

BAB IV

ANALISA BANJIR DI WILAYAH STUDI

4.1.2 Analisa Hidrologi

4.3. Analisa Hujan rata-rata

Untuk menentukan besarnya curah hujan rata-rata yang jatuh pada daerah pematusan sutorejo dan sekitarnya digunakan metode Aritmatik (*Mean Arithmatik Method*) dengan menggunakan 3 stasiun curah hujan, yakni Stasiun Wonorejo, Keputih dan perak. Data harian maksimum pada tahun 2000 sampai dengan 2012 dibuat harga rata-rata untuk tiap tahunnya.

Perhitungan hujan rata-rata metode Aritmatik Rata-rata tahunan berdasarkan jumlah stasiun Tahun 2000

- Stasiun Wonorejo $R_2 = 115 \text{ mm}$
- Stasiun Keputih $R_3 = 110 \text{ mm}$
- Stasiun perak $R_4 = 115 \text{ mm}$

Maka selanjutnya dihitung hujan ratarata pada tahun yang ditinjau dengan rumus Aritmatik :

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{N} = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^n R_t$$

$$\bar{R} = \frac{115 + 115 + 110 + 175}{4} = 128.75$$

mm

Untuk tahun-tahun berikutnya dihitung seperti diatas dan hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

*Tabel.4.1. Perhitungan Curah Hujan Harian Maksimum
Rata-ratadengan Metode Aritmatik*

Tahun	Tanggal Pengamatan	Stasiun Hujan			Rata-rata	Dibulatkan
		Perak	Wonorejo	Keputih		
2000	09-Mar	115	115	110	113,33	114
2001	22-Apr	76	76	67	73,00	73
2002	12-Feb	117	117	78	104,00	104
2003	02-Jan	187	187	114	162,67	163
2004	06-Feb	83	83	95	87,00	87
2005	13-Des	83	83	70	78,67	79
2006	16-Mar	99	99	65	87,67	88
2007	14-Jan	90	90	85	88,33	89
2008	18-Feb	85	85	108	92,67	93
2009	03-Apr	93	93	100	95,33	96
2010	09-Jan	97	97	100	98,00	98
2011	25-Feb	152	152	100	134,67	135
2012	30-Des	148	158	160	155,33	156
					1370,67	1371
Sumber : Cabang Dinas Pengairan Surabaya BMG Perak I						

4.1.3 Analisa Frekwensi Hujan Rencana

Analisa frekwensi adalah analisa tentang pengulangan suatu kejadian untuk meramalkan atau menentukan periode ulang berikut nilai probabilitasnya. Sebelum memilih distribusi probabilitas yang akan dipakai, dilakukan perhitungan analisa terlebih dahulu terhadap data yang ada, dalam hal ini perhitungan distribusi yang akan dianalisa adalah sebagai berikut :

a. Persamaan Distribusi Pearson Type III

Perhitungan distribusi Pearson tipe III dengan menggunakan persamaan pada table 4.3.

ANALISA DAN HITUNGAN IV

Tabel 4.2
Nilai K Distribusi Pearson Type III

Cs	Tahun (T)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
3	-0.36	0.42	1.18	2.278	3.152	4.051	4.49	7.25
2.5	-0.36	0.518	1.25	2.262	3.048	3.845	4.652	6.6
2.2	-0.33	0.574	1.284	2.24	2.97	3.705	4.444	6.2
2	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298	5.91
1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147	5.66
1.6	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.78	3.388	3.99	5.39
1.4	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828	5.11
1.2	-0.195	0.732	1.34	2.087	2.626	3.149	3.661	4.82
1	-0.164	0.758	1.34	2.043	2.42	3.022	3.489	4.54
0.9	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401	4.395
0.8	-0.132	0.78	1.336	1.998	2.453	2.891	3.312	4.25
0.7	-0.116	0.79	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223	4.105
0.6	0.099	0.8	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132	3.96
0.5	-0.083	0.808	1.323	1.91	2.311	2.686	3.041	3.815
0.4	-0.066	0.816	1.317	1.88	2.261	2.615	3.2949	3.67
0.3	-0.05	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856	3.525
0.2	-0.033	0.83	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763	3.38
0.1	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.4	2.67	3.235
0	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576	3.09
-0.1	0.017	0.836	1.27	1.761	2	2.252	2.482	3.95
-0.2	0.033	0.85	1.258	1.68	1.945	2.178	2.388	2.81
-0.3	0.05	0.853	1.245	1.643	1.89	2.104	2.294	2.675
-0.4	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201	2.54
-0.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108	2.4
-0.6	0.099	0.857	1.2	1.528	1.72	1.88	2.016	2.275
-0.7	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926	2.15
-0.8	0.132	0.856	1.166	1.488	1.606	1.733	1.837	2.035
-0.9	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.66	1.749	1.91
-1	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664	1.8
-1.2	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501	1.625
-1.4	0.225	0.832	1.041	1.198	1.27	1.318	1.351	1.465
-1.6	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216	1.28
-1.8	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097	1.13
-2	0.307	0.777	0.895	0.959	0.98	0.99	1.995	1
-2.2	0.33	0.752	0.844	0.888	0.9	0.905	0.907	0.91
-2.5	0.36	0.711	0.771	0.793	0.798	0.799	0.8	0.802
-3	0.396	0.636	0.66	0.666	0.666	0.667	0.667	0.668

*) Hyrologi jilid 1, Soewarno, hal
219

Tabel 4.3. perhitungan anaisa statistik data hujan rencana metode person type III

