

4.7. Analisa Hujan Rancangan

Pada studi ini data yang diperlukan untuk adalah data dari stasiun penakar curah hujan yang berpengaruh terhadap Kali Dingin. Kali Dingin terletak di Daerah Pengaliran Sungai (DPS) Yapen yang memiliki 1 (satu) stasiun pengamatan yakni Stasiun Klimatologi Serui. Dikarenakan hanya terdapat 1 stasiun pengamatan curah hujan dan luas daerah irigasi yang direncanakan kurang dari 250 ha (Sosrodarsono, 1980 : 51) maka data yang diperlukan dapat diwakili 1 alat penakar curah hujan. Berikut disajikan data curah hujan harian maksimum dari Stasiun Klimatologi Serui :

Tabel 4.11. Data Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan

Tahun	Rata-rata
1997	81.060
1998	70.700
1999	73.990
2000	62.930
2001	104.300
2002	76.090
2003	72.940
2004	102.970
2005	95.690
2006	85.400

Sumber : BMG Serui

4.7.1. Uji Kesesuaian Distribusi

Pemeriksaan uji kesesuaian ini dimaksudkan untuk menentukan analisa frekwensi yang akan digunakan dari beberapa metode yang ada yakni Log Pearson III, Gumbel dan Log Normal. Apabila persyaratan dalam uji ini dapat diterima oleh salah satu metode analisa diatas, maka metode analisa yang diterima tersebut dapat digunakan sebagai acuan untuk perhitungan selanjutnya. Uji ini dilakukan secara horisontal dengan menggunakan metode Smirnov Kolmogorof dan vertikal dengan menggunakan metode Chi Square.

4.7.1.1. Uji Smirnov Kolmogorov

Contoh perhitungan :

- Probabilitas distribusi empiris (P_e) :

Data curah hujan diurutkan dari kecil ke besar, probabilitas distribusi empiris (P_e) dihitung dengan rumus :

$$P = \frac{m}{n+1} \cdot 100 \text{ (\%)}$$

Untuk curah hujan 8,990 mm probabilitas distribusi empiris (P_e) adalah :

$$\begin{aligned} P &= \frac{1}{10+1} \cdot 100 \text{ (\%)} \\ &= 0,1 \text{ \%} \end{aligned}$$

- Probabilitas distribusi teoritis (P_t) :

$$P_t = 100 - P \text{ \%}$$

Untuk curah hujan = 62,930 mm/hari

$$\begin{aligned} G &= \frac{\text{Log } X - \overline{\text{Log } X}}{S_d} \\ &= \frac{1,799 - 1,911}{0,073} \\ &= -1,533 \end{aligned}$$

Dengan $C_s = 0,2553$ dan $G = -1,533$, maka $P \text{ \%}$ dapat dicari pada tabel nilai G distribusi Log Pearson Type III dengan menggunakan interpolasi. Didapatkan $P = 94,444 \text{ \%}$

$$\begin{aligned} P_t &= 100 - 94,444 \\ &= 5,6 \text{ \%} \end{aligned}$$

Untuk $n = 10$ dan $\alpha = 0,05$ pada tabel 2.5, diperoleh harga $\Delta_{\text{kritis}} = 0,410$. Dari hasil perhitungan $\Delta_{\text{maks}} = 0,1361$ sehingga $\Delta_{\text{maks}} < \Delta_{\text{kritis}}$, maka data diterima.

4.7.1.2. Uji Chi Square

Jumlah data (n) = 10

- Jumlah kelas (k) :

$$\begin{aligned} k &= 1 + 3,22 (\log n) \\ &= 4 \end{aligned}$$

- Didapatkan probabilitas untuk 80%, 60%, 40% dan 20%

Mencari batas kelas dengan batas probabilitas diatas dengan cara memasukkan persamaan Log Pearson tipe III,yakni : $X_t = \text{AntiLog} (\overline{\text{Log}X} + G.S_n = 1,911 + G.0,073)$, kemudian dicari nilai G dengan nilai $C_s = 0,2553$.

