

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Ketersediaan Data

##### 4.1.1. Kondisi Cacthment Area

##### A. Pembagian Cacthment Area Pada DAS Pucang Indah

Pada DAS Pucang Indah ini dibagi menjadi 4 Cacthment area Dimana dalam setiap Cacthment Area terdiri dari beberapa blok dan fasilitas umum. Untuk pembagian Cacthment Area dapat dilihat pada tabel dan gambar dibawah ini.

Tabel 4. 1. Pembagian Cacthment Area Pada DAS Pucang Indah

	Area	Luas Area (M2)	Luas Area (KM2)	Jumlah Rumah	Jumlah Penduduk	Panjang Saluran (m)
Catchment Area 1	Blok U	3438	0.003438	24	96	233.57
	Blok M	5680	0.00568	16	64	270.98
	Masjid	127	0.000127	0	0	127
	Blok R	2175	0.002175	18	72	191.7
	Blok S	2554	0.002554	18	72	212.07
	Blok T	2547	0.002547	18	72	229.04
	Blok P	3286	0.003286	22	88	173.1
	Blok O	3136	0.003136	20	80	170.13
	Blok Q	1249	0.001249	10	40	125.46
Total		24192	0.024192	146	584	1733.05
Catchment Area 2	Blok A	4495	0.004495	13	52	226.91
	Blok F	6324	0.006324	15	60	306.41
	Blok G	2957	0.002957	14	56	158.99
	Blok H	4649	0.004649	11	44	194.14
	Blok I	3212	0.003212	13	52	158.2
	Blok J	3816	0.003816	18	72	181.03
	Fasum 1	2429	0.002429	0	0	236.32
	Total		27882	0.027882	84	336
Catchment Area 3	Blok N	3133	0.003133	16	64	192.99
	Fasum 2	1529	0.001529	0	0	112.6
	Blok K	2807	0.002807	14	56	154.81
	Blok L	3570	0.00357	10	40	219.3
Total		11039	0.011039	40	160	679.7
Catchment Area 4	Blok B	2881	0.002881	9	36	155.59
	Blok C	4403	0.004403	18	72	281.67
	Fasum 3	902	0.000902	0	0	228.85
	Blok D	3753	0.003753	21	84	286.27
	Blok E	4575	0.004575	11	44	281.39
Total		16514	0.016514	59	236	1233.77

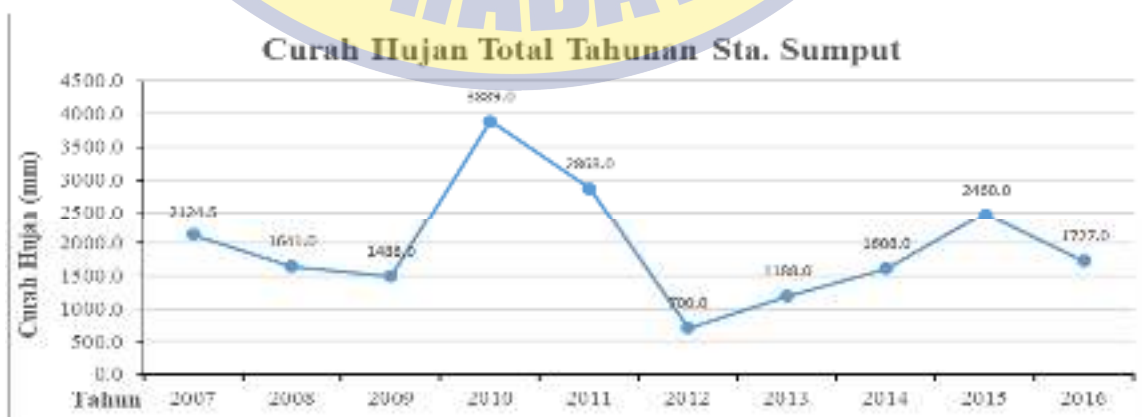


Gambar 4. 1. Pembagian Cacthment Area Pada DAS Pucang Indah

#### 4.1.2. Data Hujan

Data hujan ada beberapa macam, yaitu curah hujan harian, bulanan, tahunan dan data curah hujan periode pendek, misalnya 5 menit, 10 menit, 15 menit, 30 menit sampai 60 menit. Bilamana data curah hujan periode pendek ini tidak tersedia, maka dapat digunakan data curah hujan harian.

Terdapat stasiun hujan yang letaknya dekat dengan lokasi studi yaitu Stasiun Hujan Sumpat. Data hujan yang dipergunakan yaitu data curah hujan harian dengan lama pengamatan 10 tahun yaitu periode tahun 2013 - 2022. Data curah hujan rerata tahunan dan bulanan disertai grafik karakteristik rerata hujan tahunan stasiun hujan dapat dilihat dibawah ini.

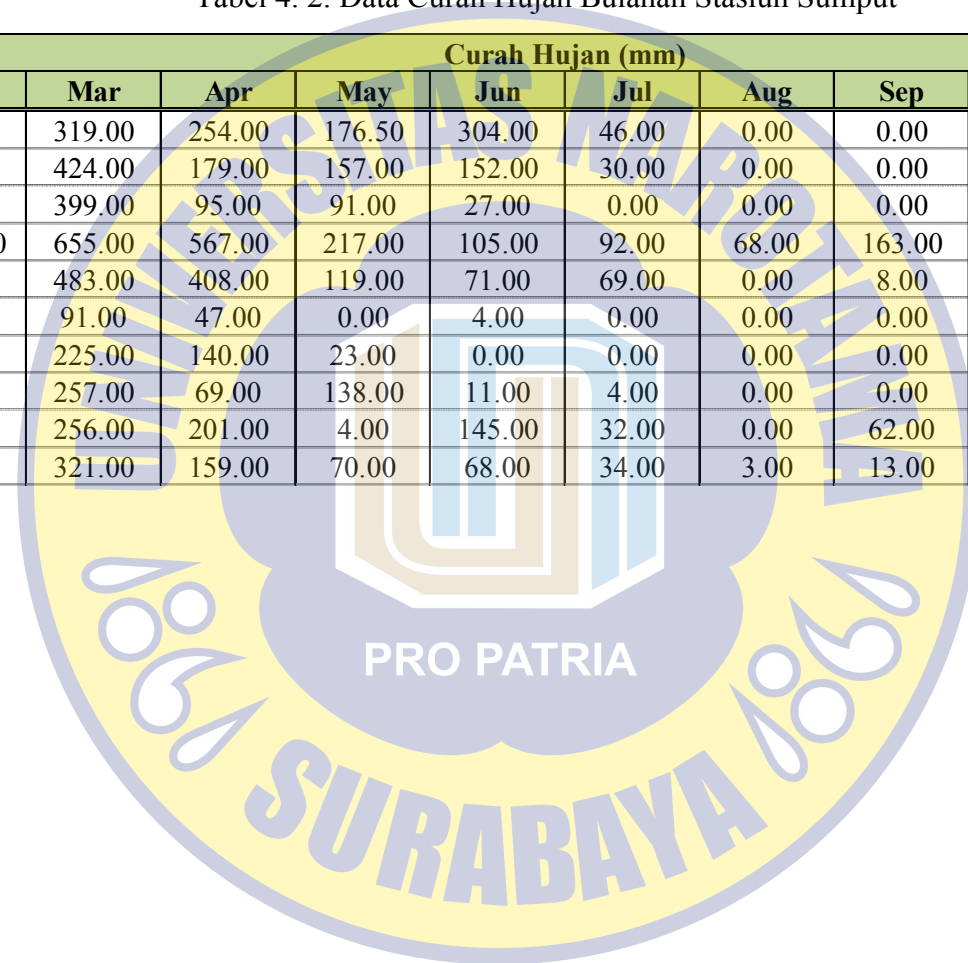


Gambar 4. 2. Diagram Curah Hujan Total Tahunan Stasiun Sumpat

Tabel 4. 2. Data Curah Hujan Bulanan Stasiun Sumpu

Tahun	Curah Hujan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2013	604.00	271.00	319.00	254.00	176.50	304.00	46.00	0.00	0.00	0.00	150.00	0.00
2014	233.00	80.00	424.00	179.00	157.00	152.00	30.00	0.00	0.00	0.00	22.00	364.00
2015	261.00	454.00	399.00	95.00	91.00	27.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.00	130.00
2016	98.00	1050.00	655.00	567.00	217.00	105.00	92.00	68.00	163.00	524.00	220.00	130.00
2017	552.00	437.00	483.00	408.00	119.00	71.00	69.00	0.00	8.00	56.00	304.00	361.00
2018	66.00	295.00	91.00	47.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	62.00	135.00
2019	328.00	265.00	225.00	140.00	23.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00	192.00
2020	213.00	394.00	257.00	69.00	138.00	11.00	4.00	0.00	0.00	99.00	200.00	223.00
2021	476.00	453.00	256.00	201.00	4.00	145.00	32.00	0.00	62.00	0.00	475.00	356.00
2022	207.00	226.00	321.00	159.00	70.00	68.00	34.00	3.00	13.00	339.00	262.00	25.00

Sumber: Stasiun Hujan Sumpu



Data curah hujan maksimum tahunan Stasiun Sumput dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. 3. Data Curah Hujan Maksimum Stasiun Sumput

NO	TAHUN	CURAH HUJAN MAX
1	2013	135.0
2	2014	75.0
3	2015	77.0
4	2016	167.0
5	2017	175.0
6	2018	54.0
7	2019	91.0
8	2020	95.0
9	2021	98.0
10	2022	86.0

Sumber: Stasiun Hujan Sumput

#### 4.2. VALIDASI DATA HUJAN

Validasi atau pengujian data hujan terdiri atas :

1. Uji Konsistensi (*Consistency*)
2. Uji Ketiadaan *Trend* (*Homogeneity*)
3. Uji Stasioner
4. Uji Persistensi

##### 4.2.1. Uji Konsistensi (*Consistency*)

Sebelum data hujan ini dipakai terlebih dahulu harus melewati pengujian untuk kekonsistenan data tersebut. Metode yang digunakan adalah metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) (Buishand,1982).

Pengujian konsistensi dengan menggunakan data dari stasiun itu sendiri yaitu pengujian dengan kumulatif penyimpangan terhadap nilai rata-rata dibagi dengan akar kumulatif rerata penyimpangan kuadrat terhadap nilai reratanya, lebih jelas lagi bisa dilihat pada rumus berikut:

$$S_0^* = 0$$

$$S_k^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y})$$

dengan  $k = 1,2,3,\dots,n$

$$S_k^{**} = \frac{S_k^*}{D_y}$$

$$D_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n}$$

nilai statistik Q dan R

$$Q = \max |S_k^{**}| \quad 0 \leq k \leq n$$

$$R = \max S_k^{**} - \min S_k^{**} \quad 0 \leq k \leq n \quad 0 \leq k \leq n$$

Dengan melihat nilai statistik diatas maka dapat dicari nilai  $Q/\sqrt{n}$  dan  $R/\sqrt{n}$ . Hasil yang di dapat dibandingkan dengan nilai  $Q/\sqrt{n}$  syarat dan  $R/\sqrt{n}$  syarat, jika lebih kecil maka data masih dalam batasan konsisten.