No	Tahun	Ri	$\bar{R}$	$(R - \bar{R})$	$(R - \bar{R})^2$	$(R - \bar{R})^3$	$(R - \bar{R})^4$
1	2003	163	105,77	57,23	3275,36	187451,43	10727989,33
2	2012	156	105,77	50,23	2523,05	126732,95	6365795,94
3	2011	135	105,77	29,23	854,39	24973,90	729987,23
4	2000	114	105,77	8,23	67,73	557,44	4587,75
5	2002	104	105,77	-1,77	3,13	-5,55	9,82
6	2010	98	105,77	-7,77	60,37	-469,10	3644,89
7	2009	96	105,77	-9,77	95,45	-932,57	9111,26
8	2008	93	105,77	-12,77	163,07	-2082,44	26592,77
9	2007	89	105,77	-16,77	281,23	-4716,28	79091,94
10	2006	88	105,77	-17,77	315,77	-5611,28	99712,52
11	2004	87	105,77	-18,77	352,31	-6612,91	124124,38
12	2005	79	105,77	-27	716,63	-19184,26	513562,71
13	2001	73	105,77	-32,77	1073,87	-35190,81	1153203,01
		1.375			9782,40	264910,51	19837413,54

Dari Tabel.4.3, maka selanjut dapat dihitung harga R rata-rata, Sd, Cs, Cv, dan Ck, sebagai berikut :

$$a. \quad \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{1375}{13} = 105,77mm$$

$$b. \quad Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{9782,40}{12}} = 28,5517$$

$$c. \quad Cv = \frac{Sd}{\bar{R}} = \frac{28,5517}{105,77} = 0,2699414$$

$$d. \quad C_s = \frac{\frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(13-1)(13-2)Sd^3} = \frac{3443836,6}{3072344,5} = 1,12$$

$$e. \quad C_k = \frac{\frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{Sd^4} = \frac{3,352522888}{877206610} = 3,82$$

Tabel 4.4 persamaan Distribusi Log Normal

No	X	Log. X	Log X	Log (X - X)	Log (X - X) ²	Log (X - X) ³	Log (X - X) ⁴
1	163	2,2122	2,0112236	0,2010	0,04039	0,00812	0,00163
2	156	2,1931	2,0112236	0,1819	0,03309	0,00602	0,00109
3	135	2,1303	2,0112236	0,1191	0,01419	0,00169	0,00020
4	114	2,0569	2,0112236	0,0457	0,00209	0,00010	0,00000
5	104	2,0170	2,0112236	0,0058	0,00003	0,00000	0,00000
6	98	1,9912	2,0112236	-0,0200	0,00040	-0,00001	0,00000
7	96	1,9823	2,0112236	-0,0290	0,00084	-0,00002	0,00000
8	93	1,9685	2,0112236	-0,0427	0,00183	-0,00008	0,00000
9	89	1,9494	2,0112236	-0,0618	0,00382	-0,00024	0,00001
10	88	1,9445	2,0112236	-0,0667	0,00445	-0,00030	0,00002
11	87	1,9395	2,0112236	-0,0717	0,00514	-0,00037	0,00003
12	79	1,8976	2,0112236	-0,1136	0,01290	-0,00147	0,00017
13	73	1,8633	2,0112236	-0,1479	0,02187	-0,00324	0,00048
		26,1459			0,14105	0,01021	0,00364

Dari Tabel.4.4, maka selanjut dapat dihitung harga R rata-rata, Sd, Cs, Cv, dan Ck, sebagai berikut :

$$a.. \quad \text{Log. } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log. } X_i}{n} = \frac{26,1459}{13} = 2,0112$$

$$b. \quad Sd.Log.X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^b (Log.X_i - Log.\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,14105}{13}} = 0,04072$$

$$c. \quad Cv = \frac{Sd.Log.X}{Log.\bar{X}} = \frac{0,04072}{2,0112} = 0,003132$$

d.

$$Cs = \frac{\frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (Log.X_i - Log.\bar{X})^3}{Sd^3 Log} = \frac{0,1326845}{0,00891} = 14,89166$$

$$e. \quad Ck = \frac{\frac{n^2 \sum_{i=1}^n (Log.X_i - Log.\bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)}}{Sd^4 Log} = \frac{0,6154358}{0,003628} = 169,64372$$

4.1.3 Uji Kecocokan Sebaran

a. Uji Smirnov Kolmogorof

Uji kecocokan Smirnov Kolmogorov sering juga disebut uji kecocokan non parametric karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu

Tabel 4.5
 Nilai Kritis Do Untuk Uji Smirnov Kolmogorov

N	α			
	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,3	0,34	0,4
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,2	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,2	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N>50	$\frac{1.07}{N^{0.5}}$	$\frac{1.22}{N^{0.5}}$	$\frac{1.36}{N^{0.5}}$	$\frac{1.63}{N^{0.5}}$

α = Derajat kepercayaan

Tabel. 4.6. Variabel Gauss

T Periode Ulang	Peluang	U
1,001	0,999	-3,050
1,005	0,995	-2,580
1,010	0,990	-2,330
1,050	0,950	-1,640
1,110	0,900	-1,280
1,250	0,800	-0,840
1,330	0,750	-0,670
1,430	0,700	-0,520
1,670	0,600	-0,250
2,000	0,500	0,000
2,500	0,400	0,250
3,330	0,300	0,520
4,000	0,250	0,670
5,000	0,200	0,840
10,000	0,100	1,280
20,000	0,050	1,640
50,000	0,020	2,050
100,000	0,010	2,330
200,000	0,005	2,580
500,000	0,002	2,880
1.000,000	0,001	3,090

Sebagai Contoh perhitungan sebagai berikut :

Kolom 1 : Nomer Urut (m)

