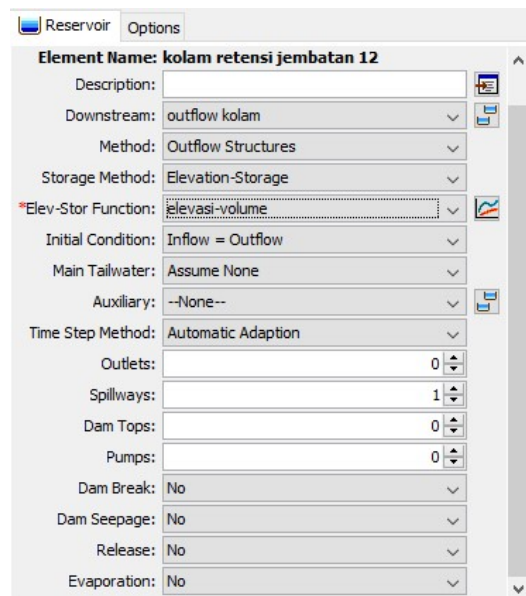
**Gambar 5.7 Grafik Hubungan Elevasi-Luas Genangan dan Elevasi-Volume Kapasitas Kolam Retensi Jembatan 12**

Masukkan data grafik hubungan elevasi dengan kapasitas kolam retensi Jembatan 12 pada *Elevation-Storage Functions* komponen **Paired Data**. Berikut gambar grafiknya.



**Gambar 5.8 Grafik Elevasi Terhadap Kapasitas Kolam Retensi Jembatan 12**

Metode-metode yang digunakan pada komponen *Reservoir* (kolam retensi), dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



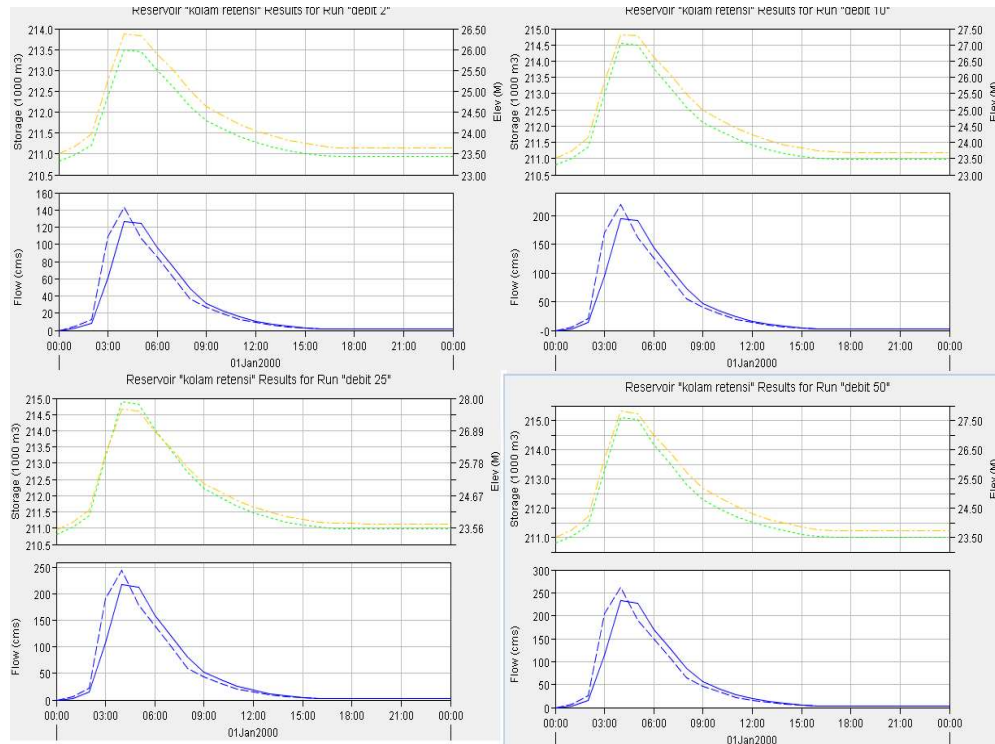
**Gambar 5.9 Metode Reservoir Pada Kolam Retensi Jembatan 12**



Kemudian melakukan simulasi pada curah hujan efektif jam-jaman tiap periode untuk melihat *outflow* kolam retensi Jembatan 12. Berikut tabel dan grafik hasil rekapitulasi *outflow* kolam retensi Jembatan 12.