Tabel 4. 4. Nilai  $Q/n^{0.5}$  dan  $R/n^{0.5}$

n	$Q/n^{0.5}$			$R/n^{0.5}$		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1.05	1.14	1.29	1.21	1.28	1.38
20	1.10	1.22	1.42	1.34	1.43	1.60
30	1.12	1.24	1.48	1.40	1.50	1.70
40	1.31	1.27	1.52	1.44	1.55	1.78
100	1.17	1.29	1.55	1.50	1.62	1.85

Sumber: Sri Harto, 18; 1983

Hasil uji konsistensi data hujan Stasiun Sumpit menggunakan metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 5. Uji Konsistensi Data Hujan Stasiun Hujan Bodang Metode RAPS

NO.	TAHUN	HUJAN	Sk*	Dy <sup>2</sup>	Sk**	Sk**
1	2007	2124.5	155.15	2407.15	0.18	0.18
2	2008	1641	-328.35	10781.37	-0.38	0.38
3	2009	1488	-481.35	23169.78	-0.56	0.56
4	2010	3889	1919.65	368505.61	2.22	2.22
5	2011	2868	898.65	80757.18	1.04	1.04
6	2012	700	-1269.35	161124.94	-1.46	1.46
7	2013	1188	-781.35	61050.78	-0.90	0.90
8	2014	1608	-361.35	13057.38	-0.42	0.42
9	2015	2460	490.65	24073.74	0.57	0.57
10	2016	1727	-242.35	5873.35	-0.28	0.28
		<b>Rerata =</b>	<b>1969.35</b>	<b>75080.13</b>		
		<b>Jumlah =</b>	<b>19693.50</b>	<b>750801.30</b>		

Sumber : Analisa dan Perhitungan

n	=	10		
Dy	=	866.49		
Sk** maks	=	2.22		
Sk** min	=	-1.46		
Q =	Sk** maks	=	2.22	
R =	Sk** maks - Sk** min	=	3.68	

• **Untuk Batas Konsistensi 90%**

$$Q/n^{0.5} = 0.70 < 1.05 \implies \text{Memenuhi Syarat}$$

$$R/n^{0.5} = 1.16 < 1.2 \implies \text{Memenuhi Syarat}$$

• **Untuk Batas Konsistensi 95%**

$$Q/n^{0.5} = 0.70 < 1.1 \implies \text{Memenuhi Syarat}$$

$$R/n^{0.5} = 1.16 < 1.3 \implies \text{Memenuhi Syarat}$$

• **Untuk Batas Konsistensi 99%**

$$Q/n^{0.5} = 0.70 < 1.3 \implies \text{Memenuhi Syarat}$$

$$R/n^{0.5} = 1.16 < 1.4 \implies \text{Memenuhi Syarat}$$

#### 4.2.2. Uji Ketiadaan Trend (Homogenitas)

Deret berkala yang nilainya menunjukkan gerakan yang berjangka panjang dan mempunyai kecenderungan menuju kesatu arah, arah naik atau menurun disebut dengan pola atau trend. Umumnya meliputi gerakan yang lamanya lebih dari 10 tahun. Deret berkala yang datanya kurang dari 10 tahun kadang-kadang sulit untuk menentukan gerakan dari suatu trend. Hasilnya dapat meragukan, karena gerakan yang diperoleh hanya mungkin

menunjukkan suatu sikli (*cyclical time series*) dari suatu trend. Sikli adalah gerakan yang tidak teratur dari suatu trend.

Apabila dalam deret berkala menunjukkan adanya trend maka datanya tidak disarankan untuk digunakan untuk beberapa analisis hidrologi, misalnya analisis peluang dan simulasi. Untuk deret berkala yang menunjukkan adanya trend maka analisis hidrologi harus mengikuti garis trend yang dihasilkan, misal analisa regresi dan *moving average* (rata-rata bergerak).

Analisa trend sendiri sebenarnya dapat digunakan untuk menentukan ada atau tidaknya perubahan dari variable hidrologi akibat pengaruh manusia atau faktor alam. Beberapa metode statistik yang dapat digunakan untuk menguji ketiadaan trend dalam deret berkala antara lain : Spearman Mann and Whitney Cox and Stuart. Dalam perencanaan ini, metode yang digunakan adalah metode Spearman. Karena metode Spearman dapat bekerja untuk satu jenis variabel hidrologi saja, dimana dalam hal ini adalah hujan tahunan atau curah hujan maksimum. Metode Spearman menggunakan sistem koefisien korelasi peringkat sebagai berikut :

$$KP = 1 - \frac{6 \sum_{n=1}^n (dt)^2}{n^3 - n}$$

$$t = KP \left[ \frac{n-2}{1-KP^2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Keterangan:

KP : koefisien korelasi peringkat dari spearman;

n : jumlah data;

dt :  $R_t - T_t$  ;

$T_t$  : peringkat dari waktu;

$R_t$  : peringkat dari variabel hidrologi dalam deret berkala;

t : nilai distribusi t, pada derajat kebebasan (n-2) untuk derajat kepercayaan tertentu (umumnya 5%).

Tabel 4. 6. Uji Ketiadaan Tren Tahunan Dengan Korelasi Peringkat Metode Spearman  
Stasiun Hujan Sumpit

No	Tahun	X	Peringkat		Peringkat Rt	dt	dt2
			Tahun	X			
1	2007	2125	2010	3,889.00	4	3	9
2	2008	1641	2011	2,868.00	5	3	9
3	2009	1488	2015	2,460.00	9	6	36
4	2010	3889	2007	2,124.50	1	-3	9
5	2011	2868	2016	1,727.00	10	5	25
6	2012	700	2008	1,641.00	2	-4	16
7	2013	1188	2014	1,608.00	8	1	1
8	2014	1608	2009	1,488.00	3	-5	25
9	2015	2460	2013	1,188.00	7	-2	4
10	2016	1727	2012	700.00	6	-4	16
Jumlah							150
n							10
Kp							0.0909
t							0.258
dk							
tc							
tc > t <sub>hitung</sub>							
OK							
Data Tidak Memiliki Trend, Berasal dari populasi yang sama							

Sumber : Analisa dan Perhitungan

#### 4.2.3. Uji Persistensi

Anggapan bahwa data berasal dari sampel acak harus diuji, yang umumnya merupakan persyaratan dalam analisis distribusi peluang. Persistensi (*Persistence*) adalah ketidak tergantungan dari setiap nilai dalam deret berkala. Untuk melaksanakan pengujian persistensi harus dihitung besarnya koefisien korelasi serial. Salah satu metode untuk menentukan koefisien korelasi serial adalah dengan metode Spearman. Koefisien korelasi serial metode Spearman dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$KS = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (d_i)^2}{m^3 - m}$$

$$t = KS \left[ \frac{m-2}{1-KS^2} \right]^{1/2}$$

Keterangan :

KS = koefisien korelasi serial

m = N - 1

N = jumlah data

d<sub>i</sub> = perbedaan nilai antara peringkat data ke X<sub>i</sub> dan ke X<sub>i+1</sub>



$t$  = nilai dari distribusi  $t$  pada derajat kebebasan  $m-2$  dan derajat kepercayaan tertentu (umumnya 5% ditolak, atau

Tabel 4. 7. Uji Persistensi Dengan Kolerasi Peringkat Metode Spearman Stasiun Hujan

Sumput

No	Tahun	X	Rerata	Simpangan
1	2007	2124.5		
2	2008	1641		
3	2009	1488		
4	2010	3889		
5	2011	2868	2402.10	989.93
6	2012	700		
7	2013	1188		
8	2014	1608		
9	2015	2460		
10	2016	1727	1536.60	1536.60

F	0.369
dk1	4 $\alpha$ 5 %
dk2	4
$F_{cr}$	3.18
$F_{hitung} < F_{cr}$ ,	Diterima, nilai variannya stabil

Sumber : Analisa dan Perhitungan

#### 4.3. ANALISA CURAH HUJAN RENCANA

Analisa curah hujan Rencana atau distribusi frekuensi ini dimaksudkan untuk mendapatkan besaran curah hujan rencana yang ditetapkan berdasarkan patokan perancangan tertentu. Untuk keperluan analisa ditetapkan curah hujan dengan periode ulang 5, 10, 20, 25, 50, 100, 200, 500 dan 1000 tahun.

Dalam studi ini analisa curah hujan rencana akan dilakukan dengan menggunakan metode E.J. Gumbel, Log Pearson Tipe III, Normal dan Log Normal. Untuk menetapkan metode mana yang dapat diterapkan, maka akan dipilih setelah dilakukan pengujian tingkat kesesuaiannya.

#### 4.3.1. Pemilihan Distribusi Frekuensi Curah Hujan

Maksud dari uji pemilihan distribusi frekuensi curah hujan ini adalah guna mengetahui jenis sebaran data curah hujan yang ada serta distribusi frekuensi yang sesuai guna perhitungan hujan rancangannya.

Sehubungan dengan uji sebaran/distribusi frekuensi curah hujan terdapat beberapa jenis sebaran/distribusi frekuensi yang umum kita ketahui antara lain : Normal, Log Normal, E.J. Gumbel Tipe I, Log Pearson III. Masing-masing jenis sebaran tersebut mempunyai sifat khas sebagai berikut :

- Distribusi Normal
  - $Cs \approx 0$
  - $Ck = 3$
- Distribusi Log Normal
  - $Cs = 3 \cdot Cv$
  - $Cs$  selalu positif
- Distribusi Gumbel
  - $Cs = 1,1396$
  - $Ck = 5,4002$
- Distribusi Log Pearson III
 

Tidak ada sifat khas. Distribusi ini bisa digunakan jika dari hasil pengujian, ternyata harga  $Cs$  dan  $Ck$  dari data yang diuji tidak sesuai dengan sifat-sifat khas sebaran jenis distribusi lainnya.