Kolom 2 :Tinggi hujan berdasarkan distribusi sebaran

Kolom 3 : Peluang hujan

$$P = \frac{m}{(N + 1)}$$

Kolom 4 : $f(t) = \frac{(X - \bar{x})}{Sd}$

Kolom 5 : Peluang f(t) dengan interpolasi variabel Gauss

Kolom 6 : Nilai D.max

Tabel. 4.7. Perhitungan Smirnov Kolmogorof untuk Distribusi Pearson Type III

No	X	P(X)	f(t)	P'(X)	D
1	163	0,07143	2,0044609	0,02333	0,04810
2	156	0,14286	1,7592916	-0,00893	0,15179
3	135	0,21429	1,0237838	0,14595	0,06834
4	114	0,28571	0,288276	0,37724	-0,09153
5	104	0,35714	-0,0619659	0,51554	-0,15840
6	98	0,42857	-0,272111	0,60884	-0,18027
7	96	0,50000	-0,3421593	0,63686	-0,13686
8	93	0,57143	-0,4472319	0,67889	-0,10746
9	89	0,64286	-0,5873286	0,72494	-0,08208
10	88	0,71429	-0,6223528	0,73412	-0,01983
11	87	0,78571	-0,657377	0,75849	0,02722
12	79	0,85714	-0,9375704	0,85244	0,00470
13	73	0,92857	-1,1477155	0,88163	0,04694
	1,375				

x = 105,77

sd = 28,551

ANALISA DAN HITUNGAN IV

Dari perhitungan tabel diatas didapat harga

$$D_{\max} = 0.02722$$

Tabel. 4.8. Perhitungan Smirnov Kolmogorof untuk distribusi Log Normal

No	Log. X	P(X)	f(t)	P'(X)	D
1	2,21219	0,07143	1,8536588	0,01953	0,05190
2	2,19312	0,14286	1,6778248	0,03329	0,10957
3	2,13033	0,21429	1,0986527	0,08961	0,12467
4	2,05690	0,28571	0,4213566	0,23810	0,04762
5	2,01703	0,35714	0,0535884	0,47275	-0,11560
6	1,99123	0,42857	-0,1844535	0,57378	-0,14521
7	1,98227	0,50000	-0,2670514	0,60682	-0,10682
8	1,96848	0,57143	-0,3942323	0,65342	-0,08199
9	1,94939	0,64286	-0,5703424	0,71865	-0,07579
10	1,94448	0,71429	-0,6156068	0,73541	-0,02112
11	1,93952	0,78571	-0,6613886	0,74713	0,03858
12	1,89763	0,85714	-1,0477949	0,84723	0,00992
13	1,86332	0,92857	-1,3642114	0,91170	0,01688
	26,14591				

$$X = 2,011$$

$$SD = 0,108$$

Dari perhitungan tabel diatas didapat harga

$$D_{\max} = 0,12467$$

b. Uji Chi Square

Perhitungan Chi Square

Jumlah data (N) = 13

Jumlah kelas (K) = $1 + 1.33 \text{ Ln } N$

$$= 1 + 1.33 \text{ Ln } 13$$

$$= 5.28 \approx 5$$

Data pengamatan dibagi menjadi 5 sub bagian dengan interval peluang (P) = $1/5 = 0,2$. Besarnya peluang untuk tiap-tiap sub bagian adalah :

- Sub grup 1 : $P \leq 0.2$
- Sub grup 2 : $P \leq 0.4$
- Sub grup 3 : $P \leq 0.6$
- Sub grup 4 : $P \leq 0.8$
- Sub grup 5 : $P \leq 1.00$

Peluang (P) = 5 % Diambil $\rightarrow$ 5 %, artinya bahwa kemungkinan dari data distribusi yang digunakan dapat diterima.

$$\begin{aligned} \text{Derajat Kebebasan (dk)} &= G - (R - 1) \\ &= 5 - (2 - 1) \\ &= 2 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas yaitu $dk=2$ dan $P=5\%$, berdasarkan tabel III-7 hal 223, Hidrologi “Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data”, Soewarno. Harga $X_{kr}^2 = 5.991$

1. Distribusi Pearson Type III

Persamaan distribusi : $x = \bar{x} + K \cdot \sigma$

$$x = 105,77 + K \cdot 28,551$$

$$Cs = 1,12$$

➤ Untuk $P = 0.2$ → $T = 1/0.2 = 10$ tahun

$$K = 0.749$$

$$\begin{aligned} x &= 105,77 + 0,749 \cdot 28,551 \\ &= 127,13 \end{aligned}$$

➤ Untuk $P = 0.4$ $T = 1/0.4 = 5$ tahun

$$K = -0.179 + \frac{(2.5 - 2)}{(5 - 2.5)}(0.749 + 0.179) = 0.0066$$

$$\begin{aligned} x &= 105,77 + 0,0066 \cdot 28,551 \\ &= 105,95 \end{aligned}$$

- Untuk $P = 0.6$ $T = 1/0.6 = 1.666$
tahun

$$K = -1.383 + \frac{(1.666 - 1.01)}{(2 - 1.01)}(-0.21 + 1.383) = -0.605$$

$$\begin{aligned} x &= 105,77 + (-0,605) \cdot 28,551 \\ &= 88,49 \end{aligned}$$

- Untuk $P = 0.8$ $T = 1/0.8 = 2$ tahun

$$K = -1.383 + \frac{(1.25 - 1.01)}{(2 - 1.01)}(-0.21 + 1.383) = -1.098$$

$$\begin{aligned} x &= 105,77 + (-1.098) \cdot 28,551 \\ &= 74,421 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya ditabelkan sebagai berikut :

*Tabel.4.9. Perhitungan Uji Chi Square Distribusi
Pearson Type III*

No	Nilai Batas Sub Kelompok	Jumlah Data		$(O_i - E_i)^2$	$(O_i - E_i)^2/E_i$
		O_i	E_i		
1	$X > 127,13$	4	5	1	0,200
2	$105,95 < X < 110,97$	6	5	1	0,200
3	$88,49 < X < 98,24$	8	5	9	1,800
4	$74,421 < X < 87,75$	4	5	1	0,200
5	$X < 74,421$	3	5	4	0,800
	Jumlah	25	25		3,200