**Tabel 5.23 Rekapitulasi *Outflow* Kolam Retensi Jembatan 12**

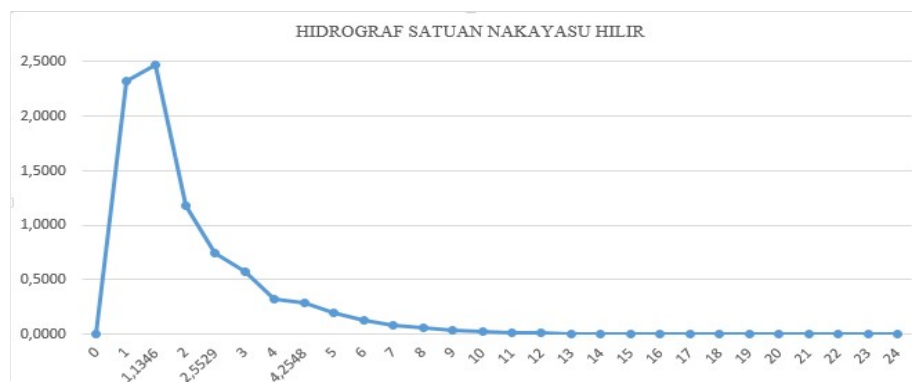
Time	Periode Ulang							
	2 tahun		10 tahun		25 tahun		50 tahun	
	inflow (m <sup>3</sup> /det)	outflow (m <sup>3</sup> /det)	inflow (m <sup>3</sup> /det)	outflow (m <sup>3</sup> /det)	inflow (m <sup>3</sup> /det)	outflow (m <sup>3</sup> /det)	inflow (m <sup>3</sup> /det)	outflow (m <sup>3</sup> /det)
0:00	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00	4,6	2,3	6,3	3,2	6,9	6,9	7,3	3,6
2:00	12,7	8,7	20	13,2	22,8	22,8	24,7	16
3:00	109,5	61,1	170,1	95	191,5	191,5	204,7	114,7
4:00	143,1	126,3	218,8	194,4	245,1	245,1	261,2	232,9
5:00	107,3	124,2	161,1	190,7	179,7	179,7	191,1	226,9
6:00	84,6	95,9	125,9	143,5	140,2	140,2	148,8	169,9
7:00	61	72,8	90,8	108,3	101,1	101,1	107,3	128,1
8:00	36,4	48,7	54,3	72,5	60,4	60,4	64,2	85,8
9:00	26,6	31,5	39,8	47,1	44,4	44,4	47,2	55,7
10:00	18,9	22,8	28,3	34,1	31,5	31,5	33,5	40,3
11:00	12,8	15,8	19,1	23,7	21,2	21,2	22,6	28
12:00	8,8	10,8	13,2	16,1	14,7	14,7	15,6	19,1
13:00	5,8	7,3	8,7	10,9	9,7	9,7	10,3	12,9
14:00	3,8	4,8	5,7	7,2	6,3	6,3	6,7	8,5
15:00	2,5	3,2	3,7	4,7	4,1	4,1	4,4	5,6
16:00	1,6	2,1	2,4	3,1	2,7	2,7	2,9	3,6
17:00	1,4	1,5	2,2	2,3	2,4	2,4	2,6	2,7
18:00	1,4	1,4	2,2	2,1	2,4	2,4	2,6	2,7
19:00	1,4	1,4	2,2	2,2	2,4	2,4	2,6	2,6
20:00	1,4	1,4	2,2	2,1	2,4	2,4	2,6	2,6
21:00	1,4	1,4	2,2	2,2	2,4	2,4	2,6	2,6
22:00	1,4	1,4	2,2	2,1	2,4	2,4	2,6	2,6
23:00	1,4	1,4	2,2	2,2	2,4	2,4	2,6	2,6
24:00	1,4	1,4	2,2	2,1	2,4	2,4	2,6	2,6



**Gambar 5.10 Grafik Hubungan *Inflow-Outflow* Pada Kolam Retensi**

tahap selanjutnya adalah perhitungan debit banjir rancangan kala ulang 2, 10, 25, dan 50 tahun. Berikut tahap perhitungannya.

- Masukkan hidrograf satuan Nakayasu DAS Sungai Rangkui Hilir pada komponen *Paired Data Unit Hydrograph Curves* dengan cara *add new*. Untuk curah hujan efektif jam-jaman periode ulang 2, 10, 25, dan 50 tahun berikut gambar hidrograf satuan sintetis pada DAS Sungai Rangkui hilir.



**Gambar 5.11 Grafik Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu Hilir**

- b. Masukkan Luas DAS pada *Subbasin* Sub DAS Rangkui Hulu sebesar 15,6413 km<sup>2</sup>. *Curve Number* sebesar 82,77 dari nilai CN rata-rata berdasarkan tiap luas tata guna lahan pada DAS Rangkui Hulu dan *Impervious (%)* sebesar 36,10 dari persentase rata-rata berdasarkan tiap luas tata guna lahan DAS Rangkui Hulu. Pada *Baseflow*, *Initial Discharge* sebesar 0 (nol), konstan *Recession* sebesar 0,95 dan *Ratio* sebesar 0,01.
- c. Membuat *Reach* dengan nama Sungai Rangkui Hilir. *Routing Method* yang digunakan adalah *Lag*. Berikut perhitungan *Time Lag*.

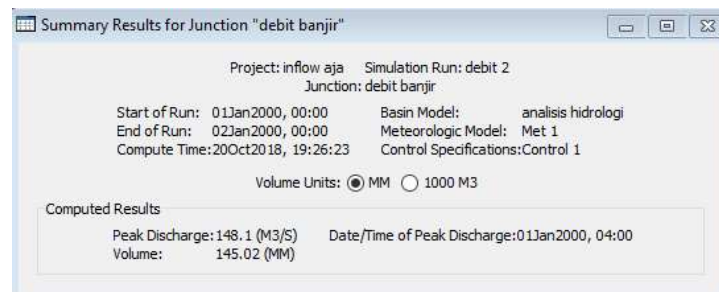
$$S = (1000/82,77) - 10$$

$$= 2,0821 \text{ inch}$$

$$T = 12580,5450^{0,8} \frac{(2,0821 + )^{0,7}}{1900\sqrt{0,1797}}$$

$$= 5,1992 \text{ jam}$$

- d. Melakukan simulasi untuk mengetahui debit banjir. Berikut debit banjir rancangan kala ulang 2 tahun.