Guna pengujian jenis distribusi atau sebaran data, perlu dihitung harga-harga koefisien varian ( $Cv$ ), koefisien skewness ( $Cs$ ) dan koefisien kurtosis ( $Ck$ ) dengan rumus sebagai berikut:

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n Xi / n$$

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

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}}$$

$$Cs = \frac{n \times \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^3}{(n - 1) \times (n - 2) \times S^3}$$

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

Dimana :

$\bar{X}$  = rata-rata hitung

$X_i$  = data ke i (1,2,3, .....,n)

n = banyaknya data

S = deviasi standar

Cv = koefisien variasi

Cs = koefisien asimetri atau skewness

Ck = koefisien kurtosis

Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 8. Curah Hujan Maksimum DAS Pucang Indah Terurut

No	Tahun	Curah Hujan Max
1	2021	60.89
2	2018	66.22
3	2013	68.63
4	2015	77.03
5	2017	89.11
6	2019	89.42
7	2020	95.25
8	2014	97.11
9	2016	131.77
10	2022	131.86
Rerata (X)		90.73
Stand. Dev (S)		24.96
Koef. Kemencengan (Cs)		0.75
Koef. Kurtosis (Ck)		-0.33
Koef. Variasi (Cv)		0.28

Sumber: Analisa dan Perhitungan

Tabel 4. 9. Uji Pemilihan Distribusi Frekuensi DAS Pucang Indah

Distribusi Normal -0.05<Cs<0.05 2.7<Ck<3.3	Distribusi Log Normal Cs = 3.Cv Cs selalu Positif	Distribusi Gumbel CS>1.1395 Ck>5.4	Distribusi Log Pearson
-0.05<Cs<0.05 Tidak Memenuhi	Cs = 3.Cv Tidak Memenuhi	CS>1.1395 Tidak Memenuhi	Tidak Ada Batasan
2.7<Ck<3.3 Tidak Memenuhi	Cs selalu Positif Memenuhi	Ck>5.4 Tidak Memenuhi	Tidak Ada Batasan

Sumber : Harto, 1993:245

Berdasarkan analisa dan perhitungan pemilihan distribusi frekuensi, DAS Pucang Indah seperti pada tabel diatas yang sesuai dengan persyaratan adalah distribusi frekuensi metode Log Pearson Tipe III. Oleh karena itu yang digunakan untuk analisa curah hujan rencana adalah distribusi frekuensi metode Log Pearson Tipe III.

#### 4.4. ANALISA DISTRIBUSI FREKUENSI LOG PEARSON TIPE III

Metode yang dianjurkan dalam pemakaian distribusi Log Pearson ialah dengan mengkonversikan rangkaian datanya menjadi bentuk logaritmis. Bentuk kumulatif dari distribusi Log-Pearson Tipe III dengan nilai variatnya X apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik (*logarithmic probability paper*) akan merupakan model matematik persamaan garis lurus. Tahapan untuk menghitung hujan rancangan maksimum dengan metode Log-Pearson Tipe III adalah sebagai berikut (Suwarno, 1995: 142):

1. Hujan harian maksimum diubah dalam bentuk logaritma.
2. Menghitung harga logaritma rata-rata dengan rumus :

$$\overline{\text{Log}x} = \frac{\sum \text{Log}x_i}{n}$$

3. Menghitung harga simpangan baku dengan rumus :

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log}x_i - \overline{\text{Log}x})^2}{n-1}}$$

4. Menghitung harga koefisien asimetri dengan rumus :

$$C_s = \frac{n \sum (\text{Log}x_i - \overline{\text{Log}x})^3}{(n-1)(n-2)S_i^3}$$

5. Menghitung logaritma hujan rancangan dengan kala ulang tertentu dengan rumus:

$$\text{Log}X_T = \overline{\text{Log}x} + K.S_i$$

6. Menghitung antilog  $X_T$  untuk mendapatkan curah hujan rancangan dengan kala ulang tertentu.

Tabel 4. 10. Faktor Frekuensi Log Pearson Tipe III

Koefisien Skewness (Cs)	Kala Ulang													
	1.01	1.05	1.11	1.25	2	2.5	5	10	20	25	50	100	200	1000
	99	95	90	80	50	40	20	10	5	4	2	1	0.5	0.1
3.0	-0.667	-0.665	-0.660	-0.636	-0.396	-0.124	0.420	1.180	1.912	2.278	3.152	4.051	4.970	7.250
2.9	-0.690	-0.688	-0.681	-0.656	-0.390	-0.113	0.440	1.195	1.916	2.277	3.134	4.013	4.909	
2.8	-0.714	-0.711	-0.702	-0.666	-0.385	-0.103	0.460	1.210	1.920	2.275	3.114	3.973	4.847	
2.7	-0.740	-0.736	-0.724	-0.681	-0.376	-0.091	0.479	1.224	1.923	2.272	3.097	3.932	4.783	
2.6	-0.769	0.762	-0.747	-0.696	-0.368	-0.079	0.499	1.238	1.924	2.267	3.071	3.889	4.718	
2.5	-0.799	-0.790	-0.771	-0.711	-0.360	-0.067	0.518	1.250	1.925	2.262	3.048	3.845	4.652	6.600
2.4	-0.832	-0.819	-0.795	-0.725	-0.351	-0.055	0.537	1.262	1.925	2.256	3.023	3.800	4.584	
2.3	-0.867	-0.850	-0.819	-0.739	-0.341	-0.042	0.555	1.274	1.923	2.248	2.997	3.753	4.515	
2.2	-0.905	-0.882	-0.844	-0.752	-0.330	-0.029	0.574	1.284	1.921	2.240	2.970	3.705	4.454	6.200
2.1	-0.946	-0.914	-0.869	-0.765	-0.319	-0.015	0.592	1.294	1.918	2.230	2.942	3.656	4.372	
2.0	-0.990	-0.949	-0.895	-0.777	-0.307	-0.002	0.609	1.302	1.913	2.219	2.912	3.605	4.298	5.910
1.9	-1.037	-0.984	-0.920	-0.788	-0.294	0.013	0.627	1.310	1.908	2.207	2.881	3.553	4.223	
1.8	-1.087	-1.020	-0.945	-0.799	-0.282	0.026	0.643	1.318	1.901	2.193	2.848	3.499	4.147	5.660
1.7	-1.140	-1.056	-0.970	-0.808	-0.268	0.041	0.660	1.324	1.894	2.179	2.815	3.444	4.069	
1.6	-1.197	-1.093	-0.994	-0.817	-0.254	0.056	0.675	1.329	1.885	2.163	2.780	3.388	3.990	5.390
1.5	-1.256	-1.131	-1.018	-0.825	-0.240	0.070	0.690	1.333	1.875	2.146	2.743	3.330	3.910	
1.4	-1.318	-1.163	-1.041	-0.832	-0.225	0.085	0.705	1.337	1.864	2.128	2.706	3.271	3.828	5.110
1.3	-1.388	-1.206	-1.064	-0.838	-0.210	0.100	0.719	1.339	1.852	2.108	2.666	3.211	3.745	
1.2	-1.449	-1.243	-1.086	-0.844	-0.195	0.114	0.732	1.340	1.838	2.087	2.626	3.149	3.661	4.820
1.1	-1.518	-1.280	-1.107	-0.848	-0.180	0.128	0.745	1.341	1.824	2.066	2.585	3.087	3.575	
1.0	-1.588	-1.317	-1.128	-0.852	-0.164	0.143	0.758	1.340	1.809	2.043	2.542	3.022	3.489	4.540
0.9	-1.660	-1.353	-1.147	-0.854	-0.148	0.158	0.769	1.339	1.792	2.018	2.498	2.957	3.401	4.395
0.8	-1.733	-1.388	-1.166	-0.856	-0.123	0.178	0.780	1.336	1.774	1.993	2.453	2.891	3.312	4.250
0.7	-1.806	-1.423	-1.183	-0.857	-0.106	0.153	0.790	1.333	1.756	1.967	2.407	2.824	3.223	4.105
0.6	-1.880	-1.458	-1.200	-0.857	-0.099	0.201	0.800	1.328	1.735	1.939	2.359	2.755	3.132	3.960
0.5	-1.955	-1.491	-1.216	-0.856	-0.083	0.214	0.808	1.323	1.714	1.910	2.311	2.686	3.041	3.815
0.4	-2.029	-1.524	-1.231	-0.855	-0.066	0.228	0.816	1.317	1.692	1.880	2.261	2.615	2.949	3.670
0.3	-2.104	-1.555	-1.245	-0.853	-0.050	0.241	0.824	1.309	1.669	1.849	2.211	2.544	2.856	3.525
0.2	-2.175	-1.586	-1.258	-0.850	-0.033	0.255	0.830	1.301	1.646	1.818	2.159	2.472	2.763	3.380
0.1	-2.252	-1.616	-1.270	-0.846	-0.017	0.267	0.836	1.292	1.621	1.785	2.107	2.400	2.670	3.235
0.0	-2.326	-1.645	-1.282	-0.842	0.000	0.281	0.842	1.282	1.571	1.715	2.054	2.326	2.576	3.090
-0.1	-2.400	-1.673	-1.292	-0.842	0.017	0.293	0.846	1.270	1.567	1.716	2.000	2.252	2.484	3.950
-0.2	-2.472	-1.700	-1.301	-0.836	0.033	0.305	0.850	1.258	1.539	1.680	1.945	2.178	2.388	2.810
-0.3	-2.544	-1.726	-1.309	-0.830	0.050	0.318	0.853	1.245	1.510	1.643	1.890	2.104	2.294	2.675
-0.4	-2.615	-1.750	-1.317	-0.824	0.066	0.329	0.855	1.231	1.481	1.606	1.834	2.029	2.207	2.540
-0.5	-2.686	-1.774	-1.323	-0.816	0.083	0.341	0.856	1.216	1.450	1.567	1.777	1.955	2.108	2.400
-0.6	-2.755	-1.797	-1.328	-0.808	0.099	0.352	0.857	1.200	1.419	1.528	1.720	1.880	2.016	2.275
-0.7	-2.824	-1.819	-1.333	-0.800	0.116	0.363	0.857	1.183	1.386	1.488	1.663	1.806	1.926	2.150
-0.8	-2.891	-1.839	-1.336	-0.790	0.132	0.373	0.856	1.166	1.354	1.448	1.606	1.733	1.837	2.035
-0.9	-2.957	-1.858	-1.339	-0.780	0.148	0.383	0.854	1.147	1.320	1.407	1.549	1.660	1.749	1.910
-1.0	-3.022	-1.877	-1.340	-0.769	0.164	0.393	0.852	1.128	1.287	1.366	1.492	1.588	1.664	1.800
-1.1	-3.087	-1.894	-1.341	-0.758	0.180	0.403	0.848	1.107	1.252	1.324	1.435	1.518	1.581	
-1.2	-3.149	-1.910	-1.340	-0.745	0.195	0.411	0.844	1.086	1.217	1.282	1.379	1.449	1.501	1.625
-1.3	-3.211	-1.925	-1.339	-0.732	0.210	0.419	0.838	1.064	1.181	1.240	1.340	1.383	1.424	
-1.4	-3.271	-1.938	-1.337	-0.719	0.225	0.427	0.832	1.041	1.146	1.198	1.270	1.318	1.351	1.465
-1.5	-3.330	-1.951	-1.333	-0.705	0.240	0.434	0.823	1.018	1.111	1.157	1.217	1.256	1.282	
-1.6	-3.388	-1.962	-1.329	-0.690	0.254	0.442	0.817	0.994	1.075	1.116	1.166	1.197	1.216	1.280
-1.7	-3.440	-1.972	-1.324	-0.675	0.268	0.448	0.808	0.980	1.041	1.072	1.116	1.140	1.155	
-1.8	-3.499	-1.981	-1.318	-0.660	0.282	0.454	0.799	0.945	1.005	1.035	1.069	1.087	1.097	1.130
-1.9	-3.553	-1.989	-1.310	-0.643	0.294	0.459	0.788	0.920	0.969	0.993	1.023	1.037	1.044	
-2.0	-3.605	-1.996	-1.302	-0.627	0.307	0.464	0.777	0.895	0.938	0.959	0.980	0.990	0.995	1.000
-2.1	-3.656	-2.001	-1.294	-0.609	0.319	0.468	0.765	0.869	0.905	0.923	0.939	0.946	0.949	
-2.2	-3.705	-2.006	-1.284	-0.592	0.330	0.471	0.752	0.844	0.873	0.888	0.900	0.905	0.907	0.910
-2.3	-3.753	-2.009	-1.274	-0.574	0.341	0.474	0.739	0.819	0.843	0.855	0.864	0.867	0.869	
-2.4	-3.800	-2.011	-1.262	-0.555	0.351	0.484	0.750	0.795	0.814	0.823	0.830	0.832	0.833	
-2.5	-3.845	-2.012	-1.250	-0.537	0.360	0.477	0.711	0.771	0.786	0.793	0.798	0.799	0.800	0.802
-2.6	-3.889	-2.013	-1.238	-0.518	0.368	0.477	0.696	0.747	0.758	0.764	0.768	0.769	0.769	
-2.7	-3.932	-2.012	-1.224	-0.499	0.360	0.477	0.681	0.724	0.733	0.738	0.740	0.740	0.741	
-2.8	-3.973	-2.010	-1.210	-0.479	0.340	0.477	0.666	0.702	0.709	0.712	0.714	0.714	0.714	
-2.9	-4.013	-2.007	-1.195	-0.460	0.330	0.437	0.651	0.681	0.682	0.683	0.689	0.690	0.690	
-3.0	-4.051	-2.003	-1.180	-0.420	0.300	0.472	0.636	0.660	0.664	0.666	0.666	0.667	0.667	0.668