$$P = 80\%$$

$$G = -0,852 \text{ (Interpolasi tabel } C_s \text{ dan } G)$$

$$\text{Log } X_t = 1,849$$

$$X_t = 70,614$$

- Derajat Kebebasan :

$$\begin{aligned} DK &= K - (P + 1) ; P = \text{banyaknya parameter, untuk sebaran Chi Square, } P = 2 \\ &= 4 - (2 + 1) = 1 \end{aligned}$$

- Level signifikan (α) = 5%

- Expected frequency (Ef) :

$$E_f = n/k$$

$$= 10/4 = 2,5$$

- Observed frequency (Of) :

Nilai Observed Frequency didapatkan dari perhitungan probabilitas distribusi teoritis (P_t) dengan memakai interval probabilitas. Untuk interval $0 < P \leq 70,614$ didapatkan nilai Observed Frequency = 1. Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.12.

Tabel 4.12. Perhitungan Uji distribusi Metode Chi Square

Kelas	P	G	Log X_t	X_t	Batas Kelas	Ef	Of	$(Of-Ef)^2/Ef$
1	80%	-0.852	1.849	70.614	0 - 70.614	2.50	1	0.900
2	60%	-0.312	1.888	77.354	70.614 - 77.354	2.50	4	0.900
3	40%	0.247	1.930	85.022	77.354 - 85.022	2.50	1	0.900
4	20%	0.827	1.972	93.767	85.022 - 93.767	2.50	1	0.900
5					93.767 - tak hingga	2.50	3	0.100
Jumlah						12.50	10	3.700

Sumber : Hasil Perhitungan

Jadi untuk $DK = 1$, dan $\alpha = 5\%$ (0,05) pada tabel C_s dan G di Lampiran L-10 diperoleh harga X^2 Kritis = 3,84. Sedangkan dari hasil perhitungan harga X^2 Hitung = 2,50, sehingga X^2 hitung < X^2

kritis, maka dapat disimpulkan bahwa perhitungan curah hujan rancangan dengan menggunakan distribusi Log Pearson tipe III dapat digunakan.

4.7.2. Analisa Frekwensi Metode Log Pearson Tipe III

Untuk memperhitungkan curah hujan rancangan di lokasi studi maka digunakan analisa frekwensi Metode Log Pearson Tipe III dengan contoh perhitungan sebagai berikut :

Jumlah pengamatan (n) = 10

- Rata-rata : $\overline{\text{Log X}} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{n} = \frac{19,114}{10} = 1,911$
- Standar deviasi : (Sd) $= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log X}})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,048}{10-1}} = 0,073$
- Koefisien kepeccengan : Cs $= \frac{n \sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log X}})^3}{(n-1)(n-2) \text{Sd}^3} = \frac{10,0,0007264}{(10-1)(10-2) 0,073^3} = 0,2553$

- Curah hujan dengan kala ulang tertentu :

$$\text{Log X} = \overline{\text{Log X}} + G \cdot \text{Sd} = 1,911 + G \cdot 0,073$$

Dari perhitungan didapatkan nilai Cs positif, maka nilai G dicari dengan menggunakan tabel nilai G pada lampiran L-10 untuk distribusi Log Pearson Type III. Untuk kala ulang 5 tahun, didapatkan nilai G sebesar 0,827.

$$\text{Log X} = 1,911 + 0,827 \cdot 0,073$$

$$X = 80,961$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.13 berikut ini.

Tabel 4.13. Perhitungan Curah Hujan Rencana dengan Metode Log Pearson III

NO	TAHUN	CURAH HUJAN	Log X	$(\text{Log} X - \text{Log } X_r)^2$	$(\text{Log } X - \text{Log } X_r)^3$
		R (mm)			
1	2000	62.930	1.799	0.01266	-0.0014249
2	1998	70.700	1.849	0.00384	-0.0002380
3	2003	72.940	1.863	0.00234	-0.0001135
4	1999	73.990	1.869	0.00178	-0.0000752
5	2002	76.090	1.881	0.00090	-0.0000272
6	1997	81.060	1.909	0.00001	0.0000000
7	2006	85.400	1.931	0.00040	0.0000081
8	2005	95.690	1.981	0.00483	0.0003354
9	2004	102.970	2.013	0.01027	0.0010402
10	2001	104.300	2.018	0.01143	0.0012215
Jumlah		826.070	19.114		
Rerata		82.607	1.911		
Maksimum		104.300	2.018		
Minimum		62.930	1.799		
Standar Deviasi		14.165	0.073		
Koefisien Kepencengan (Cs)		0.478	0.255		
Koefisien Kurtosis (Ck)		-1.038	-0.997		