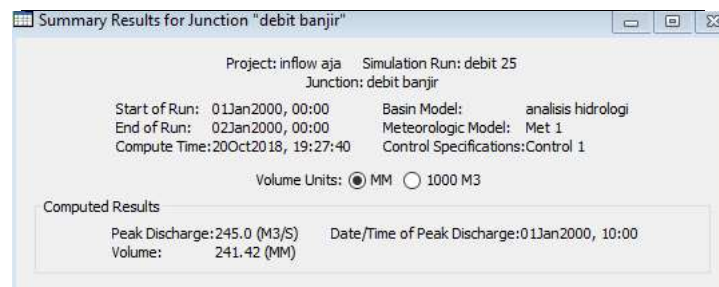
**Gambar 5.12 Debit Banjir Rancangan Kala Ulang 2 Tahun**

Debit banjir rancangan kala ulang 10 tahun hasil perhitungan *HEC-HMS* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 5.13 Debit Banjir Rancangan Kala Ulang 10 Tahun**

Debit banjir rancangan kala ulang 25 tahun hasil perhitungan *HEC-HMS* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 5.14 Debit Banjir Rancangan Kala Ulang 25 Tahun**

Berikut hasil perhitungan debit banjir rancangan kala ulang 50 tahun menggunakan *HEC-HMS*.



**Gambar 5.15 Debit Banjir Rancangan Kala Ulang 50 Tahun**

## 5. *HEC-RAS*

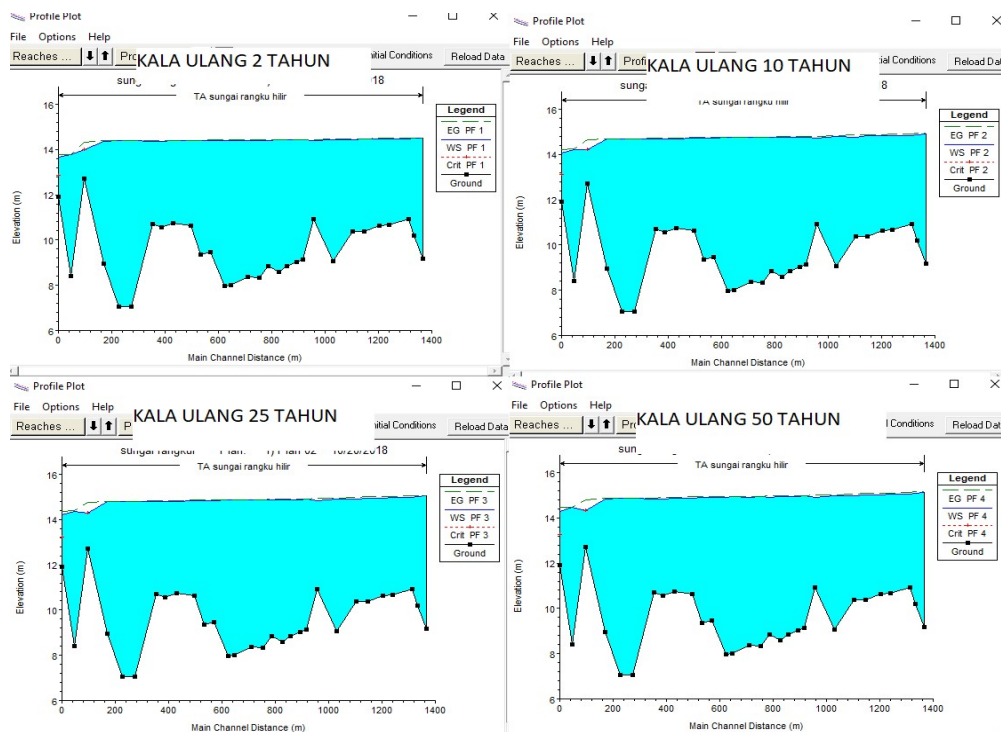
Analisis hidraulika menggunakan *HEC-RAS* membutuhkan nilai kekerasan Manning dan data kemiringan sungai yang diasumsikan sebagai *Normal Depth*. Nilai kekerasan Manning dapat dilihat pada Tabel 3.6 yaitu untuk daerah tengah

sungai sebesar 0,033 dan daerah tepi sungai sebesar 0,025. Kemiringan sungai yang diteliti sebesar 0,00134. Debit banjir rancangan yang digunakan adalah debit banjir hasil perhitungan menggunakan *HEC-HMS*. Berikut rekapitulasi debit banjir rancangan kala ulang 2, 10, 25, dan 50 tahun.