Sumber : Soemarto, CD, 1987 : 246

Untuk perhitungan distribusi frekuensi metode Log Pearson III pada DAS Pucang Indah dapat dilihat pada tabel-tabel sebagai berikut.

Tabel 4. 11. Perhitungan Curah Hujan Rencana (Distribusi Log Pearson Tipe III)

No.	Tahun	Xi (mm)	P (%)	Log Xi	Log Xi-Log X	(Log Xi-Log X) <sup>3</sup>
1	2021	61	9.091	1.785	-0.159	-0.004025
2	2018	66	18.182	1.821	-0.123	-0.001844
3	2013	69	27.273	1.837	-0.107	-0.001228
4	2015	77	36.364	1.887	-0.057	-0.000184
5	2017	89	45.455	1.950	0.006	0.000000
6	2019	89	54.545	1.951	0.008	0.000000
7	2020	95	63.636	1.979	0.035	0.000044
8	2014	97	72.727	1.987	0.044	0.000083
9	2016	132	81.818	2.120	0.176	0.005470
10	2022	132	90.909	2.120	0.177	0.005500
Jumlah		907.29		19.436		
Rerata		90.73		1.944		
Stand. Dev		24.96		0.116		

Sumber : Perhitungan

Tabel 4. 12. Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana dengan Berbagai Kala Ulang (Distribusi Log Pearson Tipe III)

No	Tr (tahun)	R rata-rata (Log)	Std Deviasi (log)	Kemencengan (Cs)	Peluang (%)	K	Curah Hujan Rancangan	
							Log	mm
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
1	1	1.944	0.116	0.342	49.000	-2.072	1.704	50.559
2	2	1.944	0.116	0.342	50.000	-0.057	1.937	86.506
3	5	1.944	0.116	0.342	20.000	0.821	2.039	109.287
4	10	1.944	0.116	0.342	10.000	1.312	2.095	124.585
5	20	1.944	0.116	0.342	5.000	1.679	2.138	137.362
6	25	1.944	0.116	0.342	4.000	1.862	2.159	144.233
7	50	1.944	0.116	0.342	2.000	2.232	2.202	159.176
8	100	1.944	0.116	0.342	1.000	2.574	2.241	174.353
9	200	1.944	0.116	0.342	0.500	2.895	2.279	189.933
10	1000	1.944	0.116	0.342	0.100	3.586	2.359	228.316

Sumber : Perhitungan

Keterangan :

[1] = Nomor

[2] = Kala Ulang

[3] =  $(\text{SlogXi})/n$

[4] =  $((\text{S}(\overline{\text{LogXi}}-\text{LogX}))/((n-1))^{0.5}$

[5] =  $(n \cdot \text{S}(\overline{\text{LogXi}}-\text{LogX})^3)/((n-1)(n-2)(\overline{\text{SLogX}})^3)$

[6] =  $(1/\text{Tr}) * 100$

[7] = tabel faktor sifat distribusi log person III

berdasarkan nilai Cs dan peluang atau kala ulang

[8] =  $\overline{\text{LogX}} + K \cdot \overline{\text{SLogX}}$

[9] = antilog dari LogX

#### 4.5. UJI KESESUAIAN DISTRIBUSI

##### 4.5.1. Uji secara horisontal dengan Smirnov Kolmogorov

Uji ini digunakan untuk menguji simpangan horisontal yaitu selisih/ simpangan maksimum antara distribusi teoritis dan empiris ( $D_{maks}$ ) dimana dihitung dengan persamaan :

$$D_{maks} = [ S_n - P_x ]$$

dimana :

$D_{maks}$  = selisih data probabilitas teoritis dan empiris

$S_n$  = peluang teoritis

$P_x$  = peluang empiris

Kemudian dibandingkan antara  $D_{maks}$  dan  $D_{cr}$ . Apabila  $D_{maks} < D_{cr}$ , maka pemilihan metode frekuensi tersebut dapat diterapkan untuk data yang ada.

Langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Data hujan diurutkan dari kecil ke besar
2. Menghitung  $S_n(x)$  dengan rumus Weibull sebagai berikut:

$$S_n = m/(n-1)*100\%$$

dimana :

$P$  = probabilitas (%)

$m$  = nomor urut data dari seri yang diurutkan

$n$  = banyaknya data

3. Menghitung probabilitas terjadi ( $P_r$ )

Untuk perhitungan uji smirnov – kolmogorov distribusi Log Pearson Tipe III DAS Pucang Indah dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. 13. Perhitungan Uji Smirnov - Kolmogorov Distribusi Log Pearson Tipe III

No	Xi (mm)	Log Xi	Pe	K	Pr	Pt	D (Pt-Pe)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
1	61	1.785	0.091	-1.375	0.922	0.078	0.013
2	66	1.821	0.182	-1.060	0.870	0.130	0.052
3	69	1.837	0.273	-0.926	0.819	0.181	0.091
4	77	1.887	0.364	-0.492	0.706	0.294	0.070
5	89	1.950	0.455	0.055	0.458	0.542	0.087
6	89	1.951	0.545	0.068	0.453	0.547	0.001
7	95	1.979	0.636	0.305	0.364	0.636	0.000
8	97	1.987	0.727	0.377	0.352	0.648	0.079
9	132	2.120	0.818	1.523	-0.040	1.040	0.222
10	132	2.120	0.909	1.525	-0.041	1.041	0.132
Jumlah		19.436				D max =	0.222
Rerata(LogX)		1.944					
Std. Dev(SLogX)		0.116					
Cs		0.342					

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

[1] = Nomor

[2] = Data

[3] = Log Xi

[4] =  $[1]/[n+1]$

dimana, n = jumlah data

[5] =  $(\text{LogXi} - \overline{\text{LogX}}) / \text{SlogX}$

[6] = (Interpolasi berdasarkan nilai Cs dan K)/100

[7] =  $1 - [6]$

[8] =  $[7] - [4]$

Dari perhitungan didapat Dmax = 0.22

Dari tabel x didapat D kritis (dengan N = 20) maka ;

**Tabel Keputusan Uji Smirnov Kolmogorof**

a	Dkritis	Dmax	Ket
0.2	0.320	0.222	diterima
0.1	0.370	0.222	diterima
0.05	0.410	0.222	diterima
0.01	0.490	0.222	diterima

karena Dkritis > Dmax maka distribusi yang digunakan

**Dapat Diterima**



#### 4.5.2. Uji secara vertikal dengan Chi Square

Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$(X^2)_{hit} = \frac{\sum_{i=1}^K (EF - OF)^2}{EF}$$

$$EF = n/K$$

Jumlah kelas distribusi dihitung dengan persamaan sbb :

$$K = 1 + 3,22 \log n$$

dimana :

OF = nilai yang diamati (*observed frequency*)

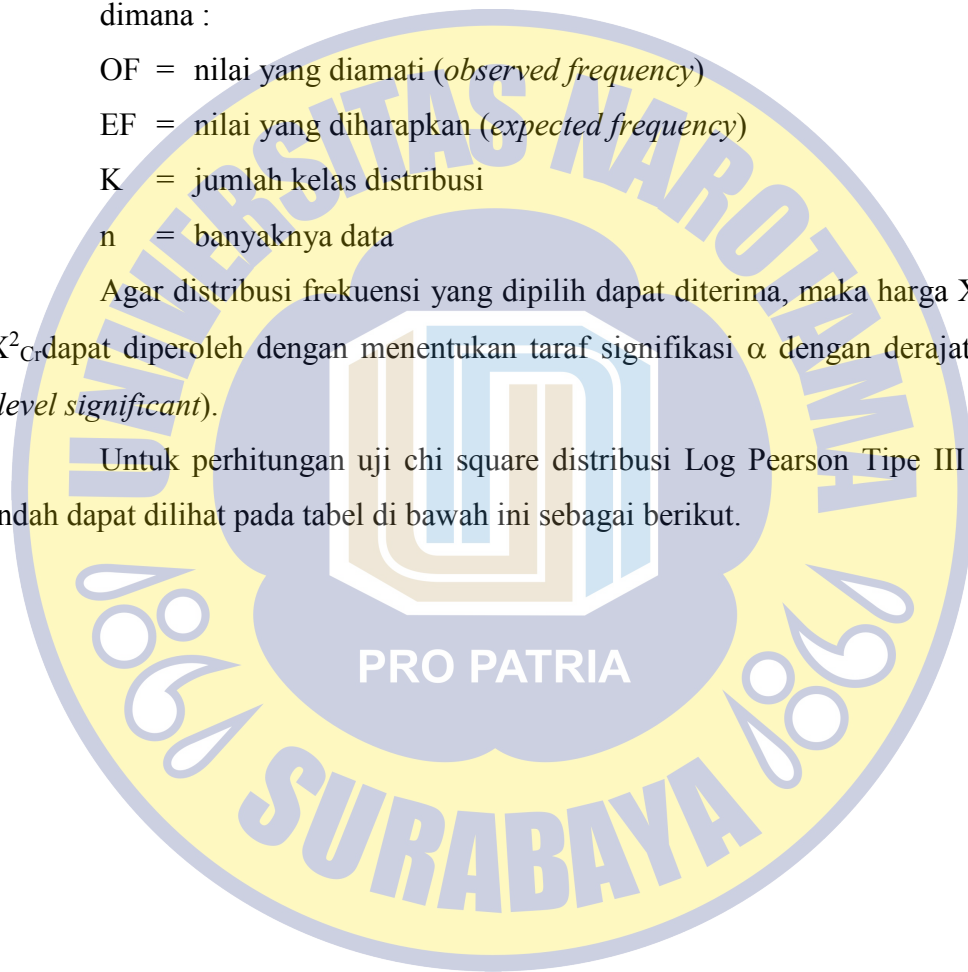
EF = nilai yang diharapkan (*expected frequency*)