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.14. Perhitungan Curah Hujan Rencana dengan Kala Ulang Tertentu

NO	PERIODE ULANG (T) (tahun)	G (tabel)	HARGA EKSTRAPOLASI (Xt) (mm)	Hujan Rerata (mm)
1	2	-0.042	80.961	$R_{2 \text{ tahun}} = 80.96 \text{ mm}$
2	5	0.827	93.767	$R_{5 \text{ tahun}} = 93.77 \text{ mm}$
3	10	1.305	101.667	$R_{10 \text{ tahun}} = 101.67 \text{ mm}$
4	20	1.659	107.918	$R_{20 \text{ tahun}} = 107.92 \text{ mm}$
5	25	1.835	111.187	$R_{25 \text{ tahun}} = 111.19 \text{ mm}$
6	50	2.188	118.013	$R_{50 \text{ tahun}} = 118.01 \text{ mm}$
7	100	2.635	127.269	$R_{100 \text{ tahun}} = 127.27 \text{ mm}$

Sumber : Hasil Perhitungan

4.7.3. Distribusi Hujan Jam-jaman

Pola pembagian hujan terpusat di daerah studi adalah 6 jam setiap harinya (Indonesia rata-rata waktu konsentrasi hujan $t = 6$ jam). Dalam menghitung distribusi curah hujan jam-jaman untuk Daerah Pengaliran Sungai Dingin didasarkan atas rumus Mononobe, seperti yang

terdapat dalam persamaan (2-24) dan (2-25). Untuk Indonesia rata-rata waktu konsentrasi hujan $t = 6$ jam, maka contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

- Durasi hujan ke-2 :

$$R_t = \frac{R_{24}}{t} \cdot \left(\frac{t}{T} \right)^{\frac{2}{3}} = \frac{R_{24}}{6} \cdot \left(\frac{6}{2} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,35 \cdot R_{24}$$

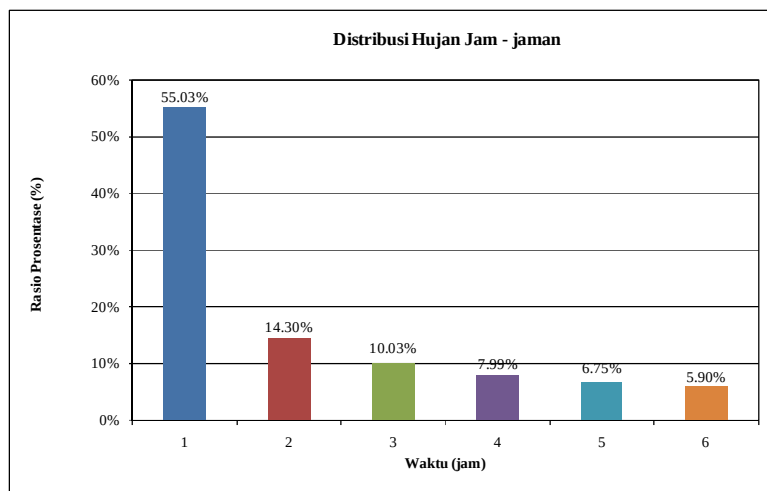
$$t = 2 \text{ jam, sehingga : } R_T = t \cdot R_t - (t - 1) \cdot R_{(t-1)} = 2 \cdot (0,35 R_{24}) - (2 - 1) \cdot (R_{2-1}) = 14,30\%$$

Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan distribusi hujan jam-jaman untuk durasi selanjutnya.