**Tabel 5.24 Rekapitulasi Debit Banjir Rancangan *HEC-HMS***

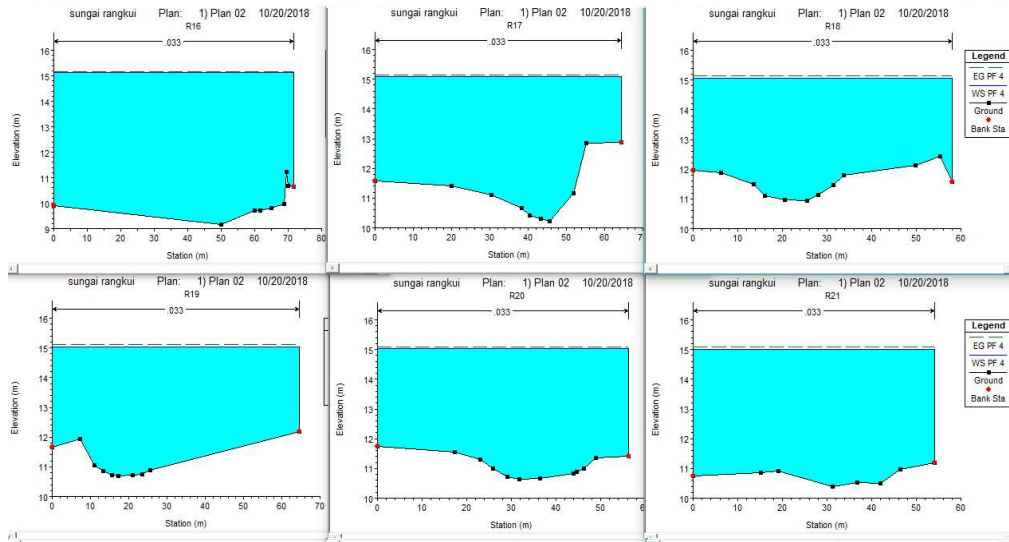
Debit Banjir Rancangan <i>HEC-HMS</i>				
Kala Ulang (tahun)	2	10	25	50
Debit (m <sup>3</sup> /det)	148,1	219,6	245	260,7

Rekapitulasi debit banjir rancangan diatas dimasukkan pada analisis aliran tunak (*steady flow*). Kemudian, lanjut pada tahap simulasi. Berikut Hasil simulasi *HEC-RAS* penampang Sungai Rangkui Hilir dengan debit banjir rancangan kala ulang 2, 10, 25, dan 50 tahun tampak memanjang sungai.



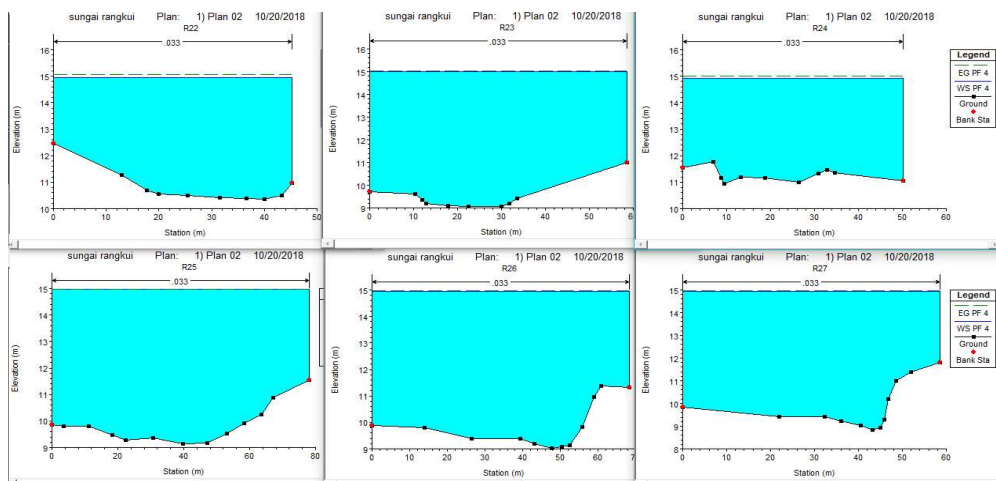
**Gambar 5.16 Tampak Memanjang Sungai Tiap Debit Banjir Rancangan**

Berikut gambar penampang sungai R16 sampai dengan R21 hasil simulasi *HEC-RAS*.



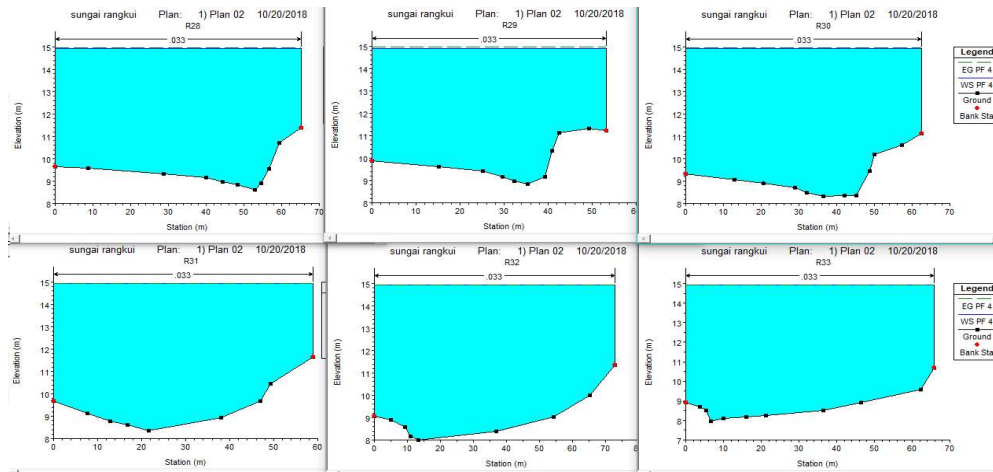
**Gambar 5.17** Profil Melintang R16-R21 Dengan Debit Banjir Rancangan