K = jumlah kelas distribusi

n = banyaknya data

Agar distribusi frekuensi yang dipilih dapat diterima, maka harga  $X^2 < X^2_{Cr}$ , harga  $X^2_{Cr}$  dapat diperoleh dengan menentukan taraf signifikansi  $\alpha$  dengan derajat kebebasannya (*level significant*).

Untuk perhitungan uji chi square distribusi Log Pearson Tipe III DAS Puccang Indah dapat dilihat pada tabel di bawah ini sebagai berikut.



Tabel 4. 14. Perhitungan Uji Chi Square Distribusi Log Pearson Tipe III

Persamaan Log Person :  $\text{Log } X = \bar{\text{Log}} X + K \cdot \text{Slog} X$   
 Dari persamaan Struges  $G = 1 + 3,322 \text{ Log } n$ , maka  
 Pembagian Sub Group sebanyak = 5  
 Interval peluang = 0.200

Uji Chi Square Distribusi Log Pearson Tipe III

No.	Pr	K	Log X	X	Batas Kelas	O <sub>i</sub>	E <sub>i</sub>	(O <sub>i</sub> -E <sub>i</sub> ) <sup>2</sup> /E <sub>i</sub>
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
1	80	-0.854	1.845	69.954	$X \leq 69.954$	3	2.00	0.50
2	60	-0.322	1.906	80.594	$69.954 < X < 80.594$	1	2.00	0.50
3	40	0.236	1.971	93.516	$80.594 < X < 93.516$	2	2.00	0.00
4	20	0.821	2.039	109.287	$93.516 < X < 109.287$	2	2.00	0.00
5					$X \geq 109.287$	2	2.00	0.00
<b>Jumlah</b>						<b>10</b>	<b>10</b>	<b>1.00</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

[1] = Nomor

[2] = Probabilitas yang terjadi

[3] = interpolasi berdasarkan nilai Pr dan Cs

[4] =  $\text{Log } X + G \cdot \text{Slog} X$

[5] = antilog [4]

[6] = batas kelas sesuai dengan nilai X

[7] = jumlah data sesuai dengan batas kelas

[8] =  $\sum O_i/n$ , dimana n = jumlah subgrup

[9] =  $([7]-[8])^2/[8]$

Jumlah sebaran kelas :

$$G = 1 + 3,322 \log n = 1 + 3,322 \log 15 = 5$$

$$dk = k - (P + 1) = 5 - (2+1) = 2$$

$$\text{Untuk } \alpha = 5\% \text{ maka } X^2 \text{ tabel} = 5.991$$

$$X^2 \text{ hitung} = 1.00$$

maka  $X^2 \text{ hitung} < X^2 \text{ tabel}$ , artinya Distribusi sesuai

#### 4.6. ANALISA DEBIT BANJIR RENCANA

Pada studi ini perhitungan hidrograf debit banjir rencanamenggunakan metode hidrograf satuan sintetik. Metode hidrograf satuan sintetis adalah metoda yang populer digunakan dan memainkan peranan penting dalam banyak perencanaan di bidang sumber daya air khususnya dalam analisis debit banjir DAS yang tidak terukur. Metode ini sederhana, karena hanya membutuhkan data-data karakteristik DAS seperti luas DAS dan panjang sungai dan dalam beberapa kasus dapat juga mencakup karakteristik lahan digunakan. Oleh karena itu, metode ini merupakan alat yang berguna untuk mensimulasikan aliran dari DAS tidak terukur dan daerah aliran sungai yang mengalami perubahan penggunaan lahan. Dalam studi ini dilakukan

## 4.7. DISTRIBUSI HUJAN

### 4.7.1. Distribusi Hujan Jam-Jaman Metode Mononobe

Untuk menghitung hidrograf banjir rancangan dengan hidrograf satuan tertentu perlu diketahui terlebih dahulu distribusi curah hujan jam-jaman dengan interval tertentu. Prosentase distribusi hujan yang terjadi dihitung dengan rumus Mononobe sebagai berikut (Sosrodarsono, 1989 : 38) :

$$R_T = \frac{R_{24}}{t} \left( \frac{t}{T} \right)^{2/3}$$

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

dimana :

$R_T$  = curah hujan rancangan (mm/jam)

$R_t$  = intensitas curah hujan dalam T jam (mm/jam)

T = waktu mulai hujan hingga jam ke T (jam)

$R_{24}$  = curah hujan efektif dalam 24 jam (mm)

t = waktu konsentrasi hujan (jam)

Distribusi hujan (agihan hujan) jam-jaman ditetapkan dengan cara pengamatan langsung terhadap data pencatatan hujan jam-jaman pada stasiun yang paling berpengaruh pada DPS. Bila tidak ada maka bisa menirukan perilaku hujan jam-jaman yang mirip dengan daerah setempat pada garis lintang yang sama. Distribusi tersebut diperoleh dengan pengelompokan tinggi hujan ke dalam range dengan tinggi tertentu.

Dari data yang telah disusun dalam *range* tinggi hujan tersebut dipilih distribusi tinggi hujan rancangan dengan berdasarkan analisis frekuensi dan frekuensi kemunculan tertinggi pada distribusi hujan jam-jaman tertentu. Selanjutnya prosentase hujan tiap jam terhadap tinggi hujan total pada distribusi hujan yang ditetapkan. Dari hasil analisis ini ditetapkan hujan jam-jaman di lokasi perencanaan yaitu untuk studi ini dipilih distribusi 6 jam yang didistribusikan dengan cara Mononobe. Besar rasio sebaran hujan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

### **Koefisien Pengaliran Rata-rata**

Bila pada suatu DAS terdapat bermacam-macam tataguna lahan, maka penentuan nilai C yaitu menggunakan nilai rata-rata yaitu menggunakan koefisien pengaliran rata-rata (majemuk).

$$C = \frac{A_1 \cdot C_1 + A_2 \cdot C_2 + A_3 \cdot C_3 + \dots + A_n \cdot C_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}$$

Dimana :

$C_n$  = koefisien limpasan pada lahan  $A_n$ .

$A_n$  = luasan lahan ke n

Penting untuk memperhatikan perubahan tataguna lahan di masa yang akan datang untuk nilai C yang berbeda.

Tabel 4. 15. Koefisien Pengaliran Rata-rata (C)

Tata Guna Lahan	Keterangan	C
Perumputan	Tanah Pasir, Datar 2 %	0.05 – 0.10
	Tanah Pasir, 2 – 7 %	0.10 – 0.15
	Tanah Pasir, Curam 7 %	0.15 – 0.20
	Tanah Gemuk, Datar 2 %	0.13 – 0.17
	Tanah Gemuk, 2 – 7 %	0.18 – 0.22
	Tanah Gemuk, Curam 7 %	0.25 – 0.35
Perumahan	Single Family	0.30 – 0.50
	Multi Unit, Terpisah-pisah	0.40 – 0.60
	Multi Unit, Tertutup	0.60 – 0.75
	Rumah Apartemen	0.50 – 0.70
Industri	Ringan	0.50 – 0.80
	Berat	0.60 – 0.90
Pertamanan		0.10 – 0.25

### **Curah Hujan Netto Jam-Jaman**

Hujan netto adalah bagian total yang menghasilkan limpasan langsung (*direct runoff*), yang terdiri dari limpasan permukaan dan limpasan bawah permukaan. Dengan menganggap bahwa proses transformasi hujan menjadi limpasan langsung mengikuti proses linier dan tidak berubah oleh waktu (*linier and time invariant process*), maka hujan netto  $R_n$  dinyatakan sebagai berikut :

$$R_n = C \times R$$

dimana :

$R_n$  = hujan netto

$C$  = koefisien pengaliran

$R$  = intensitas curah hujan

#### 4.8. ANALISA DEBIT BANJIR RENCANA

Karena tidak tersedianya data banjir di lokasi , maka untuk perhitungan hidrograf banjir digunakan hidrograf satuan sintetik. Dalam studi ini dilakukan perhitungan debit banjir rancangan dengan metode Rasional.

##### 4.8.1. METODE RASIONAL ( $DAS \leq 300$ ha)

Untuk mencari debit rencana digunakan beberapa metode diantaranya hubungan empiris antara curah hujan dengan limpasan. Metode ini paling banyak dikembangkan sehingga didapat beberapa persamaan

$$S = \left( \frac{H}{L} \right)$$

Persamaan 1

$$tc = 0,0195 * H^{0,77} * S^{-0,385}$$

Persamaan 2

$$I = \frac{R}{24} * \left( \frac{24}{tc} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Persamaan 3

$$Q = \frac{C * I * A}{3,6}$$

Persamaan 4

dimana :

$Q$  : Debit air periode ulang tertentu (m<sup>3</sup>/detik)

$C$  : Koefisien Aliran

$I$  : Intensitas hujan (mm/jam)

$A$  : Luas daerah Aliran sungai (km<sup>2</sup>)

$Tc$  : Waktu konsentrasi (jam)

$R$  : Hujan harian (mm)

$L$  : Panjang sungai utama

$V$  : Kecepatan perjalanan banjir

$H$  : Beda tinggi antara titik tertinggi DAS dan titik peninjauan.