2. Distribusi Log Normal

Persamaan distribusi :

$$\text{Log} x = \text{Log} \bar{x} + K.S \log x$$

$$\text{Log } \bar{x} = 2,011 + K \cdot 0,108$$

$$Cs = 14,891$$

➤ Untuk $P = 0.2$ $\longrightarrow$ $T = 1/0.2 = 10$ tahun

$$K = 0.8$$

$$\begin{aligned}\text{Log } \bar{x} &= 2,011 + 0,80 \cdot 0,108 \\ &= 2,0974\end{aligned}$$

➤ Untuk $P = 0.4$ $T = 1/0.4 = 5$ tahun

$$K = -0.099 + \frac{(2.5 - 2)}{(5 - 2.5)}(0.8 + 0.099) = 0.0808$$

$$\begin{aligned}\text{Log } \bar{x} &= 2,011 + 0,0808 \cdot 0,108 \\ &= 2,019\end{aligned}$$

➤ Untuk $P = 0.6$ $T = 1/0.6 = 1.666$ tahun

$$K = -1.383 + \frac{(1.666 - 1.01)}{(2 - 1.01)}(-0.21 + 1.383) = -0.605$$

$$\begin{aligned}\text{Log } \bar{x} &= 2,011 + (-0.605) \cdot 0,108 \\ &= 1,945\end{aligned}$$

➤ Untuk $P = 0.8$ $T = 1/0.8 = 2$
tahun

$$K = -1.383 + \frac{(1.25 - 1.01)}{(2 - 1.01)}(-0.21 + 1.383) = -1.098$$

$$\begin{aligned}\text{Log } x &= 2,011 + (-1.098) \cdot 0,108 \\ &= 1,892\end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya ditabelkan sebagai berikut :

Tabel.4.10. Perhitungan Uji Chi Square Distribusi Log Normal

No	Nilai Batas Sub Kelompok	Jumlah Data		$(O_i - E_i)^2$	$(O_i - E_i)^2/E_i$
		O_i	E_i		
1	$X < 2,0974$	3	5	4	0,800
2	1,892 - 1,945	4	5	1	0,200
3	1,945 - 2,019	9	5	16	3,200
4	2,019 - 2,044	5	5	0	0,000
5	$X > 2,044$	4	5	1	0,200
	Jumlah	25	25		4,400

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil kecocokan untuk menentukan persamaan distribusi yang akan dipakai ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 4.11. Kesimpulan Hasil Uji Kecocokan

No	Pers distribusi	Uji Kecocokan						Evaluasi
		uji Smirnov kolmogorov			Uji Chi Square			
		D max	Nilai	Do	χ^2	Nilai	χ^2	
1	Pearson Type III	0.08587	<	0.27	3.20	<	5.991	ok
2	Log Normal	0.07061	<	0.27	4.40	<	5.991	ok

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka ***Distribusi Pearson Type III*** dipakai sebagai dasar perhitungan distribusi sebaran curah hujan karena nilai ujii Chi Square lebih baik dibandingkan dengan Distribusi Log Normal.

4.2 Koefisien Pengaliran

Penentuan harga koefisien pengaliran dalam suatu daerah pematasan berdasarkan beberapa macam kriteria, antara lain :

- a. Jenis tanah, seperti permeabilitas, porositas dan lain-lain
- b. Type pemakaian tanah (tata guna lahan) seperti rumah tinggal, dll.

Beberapa data-data yang telah disajikan pada bab sebelumnya bahwa kondisi tanah wilayah studi kedap air cenderung pada pemukiman padat

penduduk maka diputuskan bahwa harga koefisien pengaliran gabungan untuk wilayah studi adalah **0,8** sesuai dengan kondisi eksisting.

4.3 Perhitungan Debit Banjir

4.3.1 Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang

Setelah keabsahan (validity) dari distribusi yang diasumsikan dapat dibenarkan secara statistik dengan uji kecocokan, untuk menghitung curah hujan periode ulang digunakan metode persamaan dari Pearson type III.

Tabel. 4.12. Curah Hujan Periode Ulang

Periode Ulang (tahun)	Curah Hujan Rata-rata (mm)	Faktor Sifat Distribusi	Standart Deviasi	Hujan Harian Max Periode Ulang (mm)
T	X	K	σ_x	$X_t = X + K \cdot \sigma_x$
1,25	105,77	-1,098	28,5517	74,420
2	105,77	-0,179	28,5517	100,659
5	105,77	0,745	28,5517	127,041
10	105,77	1,34	28,5517	144,029
25	105,77	2,065	28,5517	164,729
50	105,77	2,523	28,5517	177,806
100	105,77	3,085	28,5517	193,852

4.3.2 Perhitungan Base Flow

Seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, base flow merupakan aliran air yang

selalu mengalir pada saluran. Aliran base flow ini dipengaruhi oleh muka air tanah, aquifer, dan air buangan penduduk untuk setiap harinya. Agar hasil yang didapat dalam perhitungan ini mendekati sempurna, maka dilakukan pengamatan lapangan di titik akhir saluran wilayah studi. Hal ini dilakukan karena data debit saluran pada awal dan akhir periode di tiap tahun pengamatan tidak ada. Hasil pengamatan lapangan.

a. Saluran kalikepiting

$$Qb = 0,224 \text{ m}^3/\text{dt}$$

4.3.3 Distribusi Curah Hujan

Pembagian curah hujan tiap jam dihitung dengan metode Rasional. Asumsi awal dalam pembagian curah hujan ini adalah bahwa tinggi hujan rencana dengan periode ulang tertentu terjadi selama 5 jam. Perumusan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\overline{R}_t = R_0 \left(\frac{5}{t} \right)^{2/3} \quad R_0 = \frac{R_{24}}{5} \quad R_{24} = f \cdot R_x$$

Dimana :

$\overline{R_t}$ = hujan rata-rata sampai jam ke-t.