Penampang sungai R22 sampai dengan R27 hasil simulasi *HEC-RAS* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



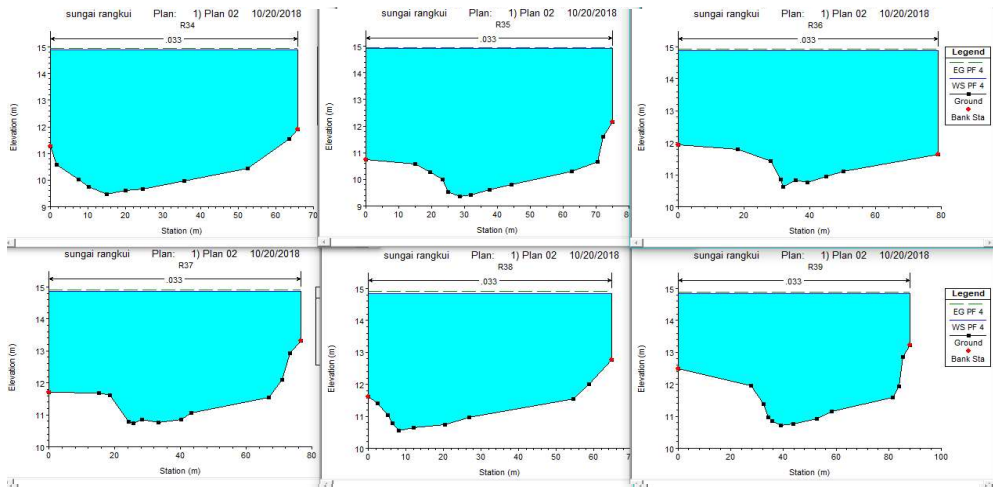
**Gambar 5.18** Profil Melintang R22-R27 Dengan Debit Banjir Rancangan

Berikut gambar penampang sungai R28 sampai dengan R33 hasil simulasi *HEC-RAS*.



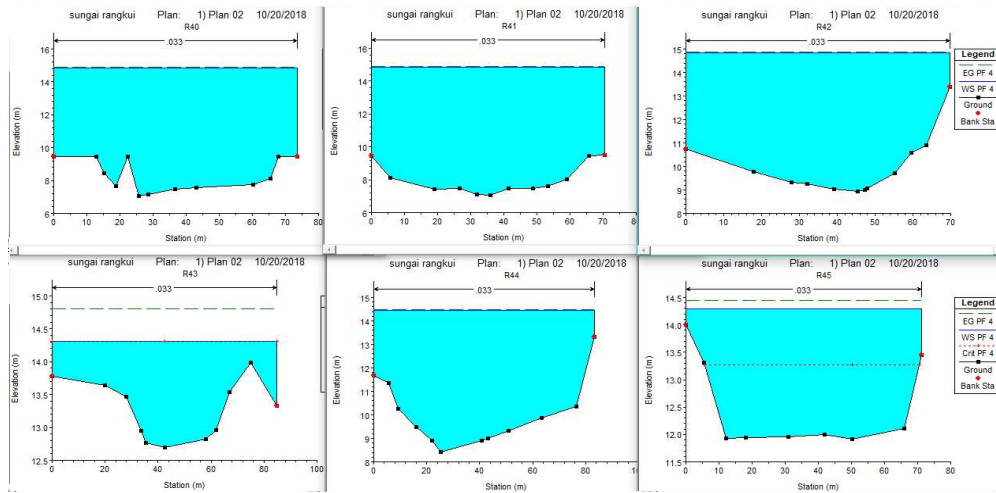
**Gambar 5.19 Profil Melintang R28-R33 Dengan Debit Banjir Rancangan**

Penampang sungai R34 sampai dengan R39 hasil simulasi *HEC-RAS* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 5.20 Profil Melintang R34-R39 Dengan Debit Banjir Rancangan**

Berikut gambar penampang sungai R40 sampai dengan R45 hasil simulasi *HEC-RAS*.