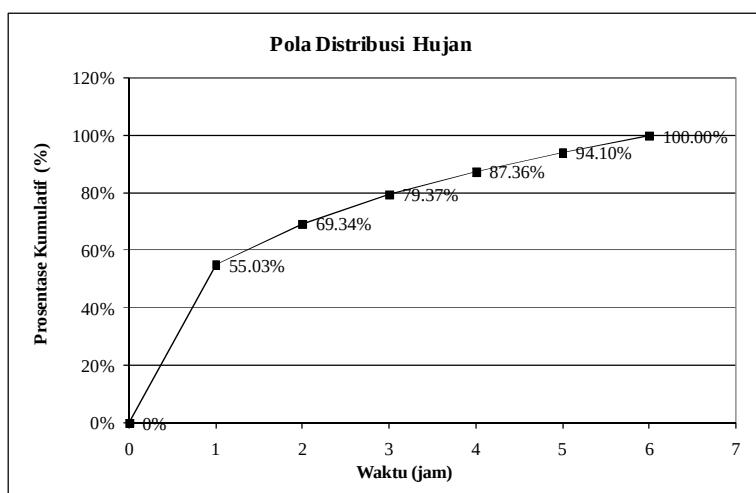
Tabel 4.15. Perhitungan Distribusi Curah Hujan Jam-jaman

JAM KE	RASIO	KUMULATIF
0	0%	0%
1	55.03%	55.03%
2	14.30%	69.34%
3	10.03%	79.37%
4	7.99%	87.36%
5	6.75%	94.10%
6	5.90%	100.00%

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.4. Distribusi Hujan Jam-jaman



Gambar 4.5. Pola Distribusi Hujan

4.7.4. Perhitungan Curah Hujan Efektif

Perhitungan curah hujan efektif menggunakan persamaan (2-26) dengan contoh sebagai berikut :

- Curah hujan dengan kala ulang 2 tahun = 80,96 mm/hari
- Koefisien pengaliran (C) = 0,7 (Pegunungan tersier)
- Curah hujan efektif = $R_e = C \cdot R_2$
= 0,7.80,96 = 56,67 mm/jam

Perhitungan curah hujan efektif selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.16 berikut :

Tabel 4.16. Perhitungan Curah Hujan Efektif

JAM KE	RASIO	KUMULATIF	HUJAN JAM-JAMAN (mm)						
			2 th	5 th	10 th	20 th	25 th	50 th	100 th
			80.961	93.767	101.667	107.918	111.187	118.013	127.269
1	55.03%	55.03%	31.188	36.121	39.165	41.573	42.832	45.461	49.027
2	14.30%	69.34%	8.106	9.389	10.180	10.806	11.133	11.816	12.743
3	10.03%	79.37%	5.686	6.586	7.141	7.580	7.809	8.289	8.939
4	7.99%	87.36%	4.527	5.243	5.685	6.034	6.217	6.599	7.116
5	6.75%	94.10%	3.823	4.428	4.801	5.096	5.250	5.572	6.010
6	5.90%	100.00%	3.342	3.870	4.196	4.454	4.589	4.871	5.253
PROBABILITAS HUJAN HARIAN			80.961	93.767	101.667	107.918	111.187	118.013	127.269
KOEFSIEN PENGALIRAN			0.700	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700
HUJAN EFEKTIF			56.673	65.637	71.167	75.543	77.831	82.609	89.088

Sumber : Hasil Perhitungan

4.7.5. Perhitungan Debit Banjir Rancangan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Berikut adalah contoh perhitungan debit banjir rancangan dengan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu :

Data yang tersedia :

- Luas DPS (A) = 20,550 km²
- Panjang sungai (L) = 7,274 km
- Parameter hidrograf (α) = 3,000
- Hujan satuan (R₀) = 1 mm

Parameter Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu :

1. Time Lag (T_g)

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

$$= 0,21.(7,274)^{0,7}$$

$$= 0,842 \text{ jam}$$
2. Satuan waktu hujan (t_r)

$$= 0,5 T_g \text{ sampai } T_g$$

$$= 0,5 (0,842)$$

$$= 0,421 \text{ jam}$$
3. Time Peak (T_p)