R_{24} = hujan efektif selama 24 jam

R_x = hujan rata-rata rencana dalam daerah pengaliran.

Sedangkan perhitungan curah hujan pada jam ke-t adalah sebagai berikut :

$$R_T = t.R_t - (t-1).R_{(t-1)}$$

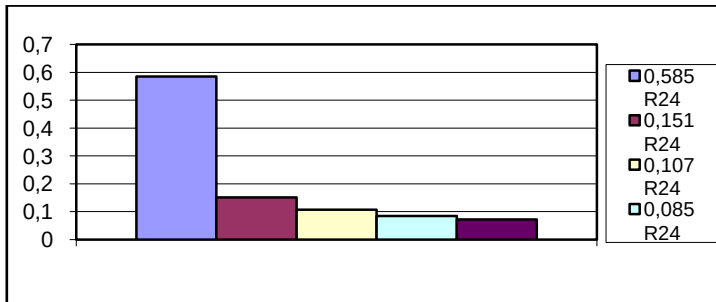
R_T = Curah hujan pada jam ke-t.

Untuk perhitungan selanjutnya ditabelkan .

Tabel.4.13. Perhitungan hujan rata-rata dan curah hujan ke-t.

Jam ke-t	R _t		R _T	
0 - 1	0,585	R ₂₄	0,585	R ₂₄
1 - 2	0.368	R ₂₄	0,151	R ₂₄
2 - 3	0,281	R ₂₄	0,107	R ₂₄
3 - 4	0,232	R ₂₄	0,085	R ₂₄
4 - 5	0,2	R ₂₄	0,072	R ₂₄

Gambar.4.1. Distribusi Hujan



Tabel. 4.14. Perhitungan Hujan Efektif (R₂₄)

T	R _x	f.	R.eff
2	100,690	0,8	80,5520
5	127,041	0,8	101,6328
10	144,024	0,8	115,2192
25	164,729	0,8	131,7832

Tabel. 4.15. Perhitungan distribusi hujan

Jam ke - t	Perbandingan	Distribusi Hujan Efektif		
		2	5	10
0 - 1	0,585 R ₂₄	47,12	59,46	67,40323
1 - 2	0,151 R ₂₄	12,16	15,35	17,3981
2 - 3	0,107 R ₂₄	8,62	10,87	12,32845
3 - 4	0,085 R ₂₄	6,85	8,64	9,793632
4 - 5	0,072 R ₂₄	5,80	7,32	8,295782

4.3.4 Perhitungan Unit Hidrograf

Perhitungan Unit Hidrograf memakai Metode Hidrograf Satuan Sistesis. Salah satu metode yang dipakai adalah Nakayasu.

A. Perhitungan Unit Hidrograf Saluran sekunder kali keping di Titik Sal 1

Dari Peta topografi didapat bahwa sistem saluran sekunder Kali keping memiliki data sebagai berikut :

$$A = 1392 \text{ Km}^2$$

$$L = 1834 \text{ Km}$$

$$\alpha = 2$$

Parameter-parameter dalam perhitungan metode Unit Hidrograf Nakayasu adalah

$$T_g = 40,42023 \text{ jam}$$

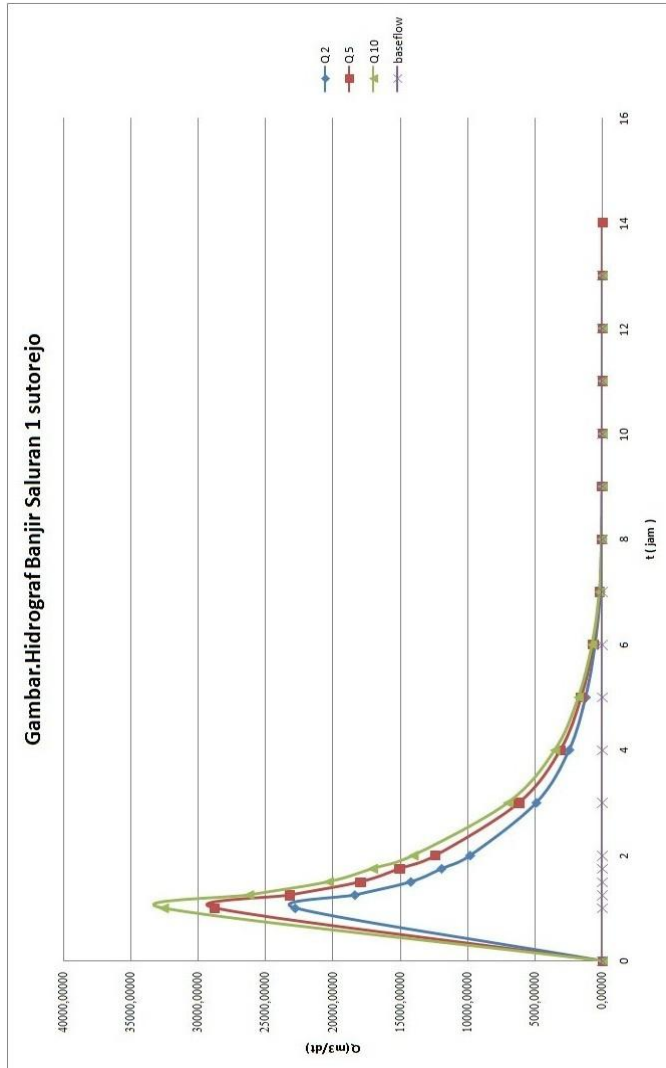
$$T_{0,3} = 0,50 \text{ Jam}$$

$$T_p = 41,22023 \text{ jam}$$

$$Q_{\max} = 483,33333 \quad R_0$$

Adapun persamaan untuk penggambaran kurva adalah

gambar 4.2 kurva hidrograf banjir saluran sekunder



1. Kurva naik (Rising Limb)

➤ $0 < t < T_p \quad Q = \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \cdot Q_{\max}$