(Ir. Suyono Sosrodarsono, Hidrologi Untuk Pengairan)

Koefisien Aliran (C) tergantung dari beberapa faktor, antara lain : jenis tanah, kemiringan, luas dan bentuk Aliran sungai. Sedangkan besarnya nilai koefisien Aliran dapat dihitung dengan rumus :

$$C_{\text{gab}} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i C_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

dimana :

A<sub>i</sub> : Prosentase (%) luasan lahan

C<sub>i</sub> : Koefisien aliran dari masing-masing tata guna lahan

Tabel 4. 16. Koefisien Aliran

Kondisi Daerah Aliran	Koefisien Aliran (C)
Rerumputan	0,05 - 0,35
Bisnis	0,50 - 0,95
Perumahan	0,25 - 0,75
Industri	0,50 - 0,90
Pertamanan	0,10 - 0,25
Tempat bermain	0,20 - 0,35
Daerah pegunungan berlereng terjal	0,75 - 0,90
Daerah perbukitan	0,70 - 0,80
Tanah bergelombang dan bersemak-semak	0,50 - 0,75
Tanah dataran yang digarap	0,45 - 0,65
Persawahan irigasi	0,70 - 0,80
Sungai di daerah pegunungan	0,75 - 0,85
Sungai kecil di dataran	0,45 - 0,75
Sungai yang besar dengan wilayah Aliran lebih dari seperduanya terdiri dari dataran	0,50 - 0,75

(Ir. Joesron Loebis, M.Eng, Banjir Rencana Untuk Bangunan Air)

Tabel 4. 17. Perhitungan Analisa Banjir Metode Rasional

No	Nama Sistem Drainase	Luas (A)	Luas (A)	Panjang Saluran	Elevasi Saluran		Koefisien Pengaliran (C)	Jarak Limpasan (Lo)	Koefisien Hambatan (nd)	Kemiringan Medan (S)	V	to	td	tc	tc	Hujan Rancangan	Mononobe	Debit Rasional
		m <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>		m	Up						Down	m/det	menit	menit	menit	jam	mm
1	Cathment Area 1	24192	0.024	1733.05	10.156	9.856	0.95	5	0.02	0.00017	0.6	16.62	17.33	33.95	0.57	124.58	63.13	0.40
2	Cathment Area 2	27882	0.028	1462	10.355	10.055	0.95	5	0.02	0.00021	0.6	15.26	14.62	29.88	0.50	124.58	68.74	0.51
3	Cathment Area 3	11039	0.011	679.7	10.483	10.183	0.95	5	0.02	0.00044	0.6	10.41	6.80	17.21	0.29	124.58	99.32	0.29
4	Cathment Area 4	16514	0.017	1233.77	10.521	10.221	0.95	5	0.02	0.00024	0.6	14.02	12.34	26.36	0.44	124.58	74.74	0.33

Sumber: Hasil Perhitungan

Setelah didapatkan nilai debit banjir rasional maka dilanjutkan dengan perhitungan air limbah rumah tangga dengan rumus : Jumlah penduduk x Debit buangan air (m<sup>3</sup>/det). (diasumsikan satu penduduk menghabiskan 70% kapasitas dari tandon ukuran 570 liter dalam satu hari)

Tabel 4. 18. Perhitungan Analisa Debit Air Limbah

No.	Nama Sistem Drainase	Panjang Saluran (km)	Luas Catchment Area (km <sup>2</sup> )	Jumlah Penduduk (Orang)	Qair limbah (m <sup>3</sup> /det)
<b>DAS PUCANG INDAH</b>					
1	Cathment Area 1	0.185	0.0242	584.000	0.002697
2	Cathment Area 2	0.127	0.0279	84.000	0.000388
3	Cathment Area 3	0.151	0.0110	40.000	0.000185
4	Cathment Area 4	0.190	0.0165	59.000	0.000272

Sumber: Hasil Perhitungan

Setelah didapatkan nilai debit banjir rasional dan debit air limbah maka nilai keduanya ditambahkan agar mendapatkan nilai debit banjir rencana.

Tabel 4. 19. Perhitungan Rekapitulasi Debit Rencana

No.	Nama Sistem Drainase	Debit Banjir (m <sup>3</sup> /det)	Qair limbah (m <sup>3</sup> /det)	Qrencana total (m <sup>3</sup> /det)
1	Cathment Area 1	0.40	0.002697	0.406
2	Cathment Area 2	0.51	0.000388	0.507
3	Cathment Area 3	0.29	0.000185	0.290
4	Cathment Area 4	0.33	0.000272	0.326
Total Debit (m <sup>3</sup> /det)				1.529

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.9. Pengecekan Kapasitas Saluran Eksesting

Setelah mendapatkan nilai besaran debit rencana maka kita dapat melakukan pengecekan kapasitas saluran eksesting yang ada. Dengan melakukan pengecekan ini kita dapat mengetahui apakah saluran eksesting yang ada mampu menampung debit rencana yang ada. Pengecekan saluran eksesting yang adad apay dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 20. Kapasitas Saluran Eksesting

No.	Nama Sistem Drainase	Panjang Saluran (m)	Kemiringan Dasar Saluran I (%)	Qrencana Total (m <sup>3</sup> /dt)	Kocfisien Manning (n)	Dimensi Saluran Eksesting (m)		Luas Profil Basah A (m <sup>2</sup> )	Keliling Basah P (m)	Jari-jari Hidrolis R (m)	Kecepatan Aliran V (m/dt)	Debit Rencana Saluran Qt (m <sup>3</sup> /dt.)	Cek Kapasitas Saluran
						B	H						
1	Cathment Area 1	1733.05	0.0002	0.406	0.013	0.60	0.20	0.120	1.000	0.120	0.284	0.034	Melimpas
2	Cathment Area 2	1462	0.0003	0.507	0.013	0.60	0.20	0.120	1.000	0.120	0.310	0.037	Melimpas
3	Cathment Area 3	679.7	0.0006	0.290	0.013	0.60	0.20	0.120	1.000	0.120	0.454	0.054	Melimpas
4	Cathment Area 4	1233.77	0.0003	0.326	0.013	0.60	0.20	0.120	1.000	0.120	0.337	0.040	Melimpas

Sumber: Hasil Perhitungan



Dari hasil perhitungan kapasitas pada saluran eksesting dengan debit rencana didapatkan hasil bahwa kapasitas saluran eksesting tidak mampu menampung debit rancangan yang telah direncanakan. Maka perlu dilakukan penentuan kapasitas saluran baru agar mampu menampung debit rancangan yang ada.

#### 4.10. Desain Kapasitas Saluran Rencana

Berdasarkan pengecekan kapasitas saluran eksesting yang ada diperlukan desain saluran baru agar mampu menampung debit rancangan yang ada. Perhitungan desain kapasitas saluran dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 21. Desain Kapasitas Saluran Rencana

No.	Nama Sistem Drainase	Nama Saluran	Panjang Saluran (m)	Kemiringan Dasar Saluran I (%)	Qrencana Total (m <sup>3</sup> /dt)	Bentuk Saluran	Bahan Saluran	Koefisien Manning (n)	Coba - Coba Dimensi Saluran (m)		Luas Profil Basah A (m <sup>2</sup> )	Keliling Basah P (m)	Jari-jari Hidrolis R (m)	Kecepatan Aliran V (m/dt)	Cek Kecepatan minimum = 0,6-1 m/dt	Froude number	Debit Rencana Saluran Qt (m <sup>3</sup> /dt)	Ruang Bebas Saluran (0,3 - 1,2 m)	Cek Debit Rencana Saluran	Tinggi Muka Air (m)	
									B	H											
1	Cathment Area 1	Saluran Sekunder 1	169	0.0018	0.406	Segiempat	Beton	0.013	0.80	1.00	0.800	2.800	0.286	1.406	Oke	0.449	Sub-Kritis	1.125	0.639	Oke	0.361
2	Cathment Area 2	Saluran Sekunder 2	147	0.0020	0.507	Segiempat	Beton	0.013	0.80	1.00	0.800	2.800	0.286	1.507	Oke	0.482	Sub-Kritis	1.206	0.580	Oke	0.420
3	Cathment Area 3	Saluran Sekunder 3	119	0.0025	0.290	Segiempat	Beton	0.013	0.80	1.00	0.800	2.800	0.286	1.675	Oke	0.535	Sub-Kritis	1.340	0.784	Oke	0.216
4	Cathment Area 4	Saluran Sekunder 4	139	0.0022	0.326	Segiempat	Beton	0.013	0.80	1.00	0.800	2.800	0.286	1.550	Oke	0.495	Sub-Kritis	1.240	0.737	Oke	0.263
5	Total	Saluran Primer	192	0.0016	1.529	Segiempat	Beton	0.013	1.50	1.50	2.250	4.500	0.500	1.915	Oke	0.500	Sub-Kritis	4.310	0.968	Oke	0.532

Sumber: Hasil Perhitungan

Setelah dilakukan perhitungan kapasitas tampungan saluran dengan B (lebar saluran) dan H (tinggi saluran) coba coba maka didapatkan ukuran saluran sebagai berikut:

- Saluran Sekunder 1 dengan ukuran saluran rencana 80 x 100 dengan Panjang saluran 169 meter
- Saluran Sekunder 2 dengan ukuran saluran rencana 80 x 100 dengan Panjang saluran 147 meter
- Saluran Sekunder 3 dengan ukuran saluran rencana 80 x 100 dengan Panjang saluran 119 meter
- Saluran Sekunder 4 dengan ukuran saluran rencana 80 x 100 dengan Panjang saluran 139meter
- Saluran Primer dengan ukuran saluran rencana 150 x 150 dengan Panjang saluran 192 meter

#### 4.11 Tampungan Untuk Mereduksi Banjir

Sebagai alternative penanggulangan banjir di perumahan Pucang Indah, pendekatan dengan penggunaan tampungan dari limpasan banjir yang ada dapat dipertimbangkan. Adapun data-data yang didapat adalah sebagai berikut :

- Debit banjir rencana sebesar 1,529 m<sup>3</sup>/detik
- Debit saluran eksisting sebesar 0,165 m<sup>3</sup>/detik
- Lahan fasum yang tersedia 20 m x 160 m = 3200 m<sup>2</sup>
- Kedalaman tampungan rencana adalah 3 m

Tampungan ini akan mampu mereduksi banjir yang terjadi di wilayah Perumahan Pucang Indah, akan tetapi tidak akan mampu mengatasi apabila hujan rencana yang terjadi secara terus menerus. Oleh sebab itu dibutuhkan simulasi tampungan dengan system dinamik agar mampu melihat seberapa efektifnya tampungan untuk mereduksi banjir yang terjadi.