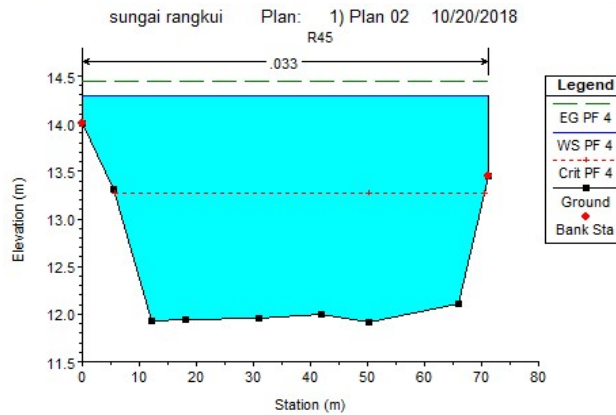


**Gambar 5.21 Profil Melintang R40-R45 Dengan Debit Banjir Rancangan**

### 5.3 Pembahasan

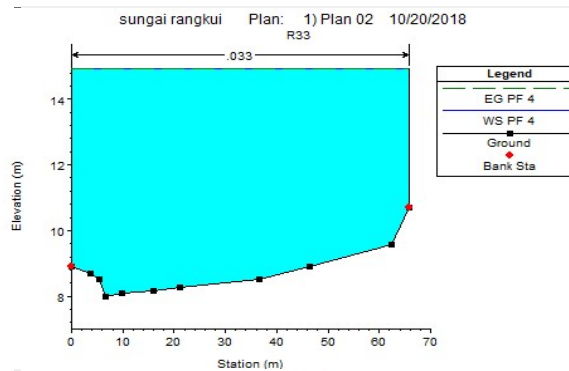
Debit banjir rancangan kala ulang 2, 10, 25, dan 50 tahun yang didapat dari perhitungan metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu tanpa penelusuran aliran (kolam retensi) masing-masing sebesar  $68,8030 \text{ m}^3/\text{det}$ ,  $118,3560 \text{ m}^3/\text{det}$ ,  $135,8349 \text{ m}^3/\text{det}$ , dan  $146,5710 \text{ m}^3/\text{det}$ . Sedangkan, debit banjir rancangan hasil simulasi menggunakan *HEC-HMS* dengan penelusuran aliran kolam retensi masing-masing sebesar  $148,1 \text{ m}^3/\text{det}$ ,  $219,6 \text{ m}^3/\text{det}$ ,  $245 \text{ m}^3/\text{det}$ , dan  $260,7 \text{ m}^3/\text{det}$ . Hal tersebut disebabkan koefisien pengaliran curah hujan efektif yang digunakan pada perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu yaitu pendekatan angka koefisien pengaliran Dr. Kawakami kurang mewakili kondisi hujan yang terjadi pada DAS yang diteliti, sehingga setelah dibandingkan dengan perhitungan menggunakan *HEC-HMS* perbedaan debit banjir rancangan sangat jauh. Penampang Sungai Rangkui yang diteliti mempunyai 30 potongan dimana potongan tersebut diberi nama R16 sampai dengan R45. Setelah melakukan simulasi dengan *HEC-RAS*, semua penampang sungai tidak dapat menampung debit banjir rancangan 2, 10, 25, dan 50 tahun. Berikut contoh penampang sungai dengan tinggi luapan terendah.





**Gambar 5.22 Tampak Melintang Potongan R45 Debit Banjir Rancangan 50 Tahun**

Semua penampang sungai dari R16 sampai dengan R45 tidak dapat menampung debit banjir dimulai dari debit banjir kala ulang 2 tahun yang debitnya sebesar  $148.1 \text{ m}^3/\text{det}$ . Hasil simulasi menunjukkan, penampang Sungai Rangkui Hilir yang diteliti mempunyai tinggi luapan 1 sampai dengan 6,3 meter dari tepi sungai terendah saat debit banjir kala ulang 50 tahun. Berikut contoh gambar penampang sungai yang memiliki tinggi luapan 6,3 meter.



**Gambar 5.23 Tampak Melintang Potongan R33 Debit Banjir Rancangan 50 Tahun**

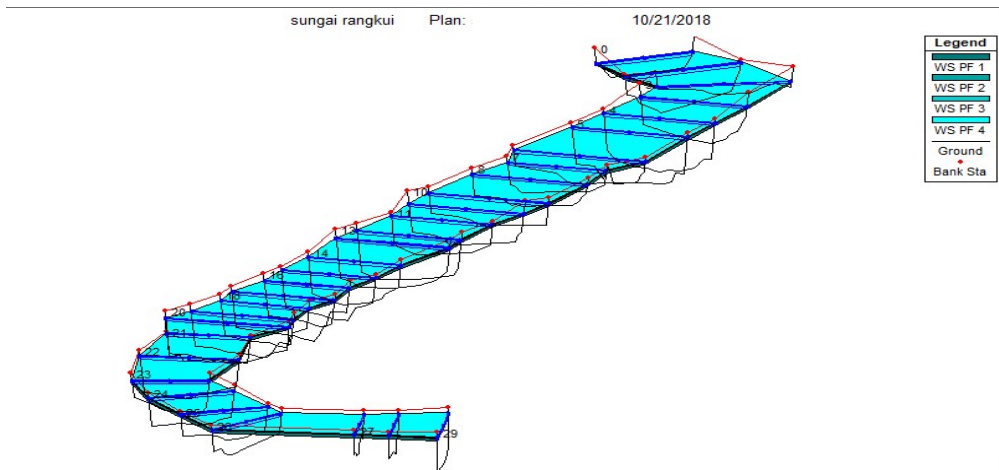
Hal diatas menunjukkan, perlunya penambahan kapasitas tampungan sungai dengan cara menambahkan tanggul setinggi 3 sampai dengan 7 meter pada setiap potongan. Alternatif solusi pengendalian banjir yang dipilih pada penelitian Studi Evaluasi dan Upaya Pengendalian Banjir Pada Sungai Rangkui Bagian Hilir adalah

tanggul pasangan batu dengan kemiringan talut 0,5:1. Alasan memilih tanggul kemiringan talut 0,5:1, karena lokasi sungai yang diteliti berada pada pusat kota dengan lahan terbatas dan bentuk sungai cenderung lurus. Sehingga, alternatif solusi pengendalian banjir dengan normalisasi sungai dan sudetan kurang sesuai. Berikut rekapitulasi potongan penampang dan kebutuhan tinggi tanggul dalam alternatif solusi pengendalian banjir.

