

## BAB IV

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Daerah Pematusan (*Sub Catchment*) Kertomenanggal

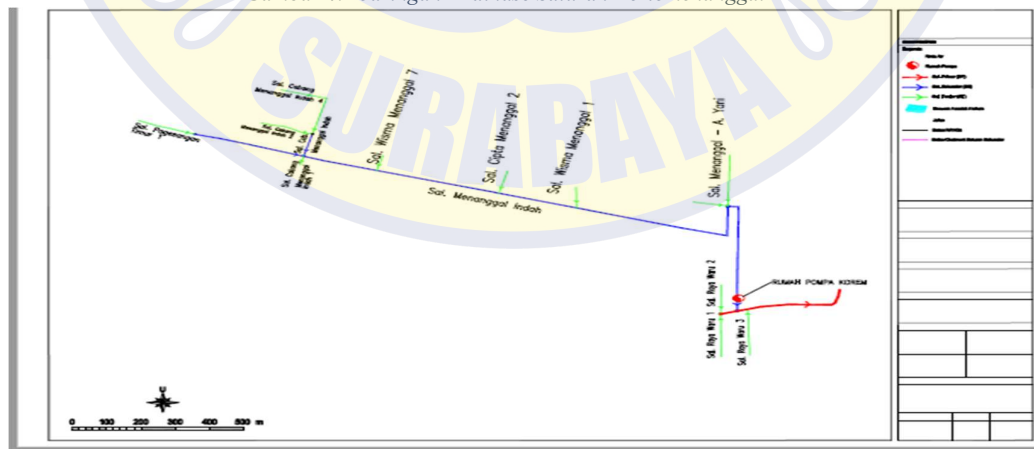
Saluran sekunder Kertomenanggal adalah saluran yang melintas dari hulu saluran Pemasangan Timur 1 menuju ke hilir Saluran Primer Saluran Perbatasan Surabaya - Sidoarjo sepanjang 2,68 km, pada musim penghujan sering terjadi genangan di *catchment area* Saluran Kertomenanggal hal ini yang menyebabkan terganggunya aktifitas penduduk.

Gambar 4.1Peta Lokasi Saluran Kertomenanggal



(Sumber : Google Maps) diakses : 2 Juli 2021

Gambar 4.2 Jaringan Drainase Saluran Kertomenanggal



Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan pematusan

## 4.2. Analisa Curah Hujan

### 4.2.1. Curah Hujan Maksimum

Analisis curah hujan memerlukan data curah hujan dalam kurun waktu tertentu. Dalam analisis semakin banyak seri data yang digunakan maka semakin kecil kesalahan dalam analisis. Analisis curah hujan juga membutuhkan stasiun pembanding yang berguna dalam uji konsistensi. Data yang digunakan harus bisa menggambarkan pola/trend hujan daerah penelitian. Data yang digunakan berkisar dari tahun 2011 hingga tahun 2020, data diambil dalam kurun waktu 10 tahun terakhir.

Metode yang digunakan dalam perhitungan hujan daerah harian maksimum adalah metode rata-rata aljabar (*Arithmetic main methode*). Pada metode ini tinggi rata-rata curah hujan didapatkan dengan mengambil harga rata-rata hitung dari penakar-penakar hujan dalam area yang diamati. Adapun data Curah Hujan yang didapat:

Tabel 4.3 Data Curah Hujan

tahun	Curah hujan Maksimum (mm)	
	STA Kebon Agung	Rata2
2011	179,0	179,0
2012	120,0	120,0
2013	209,0	209,0
2014	220,0	220,0
2015	168,0	168,0
2016	248,0	248,0
2017	177,0	177,0
2018	486,0	486,0
2019	182,0	182,0
2020	220,0	220,0
$\sum R =$	2209,0	

Sumber : Kecamatan Gayungan dalam Angka 2011-2020

Dalam analisa curah Hujan yang didapat, didapat jumlah Nilai Rata-rata Hujan Maksimum pada 10 tahun terakhir merupakan 2209. Nilai tersebut akan digunakan serta dianalisa untuk menentukan distribusi Curah Hujan dengan beberapa parameter.

Dengan metode aritmatik didapat:

$$\begin{aligned} R &= \frac{2209}{10} \\ &= 220,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi curah hujan rata-rata pada daerah penelitian adalah sebesar 220,9 mm.