#### 4.12 Model Simulasi Tampungan Menggunakan Sistem Dinamik

Sistem Dinamik adalah pendekatan berbantuan komputer untuk analisis dan desain kebijakan. Ini berlaku untuk masalah-masalah dinamis yang timbul dalam sistem ekologis yang kompleks. Secara harfiah setiap sistem dinamik yang dicirikan oleh saling ketergantungan, interaksi timbal balik, umpan balik, dan kausalitas sirkuler.

Pendekatan ini dimulai dengan mendefinisikan masalah secara dinamik, mulai melalui pemetaan dan tahap pemodelan, hingga langkah-langkah untuk membangun kepercayaan terhadap model dan implikasi kebijakannya.

Secara matematis, struktur dasar model simulasi komputer Sistem Dinamik formal adalah sistem persamaan diferensial (atau integral) orde satu yang digabungkan, tidak linier. Simulasi sistem seperti itu mudah dilakukan dengan mempartisi waktu simulasi menjadi interval diskrit panjang  $dt$  dan melangkah sistem melalui waktu satu  $dt$  pada suatu waktu.

Secara konseptual, konsep umpan balik adalah inti dari pendekatan Sistem Dinamik. Diagram loop umpan balik informasi dan kausalitas melingkar adalah alat untuk konseptualisasi struktur sistem yang kompleks dan untuk mengkomunikasikan wawasan berbasis model.

- Rencana saluran primer (outlet dari tampungan) 80 cm x 100 cm menghasilkan debit sebesar 1,34 M<sup>3</sup>/detik
- Debit Banjir Rencana sebesar 1,53 M<sup>3</sup>/detik

Tabel 4. 22. Kondisi Apabila Hujan Terjadi Dalam Kurun Waktu 24 Jam

## PERHITUNGAN SIMULASI TAMPUNGAN

Luas Tampung = 3.200      ribu m<sup>2</sup>  
 Volume Tampung = 9.600      ribu m<sup>3</sup>  
 Jam Hujan = 24.00      jam

Jam	S awal	Elevasi	A Tampung	Hujan			Limbah			Volume Masuk	Output			Volume Keluar	S akhir	Ket.
	ribu m3	m	ribu m2	m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /jam	ribu m3	m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /jam	ribu m3	ribu m3	m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /jam	ribu m3	ribu m3	ribu m3	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	0.00	0.00	0.00	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	0.79	Aman
2	0.79	0.00	0.00	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	1.58	Aman
3	1.58	0.61	0.00	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	2.36	Aman
4	2.36	1.45	0.48	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	3.15	Aman
5	3.15	2.29	1.38	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	3.94	Aman
6	3.94	3.13	2.28	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	4.73	Aman
7	4.73	3.97	3.17	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	5.51	Aman
8	5.51	4.82	4.07	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	6.30	Aman
9	6.30	5.66	4.97	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	7.09	Aman
10	7.09	6.50	5.86	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	7.88	Aman
11	7.88	7.34	6.76	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	8.67	Aman
12	8.67	8.18	7.65	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	9.45	Aman
13	9.45	9.02	8.55	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	10.24	Banjir
14	10.24	9.86	9.45	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	11.03	Banjir
15	11.03	10.70	10.34	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	11.82	Banjir
16	11.82	11.54	11.24	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	12.60	Banjir
17	12.60	12.38	12.14	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	13.39	Banjir
18	13.39	13.22	13.03	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	14.18	Banjir
19	14.18	14.06	13.93	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	14.97	Banjir
20	14.97	14.90	14.82	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	15.75	Banjir
21	15.75	15.74	15.72	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	16.54	Banjir
22	16.54	16.58	16.62	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	17.33	Banjir
23	17.33	17.42	17.51	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	18.12	Banjir
24	18.12	18.26	18.41	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	18.91	Banjir

Tabel 4. 23. Kondisi Apabila Hujan Terjadi Dalam Kurun Waktu 12 Jam

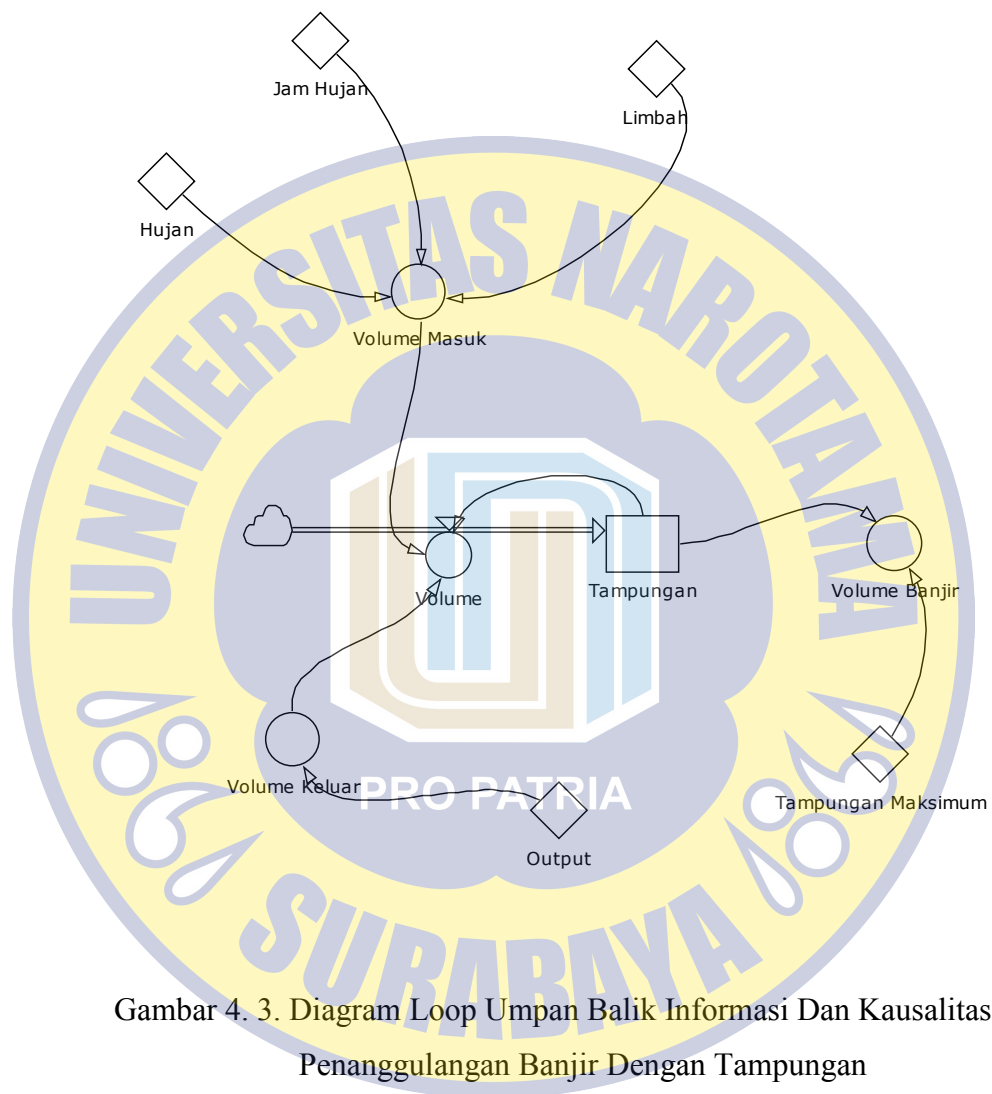
## PERHITUNGAN SIMULASI TAMPUNGAN

Luas Tampungan = 3.200      ribu m<sup>2</sup>  
 Volume Tampungan = 9.600      ribu m<sup>3</sup>  
 Jam Hujan = 12.00      jam

Jam	S awal	Elevasi	A Tampungan	Hujan			Limbah			Volume Masuk	Output			Volume Keluar	S akhir	Ket.
	ribu m3	m	ribu m2	m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /jam	ribu m3	m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /jam	ribu m3	ribu m3	m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /jam	ribu m3	ribu m3	ribu m3	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	0.00	0.00	0.00	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	0.79	Aman
2	0.79	0.00	0.00	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	1.58	Aman
3	1.58	0.61	0.00	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	2.36	Aman
4	2.36	1.45	0.48	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	3.15	Aman
5	3.15	2.29	1.38	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	3.94	Aman
6	3.94	3.13	2.28	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	4.73	Aman
7	4.73	3.97	3.17	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	5.51	Aman
8	5.51	4.82	4.07	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	6.30	Aman
9	6.30	5.66	4.97	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	7.09	Aman
10	7.09	6.50	5.86	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	7.88	Aman
11	7.88	7.34	6.76	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	8.67	Aman
12	8.67	8.18	7.65	1.53	5,511.60	5.51	0.03	100.13	0.10	5.61	1.34	4,824.00	4.82	4.82	9.45	Aman
13	9.45	9.02	8.55		0.00	0.00	0.03	100.13	0.10	0.10	1.34	4,824.00	4.82	4.82	4.73	Aman
14	4.73	3.98	3.18		0.00	0.00	0.03	100.13	0.10	0.10	1.34	4,824.00	4.82	4.82	0.01	Aman
15	0.01	0.00	0.00		0.00	0.00	0.03	100.13	0.10	0.10	0.03	118.41	0.12	0.12	0.00	Aman
16	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.03	100.13	0.10	0.10	0.03	100.13	0.10	0.10	0.00	Aman
17	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.03	100.13	0.10	0.10	0.03	100.13	0.10	0.10	0.00	Aman
18	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.03	100.13	0.10	0.10	0.03	100.13	0.10	0.10	0.00	Aman
19	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.03	100.13	0.10	0.10	0.03	100.13	0.10	0.10	0.00	Aman
20	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.03	100.13	0.10	0.10	0.03	100.13	0.10	0.10	0.00	Aman
21	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.03	100.13	0.10	0.10	0.03	100.13	0.10	0.10	0.00	Aman
22	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.03	100.13	0.10	0.10	0.03	100.13	0.10	0.10	0.00	Aman
23	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.03	100.13	0.10	0.10	0.03	100.13	0.10	0.10	0.00	Aman
24	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.03	100.13	0.10	0.10	0.03	100.13	0.10	0.10	0.00	Aman