2. Kurva turun (decreasing Limb)

➤ $T_p < t < (T_p + T_{0,3}) \quad Q = 0,3^{\left(\frac{t-T_p}{T_{0,3}} \right)} \cdot Q_{\max}$

➤ $(T_p + T_{0,3}) < t < (T_p + 2,5 T_{0,3})$

$$Q = 0,3^{\left(\frac{t-T_p+0,5.T_{0,3}}{1,5T_{0,3}} \right)} \cdot Q_{\max}$$

➤ $t > (T_p + 2,5 T_{0,3}) \quad Q = 0,3^{\left(\frac{t-T_p+0,5.T_{0,3}}{2.T_{0,3}} \right)} \cdot Q_{\max}$

Untuk perhitungan selanjutnya ditabelkan sebagai berikut :

ANALISA DAN HITUNGAN IV

Kurva naik $Q_{max} =$		483,333333 R_0	$T_p = 1,0$		$(0 < t < 1)$
t	t/ T_p	$(t/T_p)^{2.4}$	$Q = (t/T_p)^{2.4} \cdot Q_{max}$		
0	0	0	0,00000		
1	1	1	483,33333		
Kurva turun $Q_{max} =$		483,333333 R_0	$T_p = 1$		$(1 < t < 1,25)$
			$T_{0.3} = 0,50$		
t	t - T_p	$((t - T_p)/T_{0.3})$	$0,3^{((t - T_p)/T_{0.3})}$	$Q = 0,3^{((t - T_p)/T_{0.3})} \cdot Q_p$	
1,25	0,25	0,5	0,54772	264,7325695	
Kurva turun $Q_{max} =$		483,333333 R_0	$T_p = 1$		$(2 < t < 1,25)$
			$T_{0.3} = 0,50$		
t	t - $T_p + 0,5 \cdot T_{0.3}$	$1,5 \cdot T_{0.3}$			
a	b	c	$c = a/b$	$d = 0.3^c$	$e = d \times Q_p$
1,5	0,75	0,75	1,00000	0,3	145,0000000
1,75	1	0,75	1,33333	0,200829885	97,0677778
Kurva turun $Q_{max} =$		483,333333 R_0	$T_p = 1$		$t > 1,25$
			$T_{0.3} = 0,50$		
t	t - $T_p + 1,5 \cdot T_{0.3}$	$2 \cdot T_{0.3}$			
a	b	c	$c = a/b$	$d = 0.3^c$	$e = d \times Q_p$
2	1,75	1	1,75000	0,121608014	58,7772067
3	2,75	1	2,75000	0,036482404	17,6331620
4	3,75	1	3,75000	0,010944721	5,2899486
5	4,75	1	4,75000	0,003283416	1,5869846
6	5,75	1	5,75000	0,000985025	0,4760954
7	6,75	1	6,75000	0,000295507	0,1428286
8	7,75	1	7,75000	8,86522E-05	0,0428486
9	8,75	1	8,75000	2,65957E-05	0,0128546

B. Perhitungan Unit Hidrograf Saluran primer kali keping di Titik Sal 2

Dari Peta topografi didapat bahwa sistem saluran primer kali keping memiliki data sebagai berikut

:

$$A = 1392 \text{ Km}^2$$

$$L = 1.032 \text{ Km}$$

$$\alpha = 2$$

Parametr-parameter dalam perhitungan metode

Unit Hidrograf Nakayasu adalah

$$T_g = 27,02683 \text{ jam}$$

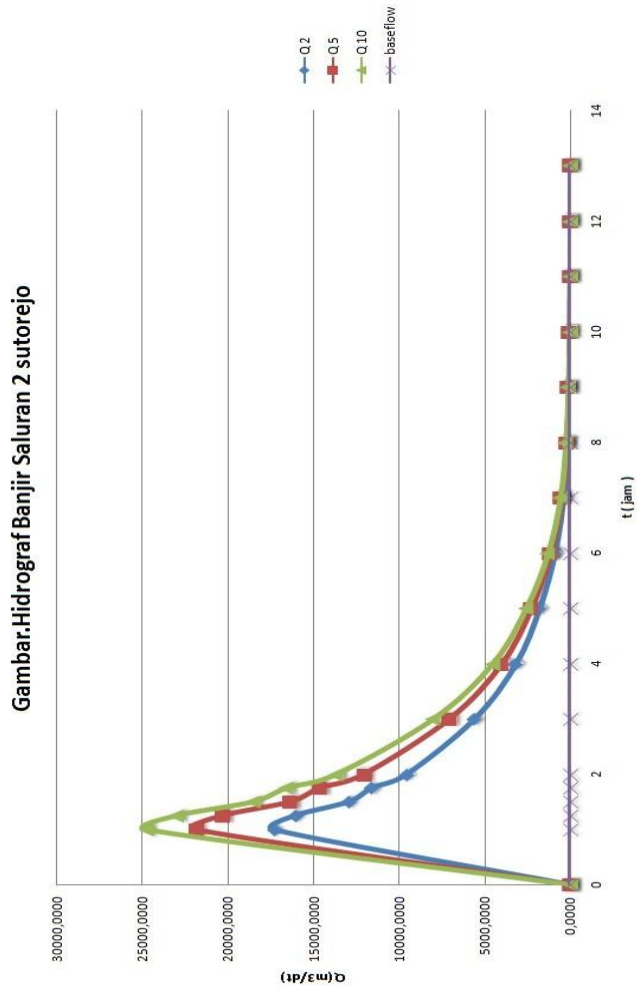
$$T_{0,3} = 54,05366 \text{ Jam}$$

$$T_p = 27,82683 \text{ jam}$$

$$Q_{\max} = 368,2539683 R_0$$

Adapun persamaan untuk penggambaran kurva adalah

gambar 4.3 kurva hidrograf banjir saluran primer



ANALISA DAN HITUNGAN IV

Kurva naik Qmax = 368,2539683 R ₀				Tp = 1,0		(0 < t < 1)	
t	t/Tp	(t/Tp) ^{2,4}	Q=(t/Tp) ^{2,4} .Qmax				
0	0	0	0,00000				
1	1	1	368,25397				
Kurva turun Qmax = 368,2539683 R ₀				Tp = 1		(1 < t < 1,25)	
				T _{0,3} = 0,75			
t	t - Tp	((t-Tp)/T _{0,3})	0,3 ^{((t-Tp)/T_{0,3})}	Q=0,3 ^{((t-Tp)/T_{0,3})} .Qp			
1,25	0,25	0,33333333	0,66943	246,5213403			
Kurva turun Qmax = 368,2539683 R ₀				Tp = 1		(2 < t < 1,75)	
				T _{0,3} = 0,75			
t	t - Tp+0,5.T _{0,3}	1,5.T _{0,3}					
a	b	c	c=a/b	d=0,3°		e=d x Qp	
1,5	0,875	1,125	0,77778	0,392027499		144,3656820	
1,75	1,125	1,125	1,00000	0,3		110,4761905	
Kurva turun Qmax = 368,2539683 R ₀				Tp = 1		t < 1,75	
				T _{0,3} = 0,75			
t	t - Tp+1.5.T _{0,3}	2.T _{0,3}					
a	b	c	c=a/b	d=0.3°		e=d x Qp	
2	2,125	1,5	1,41667	0,181658244		66,8963691	
3	3,125	1,5	2,08333	0,081408412		29,9789706	
4	4,125	1,5	2,75000	0,036482404		13,4347901	
5	5,125	1,5	3,41667	0,016349242		6,0206732	
6	6,125	1,5	4,08333	0,007326757		2,6981074	
7	7,125	1,5	4,75000	0,003283416		1,2091311	
8	8,125	1,5	5,41667	0,001471432		0,5418606	
9	9,125	1,5	6,08333	0,000659408		0,2428297	

4.4. Flood Routing

Setelah dapat ditentukan kapasitas/debit maksimum yang lewat pada masing-masing profil sungai dengan analisa hidrologi, maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan *flood routing*. Metode yang digunakan dalam perhitungan flood routing adalah metode Muskingum.

a. Perhitungan Profil Saluran Sekunder sutorejo

Data yang ada :

Lebar (b)	= 6,00 meter
Talud (m)	= 0.5
Jarak (L)	= 1032 meter
Kemiringan (I)	= 0,0001
Manning (n)	= 0,02
Q_{10}	= 24821,73m ³ /dt

Maka :

$$\begin{aligned}A &= (b + m.h)h &&= (6,00 + 0,5h)h \\P &= b + 2h(1+m^2)^{0.5} &&= 6,00 + 2h(1+0.5^2)^{0.5} \\&= 6,00 + 2,236h \\R &= A/P\end{aligned}$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot J^{\frac{1}{2}} \cdot A.$$

$$8,803 = \frac{1}{0,02} \times \left[\frac{(6,00 + 0,5h)h}{6,00 + 2,236h} \right]^{\frac{2}{3}} \cdot (0,00011)^{\frac{1}{2}} \cdot (6,00 + 0,5h)h$$

$$h \approx 1,985m$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{88016}{13,88} = 0,6341$$

$$k = \frac{L}{V} = \frac{1032}{0,6341} = 1627,5 dtk = 0,4521 jam$$

dt diambil 1 jam, sedangkan harga x
diambil 0,20

$$C_0 = \frac{-k \cdot x + 0,5 \Delta t}{k - k \cdot x + 0,5 \Delta t} = \frac{-0,4521 \cdot 0,35 + 0,5 \cdot 1}{0,4521 - 0,4521 \cdot 0,35 + 0,5 \cdot 1} = 0,4305$$

$$C_1 = \frac{k \cdot x + 0,5 \Delta t}{k - k \cdot x + 0,5 \Delta t} = \frac{0,4521 \cdot 0,35 + 0,5 \cdot 1}{0,4521 - 0,4521 \cdot 0,35 + 0,5 \cdot 1} = 0,8292$$

$$C_2 = \frac{k - k \cdot x - 0,5 \Delta t}{k - k \cdot x + 0,5 \Delta t} = \frac{0,4521 - 0,4521 \cdot 0,35 - 0,5 \cdot 1}{0,4521 - 0,4521 \cdot 0,35 + 0,5 \cdot 1} = -0,2597$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol} &= C_0 + C_1 + C_2 = 1 \\ &= 0,4305 + 0,8292 + (-0,2597) \\ &= 1 \text{Ok} \end{aligned}$$

ANALISA DAN HITUNGAN IV

Perhitungan selanjutnya ditabelkan sebagai berikut :

tabel 4.16 perhitungan profil saluran sekunder sutorejo

t	Inflow (I)	Co.I ₂		C ₁ .I ₁		C ₂ .Q ₁	Outflow (Q)
Jam	m3/dt	0,3804	I ₂	0,8141	I ₁	-0,1945	Q ₁
0	0,2240						0,2240
1	32578,4518	12393,3020		0,1824		-0,0436	12393,4408
1,25	26253,1359	9987,0627		26522,9069		-2410,9991	34098,9705
1,5	20338,2869	7736,9708		21373,3140		-6633,5562	22476,7286
1,75	17062,9613	6490,9908		16557,8921		-4372,5848	18676,2981
2	14040,7391	5341,2949		13891,3702		-3633,2555	15599,4096
3	7024,3034	2672,1439		11430,9058		-3034,6828	11068,3670
4	3541,7335	1347,3253		5718,6555		-2153,2214	4912,7594
5	1797,5120	683,7989		2883,4110		-955,7199	2611,4900
6	785,4373	298,7914		1463,3980		-508,0349	1254,1546
7	235,7880	89,6971		639,4436		-243,9811	485,1595
8	70,8932	26,9688		191,9607		-94,3821	124,5474
9	21,4248	8,1503		57,7159		-24,2292	41,6369
10	6,3243	2,4059		17,4424		-8,1000	11,7483
11	1,9870	0,7559		5,1488		-2,2855	3,6192
12	0,7054	0,2683		1,6177		-0,7041	1,1819
13	0,3306	0,1258		0,5742		-0,2299	0,4701
14	0,2240	0,0852		0,2692		-0,0915	0,2629
				0,1824		-0,0512	

b. Perhitungan Profil Saluran primer sutorejo

Data yang ada :