#### 4.3 Parameter Metode Normal, Gumbel dan Log Pearson III

Dalam analisa curah Hujan didapat nilai R yang akan digunakan dalam perhitungan metode distribusi, sehingga didapat parameter dalam perhitungan metode normal dan Gumbel:

Tabel .4.4 Tabel Parameter Metode Normal dan Gumbel

No	Tahun	R maks	X -Xbar	(X-Xbar) <sup>2</sup>	(X - Xbar) <sup>3</sup>	(X - Xbar) <sup>4</sup>
1	2011	179,0	-41,90	1755,61	-73560,06	3082166,47
2	2012	120	-100,90	10180,81	-1027243,73	103648892,26
3	2013	209	-11,90	141,61	-1685,16	20053,39
4	2014	220	-0,90	0,81	-0,73	0,66
5	2015	168	-52,90	2798,41	-148035,89	7831098,53
6	2016	248	27,10	734,41	19902,51	539358,05
7	2017	177	-43,90	1927,21	-84604,52	3714138,38
8	2018	486	265,10	70278,01	18630700,45	4938998689,56
9	2019	182	-38,90	1513,21	-58863,87	2289804,50
10	2020	220	-0,90	0,81	-0,73	0,66
	jumlah	2209	-	89330,90	17256608,28	5060124202,46
	R rata-rata	220,9				

Sumber : hasil perhitungan

Dengan nilai curah hujan maksimum rata-rata pada subbab sebelumnya dilakukan analisa perhitungan untuk mendapatkan parameter nilai dalam Metode Normal dan Metode Gumbel dan didapat nilai R Rata-rata dari hasil perhitungan 220,9.

Tabel. 4.5 Parameter Log Pearson III

No	tahun	X	Log X	Log Xi - Log Xrt	(Log Xi - Log Xrt) <sup>2</sup>	(Log Xi - Log Xrt) <sup>3</sup>	(Log Xi - Log Xrt) <sup>4</sup>
1	2011	179	2,2529	-0,0623	0,0039	-0,0002	0,0000
2	2012	120	2,0792	-0,2360	0,0557	-0,0131	0,0031
3	2013	209	2,3201	0,0050	0,0000	0,0000	0,0000
4	2014	220	2,3424	0,0273	0,0007	0,0000	0,0000
5	2015	168	2,2253	-0,0898	0,0081	-0,0007	0,0001
6	2016	248	2,3945	0,0793	0,0063	0,0005	0,0000
7	2017	177	2,2480	-0,0672	0,0045	-0,0003	0,0000
8	2018	486	2,6866	0,3715	0,1380	0,0513	0,0190
9	2019	182	2,2601	-0,0551	0,0030	-0,0002	0,0000
10	2020	220	2,3424	0,0273	0,0007	0,0000	0,0000
Jumlah		2209	23,1515	0,0000	0,2210	0,0372	0,0223
R rata-rata		220,9	2,3151				

Sumber : hasil perhitungan

Setelah didapat nilai-nilai tersebut maka dilakukan pencarian parameter Dispersi untuk menentukan sebaran yang akan digunakan, dengan perhitungan didapat Dispersi Parameter:

Tabel.1.6 Tabel Parameter Dispersi

No	Dispersi	Hasil Dispersi
		Parameter Statistik
1	Sd	99,63
2	Cs	2,42
3	Ck	10,19
4	Cv	0,45

Sumber : hasil perhitungan

Dari nilai parameter diatas sehingga dapat ditentukan metode yang akan digunakan dengan pemenuhan syarat-syarat yang telah ditentukan. Sehingga didapat hasil perhitungan sesuai pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Tabel Pemenuhan Syarat untuk Metode yang digunakan

No	Jenis Sebaran	Hasil perhitungan	Syarat	Keterangan
1	Normal	Cs= 2,42	Cs ≈ 0	Tidak Memenuhi
		Ck= 10,19	Cs ≈ 3	
2	Log Normal	Cs= 2,42	Cs = Cv <sup>2</sup> + 3Cv	Tidak Memenuhi
		Ck= 10,19	Ck=5,383	
		Cv= 0,45	Cv≈0,06	
3	Log Pearson Type III	Cs= 2,42	Cs ≠ 0	Memenuhi
		Ck= 10,19		
		Cv= 0,45		
4	Gumbel	Cs= 2,42	Cs ≤ 1,1396	Tidak Memenuhi
		Ck= 10,19	Ck ≤ 5,4002	

#### 4.4 Analisa Jenis Sebaran

##### 4.4.1 Metode Normal

Adapun analisa dengan menggunakan Metode Normal adalah sebagai berikut:

$$X_T = \bar{X} + K_T Sd$$

Dimana:

- X<sub>t</sub> = Besarnya curah hujan dengan periode ulang T tahun
- $\bar{X}$  = Curah Hujan Rata-rata
- Sd = Standart Deviasi Curah Hujan harian maksimum
- K<sub>t</sub> = Nilai Reduksi Gauss variabel standart periode t tahun
- X<sub>t</sub> = Nilai Curah Hujan pada Periode tertentu

Tabel.4.8 Metode Distribusi Normal - Nilai Variabel Reduksi Gauss

No	Periode Ulang (T) Tahun	Peluang	Kt
1	1,001	0,999	-3,05
2	1,250	0,800	-0,84
3	1,670	0,600	-0,25
4	2,500	0,400	-0,25
5	2,000	0,500	0
6	5,000	0,200	0,84
7	10,000	0,100	1,28
8	20,000	0,050	1,64
9	50,000	0,020	2,05
10	100,000	0,010	2,33

Sumber : hasil perhitungan

Sehingga didapat:

Tabel 4. 9 Hasil Perhitungan Metode Normal

No	Periode	X	S	k	Xt
1	2	220,90	99,6276	0	220,9000
2	5	220,90	99,6276	0,84	304,5872
3	10	220,90	99,6276	1,28	348,4233
4	20	220,90	99,6276	1,64	384,2892
5	25	220,90	99,6276	1,708	391,0639
6	50	220,90	99,6276	2,05	425,1365
7	100	220,90	99,6276	2,33	453,0323

Sumber : hasil perhitungan

#### 4.4. 2 Metode Gumbel

Dikarenakan memenuhi persyaratan untuk dilakukan uji metode, dengan nilai  $Y_n = 0,4952$  dan  $S_n = 0,9496$  yang diambil dari Tabel Nilai  $Y_n$  dan  $S_n$ , maka adapun rumus yang digunakan untuk melakukan perhitungan Metode Gumbel :

$$X_T = \bar{X} + \frac{Sd}{S_n} (Y_T - Y_n)$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

dimana :

- $X_t$  = nilai hujan rencana dengan data ukur T tahun.
- $\bar{X}$  = nilai rata - rata hujan
- $Sd$  = standar deviasi (simpangan baku)
- $Y_T$  = nilai reduksi variat (reduced variate) dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang T tahun, dapat dilihat pada Tabel 1
- $Y_n$  = nilai rata-rata dari reduksi variat (reduce mean) nilainya tergantung dari jumlah data (n), dapat dilihat pada Tabel 2
- $S_n$  = deviasi standar dari reduksi variat (reduced standart deviation) nilainya tergantung dari jumlah data (n)

Dengan parameter data  $n = 10$ , maka didapat nilai,  $Y_t$ ,  $Y_n$ , dan  $S_n$  adalah:

Tabel 4.10 Nilai Reduksi Variat ( $Y_t$ )

Periode Ulang (Tahun)	Reduced Variate
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
20	2,9606
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001

Sumber : hasil perhitungan

Tabel 4.11 Nilai rata-rata dari reduksi variat ( $Y_n$ )

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,495	0,499	0,503	0,507	0,510	0,512	0,515	0,518	0,520	0,522

Sumber : hasil perhitungan

Tabel 4.12 Tabel Deviasi Standar dari Reduksi Variat ( $S_n$ )

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,949	0,967	0,983	0,997	1,009	1,020	1,0316	1,041	1,049	1,056

Sumber : hasil perhitungan

Sehingga didapat,

Tabel 4.13 Tabel nilai hujan rencana dengan data ukur T tahun ( $X_t$ )

No	Periode	X	S	$Y_t$	$Y_n$	$S_n$	$X_t$
1	2	220,9000	99,6276	0,3665	0,4952	0,9496	207,3974
2	5	220,9000	99,6276	1,4999	0,4952	0,9496	326,3084
3	10	220,9000	99,6276	2,2502	0,4952	0,9496	405,0264
4	20	220,9000	99,6276	2,9702	0,4952	0,9496	480,5654
5	25	220,9000	99,6276	3,1985	0,4952	0,9496	504,5176
6	50	220,9000	99,6276	3,9019	0,4952	0,9496	578,3150
7	100	220,9000	99,6276	4,6001	0,4952	0,9496	651,5669