$$= T_g + 0,8 t_r$$

$$= 0,842 + 0,8 (0,421)$$

$$= 1,179 \text{ jam}$$
4. T_{0,3}

$$= \alpha T_g$$

$$= 3,0.0,842$$

$$= 2,527 \text{ jam}$$
5. 0,5 . T_{0,3}

$$= 0,5.2,527$$

$$= 1,263 \text{ jam}$$
6. 1,5 . T_{0,3}

$$= 1,5.2,527$$

$$= 3,790 \text{ jam}$$
7. 2 . T_{0,3}

$$= 2.2,527$$

$$= 5,054 \text{ jam}$$
8. T_p + T_{0,3}

$$= 1,179 + 2,527$$

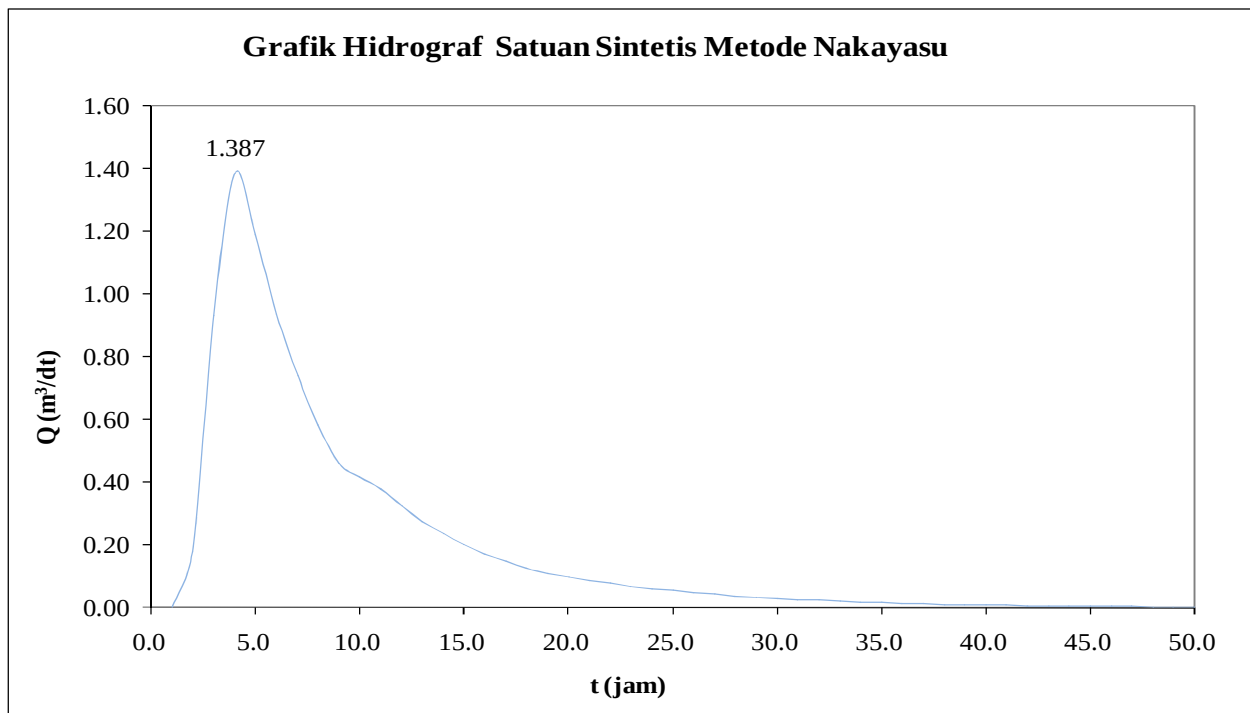
$$= 3,706 \text{ jam}$$
9. T_p+T_{0,3}+1,5T_{0,3}

$$= 1,179 + 2,527 + 3,790$$

$$\begin{aligned}
 &= 7,496 \text{ jam} \\
 10. \text{ Q maksimum} &= \frac{C.A. R_o}{3,6 (0,3 T_p + T_{0,3})} \\
 &= \frac{0,7.20,550.1}{3,6 (0,3.1,179 + 2,53)} \\
 &= 1,387 \text{ m}^3/\text{dt}
 \end{aligned}$$