Lebar (b) = 4 meter

Talud (m) = 0.5

Jarak (L) = 1834 meter

Kemiringan (I) = 0,000315

Manning (n) = 0,02

Q₅ = 32578,4518 m³/dt

Maka :

$$A = (b + m.h)h = (4 + 0,5h)h$$

$$P = b + 2h(1+m^2)^{0,5} = 4 + 2h(1+0,5^2)^{0,5} = 4 + 2,236h$$

$$R = A/P$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \cdot A$$

$$32578,4518 = \frac{1}{0,02} \times \left[\frac{(4 + 0,5h)h}{4 + 2,236h} \right]^{\frac{2}{3}} \cdot (0,000315)^{\frac{1}{2}} \cdot (4 + 0,5h)h$$

$$h \approx 1,963m$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{9,586957}{9,7608} = 0,98219$$

$$k = \frac{L}{V} = \frac{1834}{0,98219} = 1867,256 dtk = 0,518682 jam$$

dt diambil 1 jam, sedangkan harga x diambil 0,20

$$C_0 = \frac{-k.x + 0,5\Delta t}{k - k.x + 0,5\Delta t} = \frac{-0,518682 \cdot 0,35 + 0,5 \cdot 1}{0,518682 - 0,518682 \cdot 0,35 + 0,5 \cdot 1} = 0,380414$$

$$C_1 = \frac{k.x + 0,5\Delta t}{k - k.x + 0,5\Delta t} = \frac{0,518682 \cdot 0,20 + 0,5 \cdot 1}{0,518682 - 0,518682 \cdot 0,35 + 0,5 \cdot 1} = 0,814124$$

$$C_2 = \frac{k - k.x - 0,5\Delta t}{k - k.x + 0,5\Delta t} = \frac{0,518682 - 0,518682 - 0,5 \cdot 1}{0,518682 - 0,518682 \cdot 0,35 + 0,5 \cdot 1} = -0,19454$$

$$\text{Kontrol} = C_0 + C_1 + C_2 = 1$$

ANALISA DAN HITUNGAN IV

$$= 0,380414 + 0,814124 + (-0,19454)$$

$$= 1 \text{Ok}$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan sebagai berikut :

tabel 4.17 perhitungan profil saluran primer sutorejo

t	Inflow (I)	Co.l ₂		C ₁ .l ₁		C ₂ .Q ₁		Outflow (Q)
Jam	m ³ /dt	0,4305	l ₂	0,8292	l ₁	-0,2597	Q ₁	m ³ /dt
0	0,2240							0,2240
1	24821,7309	10686,5288		0,1857		-0,0582		10686,6564
1,25	23023,4780	9912,3249		20581,1703		-2775,2234		27718,2718
1,5	18559,9408	7990,6330		19090,1320		-7198,1724		19882,5926
1,75	16604,1345	7148,5974		15389,1485		-5163,3208		17374,4251
2	13680,4302	5889,8516		13767,4734		-4511,9735		15145,3515
3	8005,7250	3446,7142		11343,2566		-3933,1042		10856,8666
4	4531,6673	1951,0240		6638,0218		-2819,4253		5769,6205
5	2581,0157	1111,2077		3757,4743		-1498,3157		3370,3663
6	1301,0243	560,1315		2140,0733		-875,2522		1824,9526
7	583,1652	251,0708		1078,7564		-473,9229		855,9044
8	261,4636	112,5682		483,5369		-222,2702		373,8349
9	117,2960	50,4996		216,7950		-97,0814		170,2132
10	45,3538	19,5262		97,2571		-44,2027		72,5806
11	18,5552	7,9886		37,6055		-18,8485		26,7456
12	7,0973	3,0556		15,3852		-6,9456		11,4953
13	2,2385	0,9637		5,8848		-2,9852		3,8633
14	0,2240	0,0964		1,8560		-1,0033		0,9492
				0,1857		-0,2465		-0,0608

4.5. Kesimpulan Analisa Banjir

4.5.1 Saluran sutorejo

Setelah dapat ditentukan kapasitas/debit maksimum yang lewat pada masing-masing profil sungai dengan analisa hidrologi dan *flood*

*routing*serta perhitungan kapasitas saluran eksisting dengan kondisi *full bank capacity* maka langkah selanjutnya adalah membandingkan hasil kedua perhitungan diatas. Berdasarkan seluruh hasil perhitungan diatas maka dapat disimpulkan bahwa kapasitas Saluran sutorejo tidak dapat menampung debit rencana yang ada, dengan hasil sebagai berikut :

Tabel. 4.18 Analisa Banjir Saluran sutorejo di wilayah Studi

Nama Saluran	Kapasitas Saluran (m ³ /dt)	Debit Rencana			A Luas (Ha)	Keterangan
		Q 2 (m ³ /dt)	Q 5 (m ³ /dt)	Q 10 (m ³ /dt)		
Sal.1	0,01856	2274,8907	28739,2240	32578,4518	1,3920	meluap
Sal.2	0,02677	17352,3510	21896,6050	24821,7309	1,3920	meluap