#### 4.13 HASIL APLIKASI DINAMIK

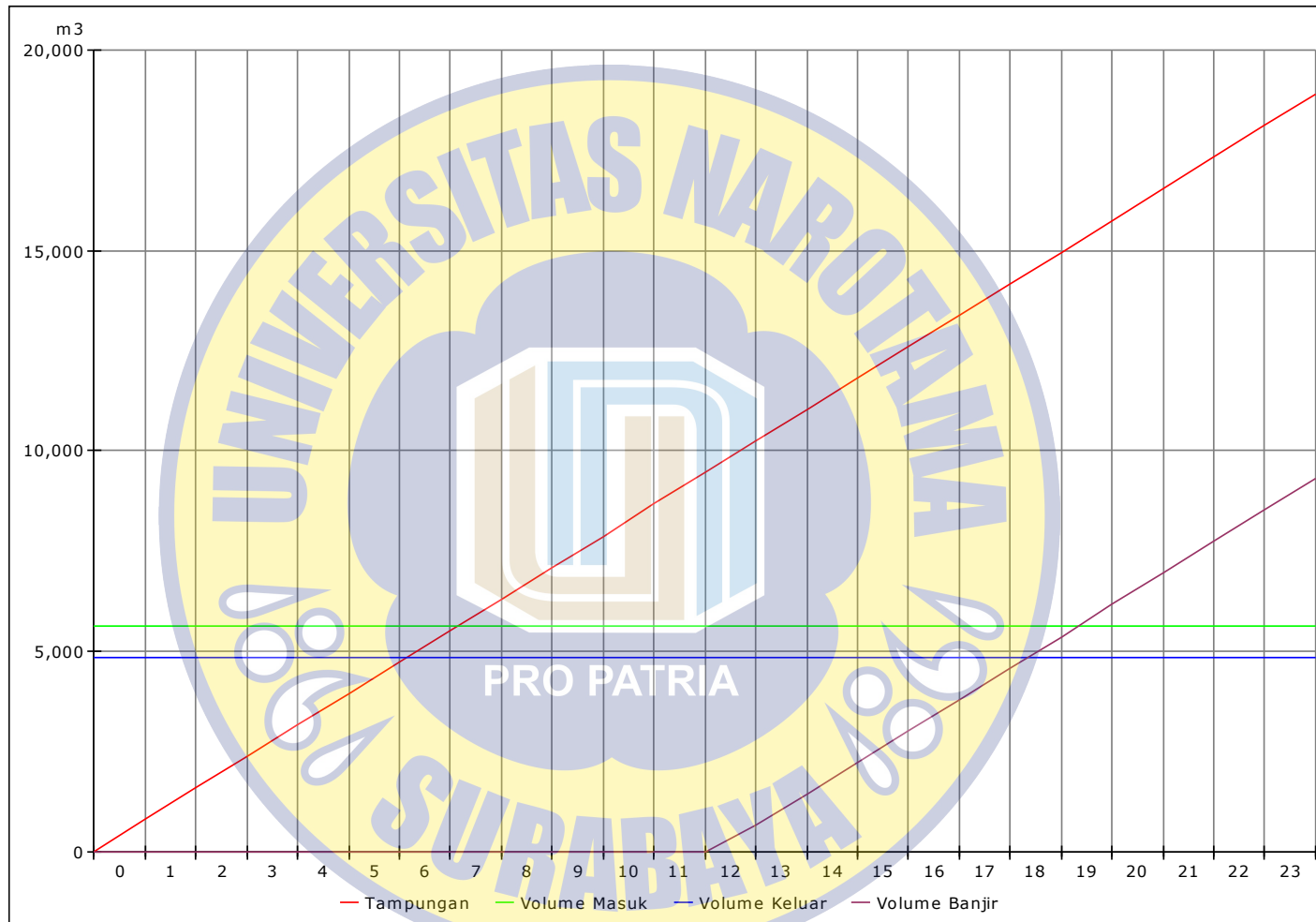
Menggunakan aplikasi POWERSIM 10



Gambar 4. 3. Diagram Loop Umpan Balik Informasi Dan Kausalitas Melingkar Penanggulangan Banjir Dengan Tampungannya

Tabel 4. 24. Kondisi Tampungan Apabila Terjadi Hujan Dalam Kurun 24 Jam

<b>Simulasi Tampungan</b>				
Jam	Volume Masuk	Volume Keluar	Tampungan	Volume Banjir
0	5,611.73	4,824.00	0.00	0.00
1	5,611.73	4,824.00	787.73	0.00
2	5,611.73	4,824.00	1,575.46	0.00
3	5,611.73	4,824.00	2,363.19	0.00
4	5,611.73	4,824.00	3,150.92	0.00
5	5,611.73	4,824.00	3,938.65	0.00
6	5,611.73	4,824.00	4,726.38	0.00
7	5,611.73	4,824.00	5,514.11	0.00
8	5,611.73	4,824.00	6,301.84	0.00
9	5,611.73	4,824.00	7,089.57	0.00
10	5,611.73	4,824.00	7,877.30	0.00
11	5,611.73	4,824.00	8,665.03	0.00
12	5,611.73	4,824.00	9,452.76	0.00
13	5,611.73	4,824.00	10,240.49	640.49
14	5,611.73	4,824.00	11,028.22	1,428.22
15	5,611.73	4,824.00	11,815.95	2,215.95
16	5,611.73	4,824.00	12,603.68	3,003.68
17	5,611.73	4,824.00	13,391.41	3,791.41
18	5,611.73	4,824.00	14,179.14	4,579.14
19	5,611.73	4,824.00	14,966.87	5,366.87
20	5,611.73	4,824.00	15,754.60	6,154.60
21	5,611.73	4,824.00	16,542.33	6,942.33
22	5,611.73	4,824.00	17,330.06	7,730.06
23	5,611.73	4,824.00	18,117.79	8,517.79
24	5,611.73	4,824.00	18,905.52	9,305.52

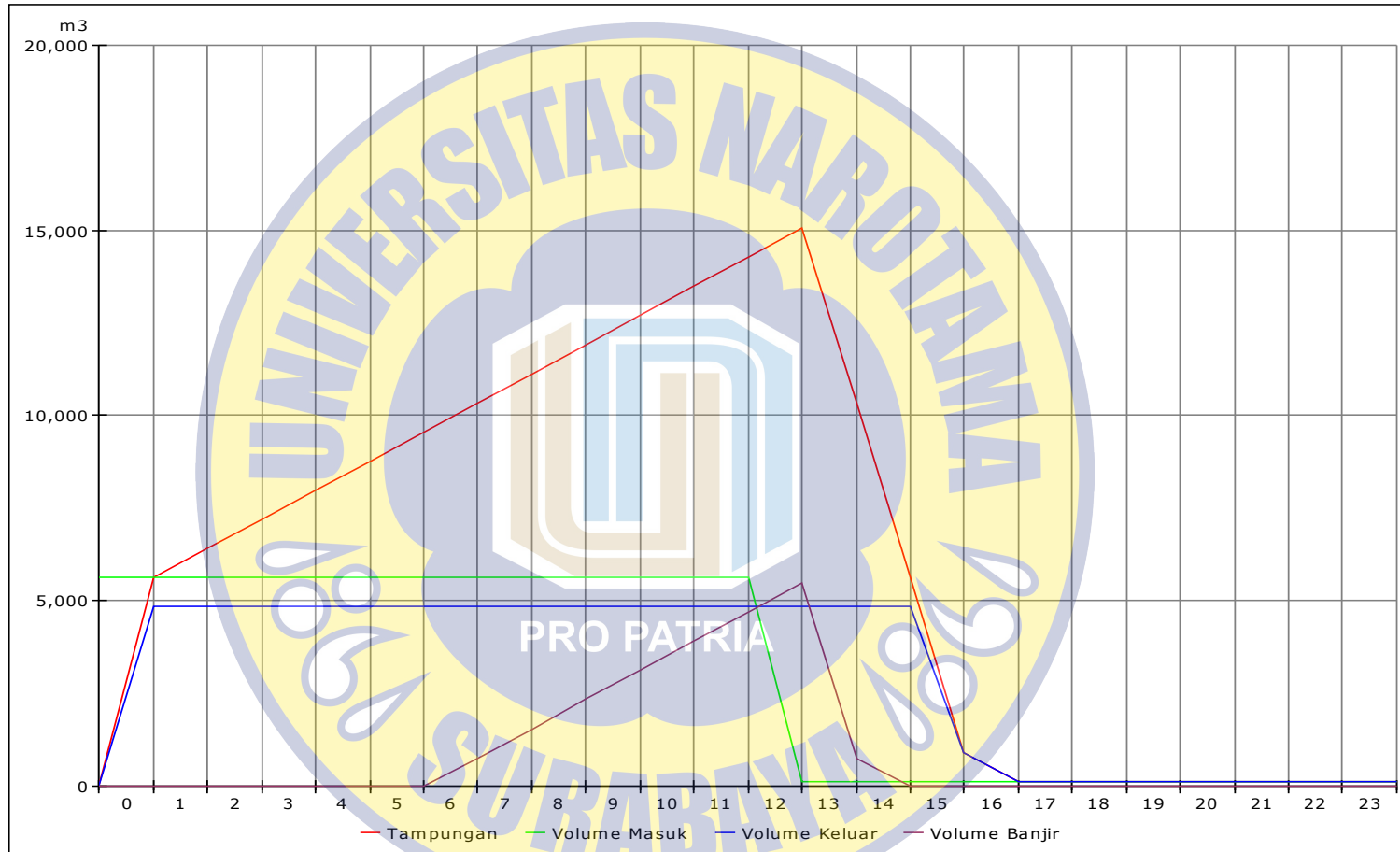


Gambar 4. 4. Model Simulasi Tampungan Apabila Terjadi Hujan Dalam Kurun 24 Jam

Tabel 4. 25. Kondisi Tampunguan Apabila Terjadi Hujan Dalam Kurun 12 Jam

<b>Simulasi Tampunguan</b>				
Jam	Volume Masuk	Volume Keluar	Tampunguan	Volume Banjir
0	5,611.73	0.00	0.00	0.00
1	5,611.73	4,824.00	5,611.73	0.00
2	5,611.73	4,824.00	6,399.46	0.00
3	5,611.73	4,824.00	7,187.19	0.00
4	5,611.73	4,824.00	7,974.92	0.00
5	5,611.73	4,824.00	8,762.65	0.00
6	5,611.73	4,824.00	9,550.38	0.00
7	5,611.73	4,824.00	10,338.11	738.11
8	5,611.73	4,824.00	11,125.84	1,525.84
9	5,611.73	4,824.00	11,913.57	2,313.57
10	5,611.73	4,824.00	12,701.30	3,101.30
11	5,611.73	4,824.00	13,489.03	3,889.03
12	5,611.73	4,824.00	14,276.76	4,676.76
13	100.13	4,824.00	15,064.49	5,464.49
14	100.13	4,824.00	10,340.62	740.62
15	100.13	4,824.00	5,616.75	0.00
16	100.13	892.88	892.88	0.00
17	100.13	100.13	100.13	0.00
18	100.13	100.13	100.13	0.00
19	100.13	100.13	100.13	0.00
20	100.13	100.13	100.13	0.00
21	100.13	100.13	100.13	0.00
22	100.13	100.13	100.13	0.00
23	100.13	100.13	100.13	0.00
24	100.13	100.13	100.13	0.00





Gambar 4. 5. Model Simulasi Tampungan Apabila Terjadi Hujan Dalam Kurun 12 Jam