Sumber : hasil perhitungan

#### 4.4.3 Metode Log Pearson III

Salah satu distribusi dari serangkaian distribusi yang dikembangkan Person yang menjadi perhatian ahli sumberdaya air adalah Log Person Tipe III. Tiga parameter penting dalam Log Person Tipe III, yaitu :

$$Y = \bar{Y} + K . S$$

$$\text{Log}(X_T) = \overline{\text{Log}(x)} + K . Sd$$

$$\overline{\text{Log}(X)} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log}(x_i)}{n}$$

Dimana:

Y = Log (XT) = Nilai Curah Hujan periode ulang T tahun

X = Data curah hujan

Y =  $\overline{\text{Log}(x)}$  = Nilai rata curah hujan logaritmik

K = Karakteristik distribusi Log Pearson Tipe III (Tabel 4)

n = Jumlah data hujan

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log}(x) - \overline{\text{Log}(x)})^2}{n - 1}}$$

Sd = Standar Deviasi

$$Cs = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log}(x) - \overline{\text{Log}(x)})^3}{(n - 1)(n - 2)Sd^3}}$$

Cs = Koefisien Skewnes/ Koefisien Kemencengan

Sehingga didapat hasil seperti pada tabel 12

Tabel 4.14 Tabel Nilai Curah Hujan periode ulang T tahun

No	Periode	Peluang	S LogX	Log Xrt	Cs	k	Log Xt	Xt
1	2	50	0,1567	2,3151	1,34	-0,116	2,2970	198,1
2	5	20	0,1567	2,3151	1,34	0,79	2,4389	274,7
3	10	10	0,1567	2,3151	1,34	1,3333	2,5241	334,2
4	20	5	0,1567	2,3151	1,34	1,3333	2,5241	334,2
5	25	4	0,1567	2,3151	1,34	1,967	2,6234	420,1
6	50	2	0,1567	2,3151	1,34	2,407	2,6923	492,4
7	100	1	0,1567	2,3151	1,34	2,824	2,7577	572,3

Sumber : hasil perhitungan



Setelah membandingkan dengan 3 metode, maka didapat hasil seperti pada tabel 13

Tabel 4.15 Tabel perbandingan 3 metode

Periode (th)	Gumbel Tipe I	Log Person Tipe III	Normal
2	207,3974	198,1390	220,9000
5	326,3084	274,7494	304,5872
10	405,0264	334,2488	348,4233
20	480,5654	334,2488	384,2892
25	504,5176	420,1150	391,0639
50	578,3150	492,3960	425,1365
100	651,5669	572,3436	453,0323

Sumber : hasil perhitungan

#### 4.5 Uji Kecocokan Distribusi

Uji kecocokan distribusi ini dimaksudkan untuk mengetahui kebenaran hipotesa distribusi dari sampel data yang telah dianalisa sehingga jika kedua analisis Chi Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov dibandingkan memiliki penyimpangan yang sama dengan distribusi dari teorinya atau penyimpangan yang terjadi masih memungkinkan jika dibandingkan dengan penyimpangan kritis yang masih dalam batas diizinkan.

Uji kecocokan distribusi dengan metode Chi-Kuadrat untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari sampel data yang telah dianalisis, sehingga data curah hujan yang dianalisis dengan metode yang dilakukan berpeluang homogen atau tersebar tidak merata. Tahapan pemeriksaan uji kecocokan distribusi dengan metode Chi- Kuadrat sebagai berikut:

Tabel 4.16 Tabel  $x$  dan  $\log x$

No	tahun	X	Log X
8	2018	486	2,686636269
6	2016	248	2,394451681
4	2014	220	2,342422681
10	2020	220	2,342422681
3	2013	209	2,320146286
9	2019	182	2,260071388
1	2011	179	2,252853031
7	2017	177	2,247973266
5	2015	168	2,225309282
2	2012	120	2,079181246

Sumber : hasil perhitungan

$$\begin{aligned}
 G &= 1 + 3,322 \cdot \log n \\
 &= 1 + 3,322 \cdot \log 10 \\
 &= 4,322 \text{ dibulatkan menjadi } 4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta X &= \frac{(X \text{ max} - X \text{ Min})}{G - 1} \\
 \Delta X &= \frac{(2,686636269 - 2,079181246)}{4 - 1} \\
 \Delta X &= 0,202485008
 \end{aligned}$$