**Tabel 5.25 Rekapitulasi Kebutuhan Tinggi Tanggul dan Potongan Penampang Sungai**

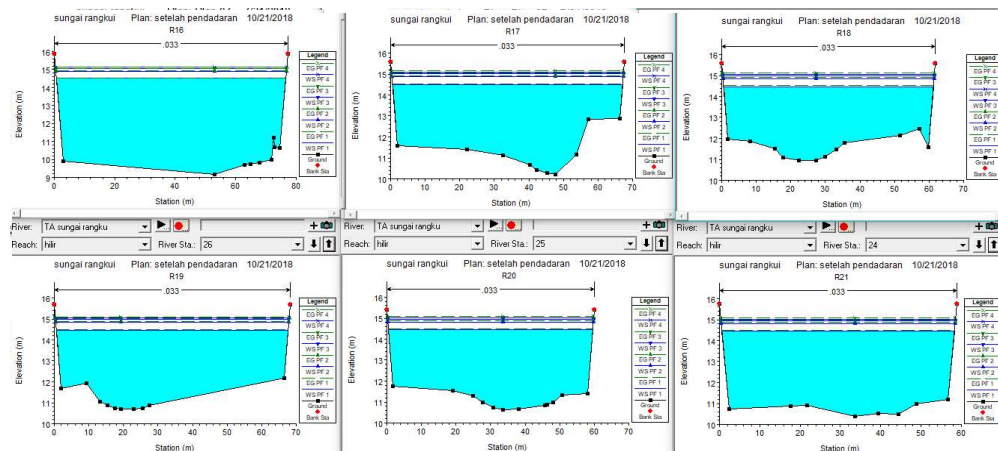
<b>Kebutuhan Tinggi Tanggul (m)</b>	<b>Potongan Penampang</b>
3	R39 R43 R44 R45
4	R17 R18 R19 R20 R34 R37 R38
5	R21 R22 R24 R36
6	R16 R23 R25 R26 R27 R28 R29 R30 R31 R35 R40 R41 R42
7	R32 R33

Dari rekapitulasi kebutuhan tinggi tanggul diatas, kemudian memasukkan dimensi tanggul pada tabel *section* dan *elevation* setiap potongan penampang sungai di *Cross Section Data*. Lalu, melakukan simulasi dengan debit banjir rancangan. Berikut hasil simulasi alternatif solusi pengendalian banjir tampak atas potongan penampang sungai.



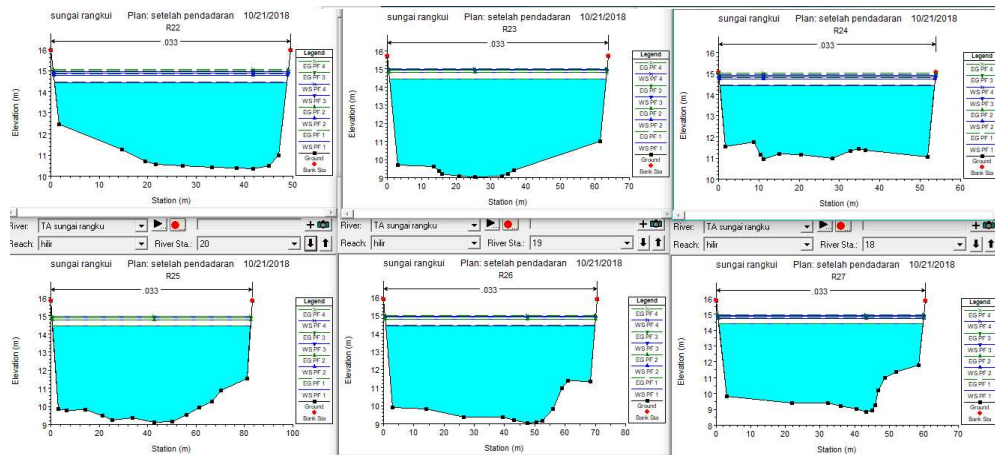
**Gambar 5.24 Hasil Simulasi HEC-RAS Pengendalian Banjir Dengan Tanggul**

Lebih jelasnya, gambar potongan R16 sampai dengan R21 hasil pengendalian banjir menggunakan tanggul kemiringan talut 0,5:1 dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