Kontrol Terhadap Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu :

$$\begin{aligned}
 1. \Sigma \text{ Hidrograf Satuan (UH)} &= 9,667 \text{ m}^3/\text{dt} \\
 2. \text{ Volume} &= UH. \Delta t. 60.60 \\
 &= 9,667.0,5.60.60 \\
 &= 17401,354 \text{ m}^3 \\
 3. R_0 &= \frac{\text{Vol}.1000}{CA} \\
 &= \frac{17401,354.1000}{0,7.20,550} \\
 &= 1,2 \text{ mm} \sim 1 \text{ mm (Kontrol)}
 \end{aligned}$$

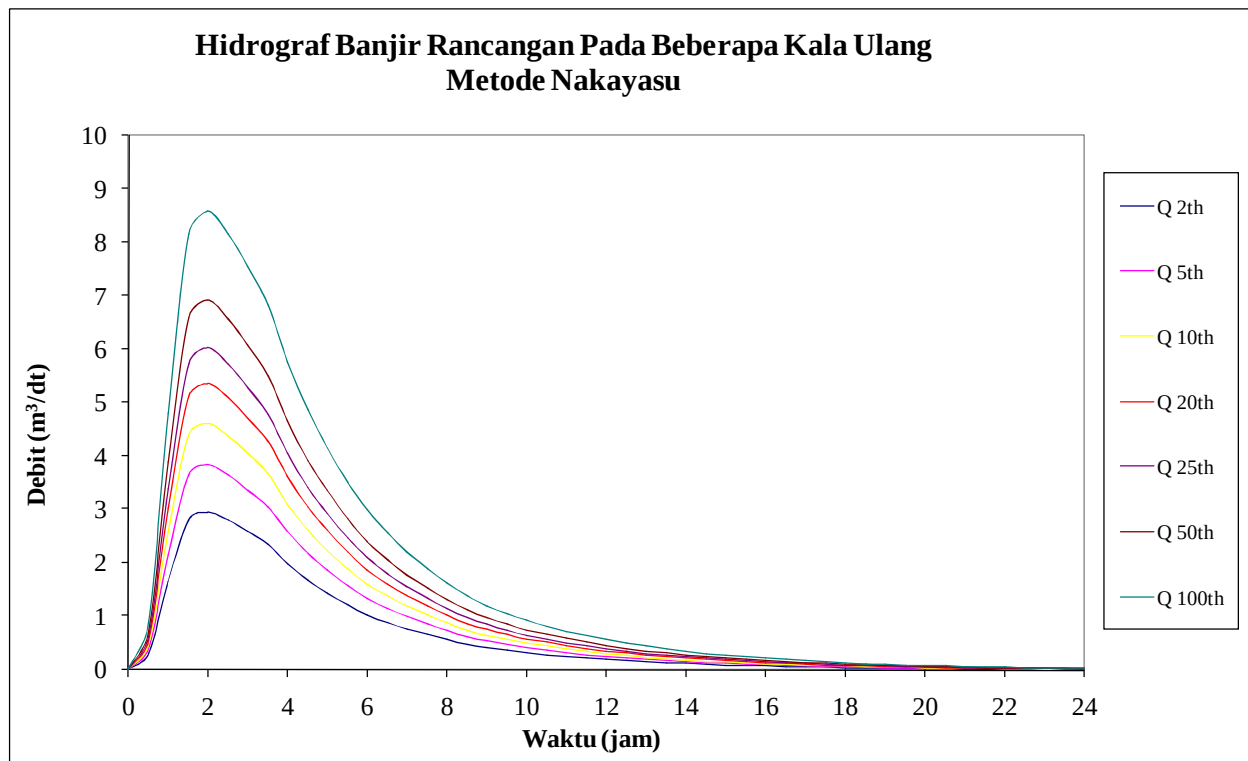


Gambar 4.6. Grafik Ordinat Hidrograf Satuan Sintetik Metode Nakayasu

Tabel 4.17. Debit Banjir Rancangan Metode Nakayasu dengan Beberapa Kala Ulang

Kala Ulang	Debit Puncak (m ³ /dt)
2 Tahun	2.956
5 Tahun	3.838
10 Tahun	4.611
20 Tahun	5.372
25 Tahun	6.026
50 Tahun	6.918
100 Tahun	8.586

Sumber : Hasil Perhitungan

**Gambar 4.7. Grafik Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu dengan Beberapa Kala Ulang**