Sehingga didapat,  
 $X \text{ awal} = X \text{ min} - 0,5\Delta$

Tabel 4.17 Uji Sebaran Chi Kuadrat

No	Kemungkinan			Jumlah Data		$(O_i - E_i)^2$	$((O_i - E_i)^2)/E_i$
				E <sub>i</sub>	O <sub>i</sub>		
1	1,9779	< X <	2,1804	1	2	1	1,0000
2	2,1804	< X <	2,3829	7	5	4	0,5714
3	2,3829	< X <	2,5854	1	2	1	1,0000
4	2,5854	< X <	2,7879	1	1	0	0,0000
5	2,7879	< X <	2,9904	0	0	0	0,0000
	Jumlah			10			2,5714

Sumber : hasil perhitungan

Menghitung derajat kebebasan (Dk)

$$Dk = G - R - 1 = 4 - 2 - 1 = 1$$

Dengan derajat kebebasan 1 dan peluang sebesar 5%, sehingga nilai kritis yang didapat adalah 3,841, dan Persyaratan agar distribusi Log pearson type III dapat diterima apabila : chi kuadrat < chi kuadrat teoritis , sehingga didapatkan perhitungan  $2,5714 < 3,841$  dan dapat diterima.

Tabel 4.18 Curah Hujan Terpilih

Periode (th)	Log Person Tipe III
2	<b>198,1390</b>
5	274,7494
10	334,2488
20	334,2488
25	420,1150
50	492,3960
100	572,3436

Sumber : hasil perhitungan

#### 4.6 Analisa Intensitas Curah Hujan

Waktu konsentrasi DAS adalah waktu yang diperlukan oleh aliran air untuk bergerak dari titik jauh sepanjang daerah pengaliran ke titik tinjauan. Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan rumus :

$$tc = \left( \frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385}$$

Keterangan :

Tc = Waktu konsentrasi (jam)

L = Panjang Saluran (Km)

S = Kemiringan Saluran

$$tc = \left( \frac{0,87 \times 2,68^2}{1000 \times 0,0002} \right)^{0,385}$$

$$tc = \mathbf{3,485}$$

Intensitas curah hujan adalah curah hujan per satuan waktu. Setelah dilakukan pengujian chi-kuadrat maka periode ulang (2 tahun) yang dipakai log pearson III. Data curah hujan yang didapat dalam harian. Metode yang dipakai untuk mendapatkan data dalam 1-2 jam dapat menggunakan metode Mononobe dengan rumus :

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

Dimana :

R = Curah hujan rancangan setempat

t = lamanya curah hujan (jam)

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

$$I = \frac{220,9}{24} \left( \frac{24}{3,485} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I = 29,8830 \text{ mm / jam}$$

Maka didapat hasil perhitungan sesuai pada tabel dibawah ini

Tabel. 4.19 Tabel Curah Hujan Per jam

t (Jam)	R 24						
	R2	R5	R10	R20	R25	R50	R100
	198,139 0	274,7494	334,248 8	334,248 8	420,115 0	492,3960	572,3436
1	68,6910	95,2503	115,877 6	115,877 6	145,645 7	170,7042	198,4204
2	43,2726	60,0039	72,9983	72,9983	91,7511	107,5369	124,9970
3	33,0232	45,7916	55,7081	55,7081	70,0192	82,0660	95,3906
4	27,2600	37,8001	45,9860	45,9860	57,7995	67,7440	78,7432
5	23,4920	32,5751	39,6296	39,6296	49,8101	58,3800	67,8588
6	20,8033	28,8469	35,0939	35,0939	44,1093	51,6983	60,0923
7	18,7716	26,0296	31,6665	31,6665	39,8015	46,6493	54,2235
8	17,1727	23,8126	28,9694	28,9694	36,4114	42,6760	49,6051
9	15,8759	22,0143	26,7817	26,7817	33,6617	39,4532	45,8590
10	14,7990	20,5211	24,9651	24,9651	31,3784	36,7771	42,7484
11	13,8879	19,2577	23,4281	23,4281	29,4467	34,5130	40,1166
12	13,1053	18,1724	22,1078	22,1078	27,7871	32,5679	37,8558
13	12,4243	17,2281	20,9590	20,9590	26,3432	30,8756	35,8887
15	11,2938	15,6605	19,0519	19,0519	23,9462	28,0662	32,6231
16	10,8181	15,0010	18,2496	18,2496	22,9378	26,8842	31,2493
17	10,3896	14,4068	17,5267	17,5267	22,0292	25,8193	30,0115
18	10,0012	13,8681	16,8714	16,8714	21,2055	24,8540	28,8894
19	9,6471	13,3772	16,2741	16,2741	20,4548	23,9741	27,8666
20	9,3228	12,9275	15,7270	15,7270	19,7672	23,1681	26,9298
21	9,0244	12,5137	15,2237	15,2237	19,1345	22,4267	26,0679
22	8,7489	12,1316	14,7588	14,7588	18,5502	21,7418	25,2719
23	8,4934	11,7774	14,3278	14,3278	18,0086	21,1070	24,5340
24	8,2558	11,4479	13,9270	13,9270	17,5048	20,5165	23,8476