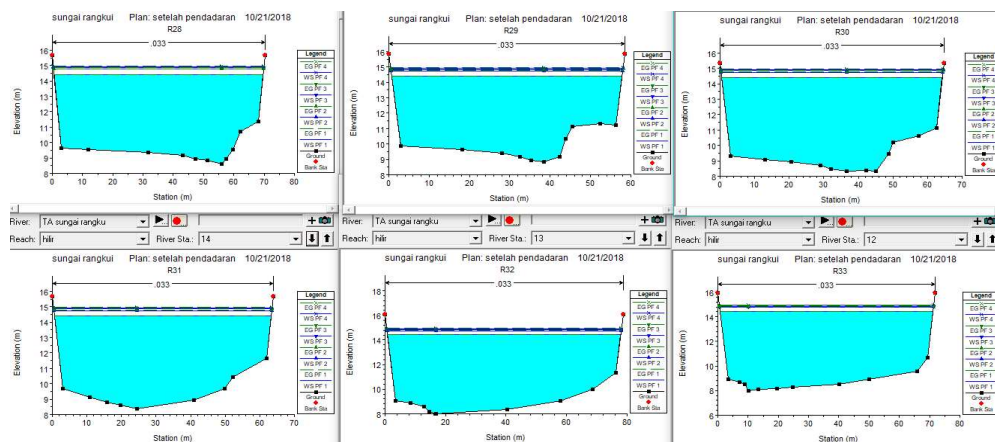
**Gambar 5.25 Potongan Melintang Penampang R16-R21 Dengan Tanggul**

Berikut gambar potongan R22 sampai dengan R27 setelah penambahan kapasitas tampungan menggunakan tanggul.



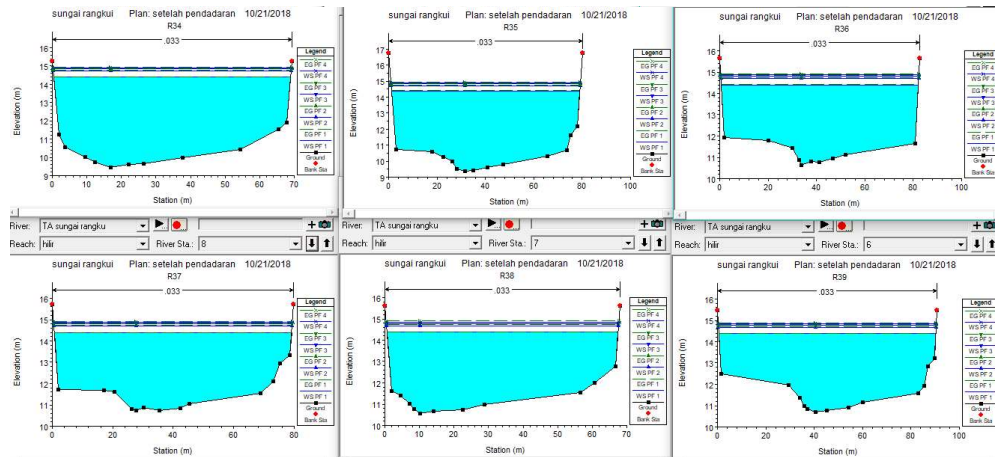
**Gambar 5.26 Potongan Melintang Penampang R22-R27 Dengan Tanggul**

Gambar potongan R28 sampai dengan R33 hasil pengendalian banjir menggunakan tanggul kemiringan talut 0,5:1 dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



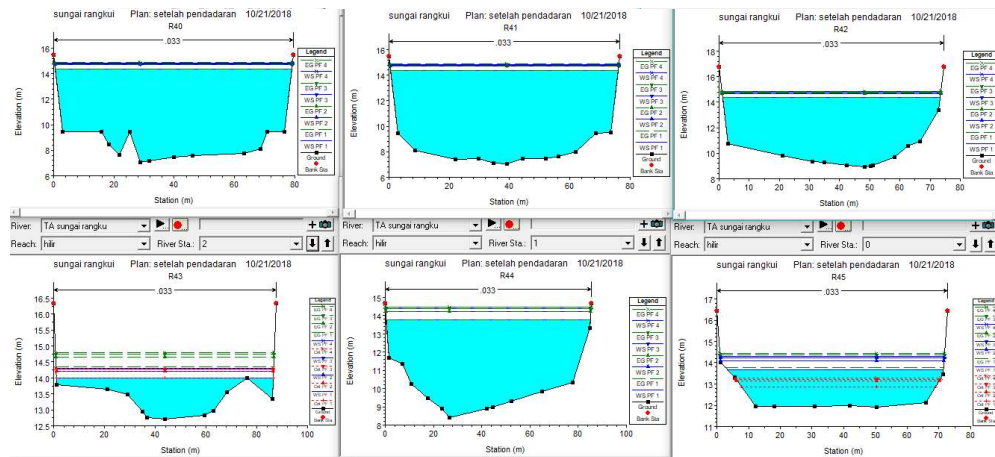
**Gambar 5.27 Potongan Melintang Penampang R28-R33 Dengan Tanggul**

Berikut gambar potongan R34 sampai dengan R39 setelah penambahan kapasitas tampungan menggunakan tanggul.



**Gambar 5.28 Potongan Melintang Penampang R34-R39 Dengan Tanggul**

Gambar potongan R40 sampai dengan R45 hasil pengendalian banjir menggunakan tanggul kemiringan talut 0,5:1 dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 5.29 Potongan Melintang Penampang R40-R45 Dengan Tanggul**