Sumber : hasil perhitungan

#### 4.7 Debit Rancangan (Q<sub>ah</sub>)

Untuk perhitungan debit rancangan berdasarkan air hujan (Q<sub>ah</sub>) pada ruas saluran terlebih dahulu dilakukan perhitungan terhadap beberapa variabel yaitu koefisien pengaliran, waktu konsentrasi dan Intensitas hujan.

Contoh perhitungan untuk ruas saluran Menanggal Indah 1 untuk T = 5 tahun:

- Nama sub catchment : saluran Menanggal Indah 1
- Nama saluran : System Saluran Kertomenanggal
- Luas catchment(A) : 1,39 km<sup>2</sup>
- Koefisien pengaliran (C) : untuk daerah Perkotaan = 0,7
- Koefisien hambatan (nd) : 0,02 (Permukaan licin dan kedap air)
- Kemiringan dasar saluran : 0,0002 (Referensi sumber Dinas PU)
- Panjang saluran (L) : 2680 m
- Intensitas curah Hujan : 41,4372 mm/jam

$$\begin{aligned} \text{Debit rancangan (Q}_{ah}\text{)} : Q &= \frac{1}{3,6} \cdot C \cdot I \cdot A \\ &= \frac{1}{3,6} \times 0,7 \times 41,4372 \times 1,39 \\ &= \mathbf{11,2085 \text{ m}^3/\text{det}} \end{aligned}$$

Jadi debit rancangan (Q<sub>ah</sub>) untuk ruas saluran Kertomenanggal kala ulang 5 tahun adalah sebesar 11,2085 m<sup>3</sup>/ det. Untuk perhitungan seluruh debit rancangan (Q<sub>ah</sub>) saluran drainase selengkapnya dapat pada tabel berikut:

Tabel. 4.20 Tabel debit rancangan (Q<sub>ah</sub>)

No	Periode Ulang	A	R24	L	H	C	t	I	Q
	tahun	km <sup>2</sup>	mm	km	km		jam	mm/jam	
1	2	1,39	198,1390	2,68	0,000654	0,7	3,4851	29,8830	8,0832
<b>2</b>	<b>5</b>	<b>1,39</b>	<b>274,7494</b>	<b>2,68</b>	<b>0,000654</b>	<b>0,7</b>	<b>3,4851</b>	<b>41,4372</b>	<b>11,2085</b>
3	10	1,39	334,2488	2,68	0,000654	0,7	3,4851	50,4108	13,6358
4	20	1,39	334,2488	2,68	0,000654	0,7	3,4851	50,4108	13,6358
5	25	1,39	420,1150	2,68	0,000654	0,7	3,4851	63,3610	17,1388
6	50	1,39	492,3960	2,68	0,000654	0,7	3,4851	74,2623	20,0875
7	100	1,39	572,3436	2,68	0,000654	0,7	3,4851	86,3199	23,3490

Sumber : hasil perhitungan

#### 4.8 Analisa Kapasitas Saluran dengan Debit Rancangan

*Full Bank Capacity Existing* adalah besarnya debit tampungan pada saluran sesuai dengan keadaan di lapangan. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan penampang saluran untuk menampunglimpasan air hujan. Rumus kecepatan rata-rata yang digunakan pada perhitungan dimensi penampang saluran drainase dengan menggunakan rumus manning, contoh perhitungan *full bank capacity* saluran Kertomenanggal seperti berikut :

- Nama sub catchment : saluran Menanggal Indah 1
- Nama saluran : System Saluran Kertomenanggal
- Bentuk saluran : trapezium
- a (Lebar atas) : 7 m
- b (Lebar bawah) : 6 m
- h (Tinggi) : 2 m
- n (Koefisien Manning): 0.023 (Saluran permukaan batu dengan semen)

Perhitungan :

$$A = (a + b) \frac{h}{2} \text{ dan } P = b + 2h$$

Keterangan:

A = Area (Luasan Saluran)

P = Perimeter (Keliling Basah)

a = Lebar Atas saluran

b = Lebar Bawah saluran

h = Tinggi Saluran

Sehingga, didapat,

$$A = (7 + 6) \frac{2}{2}$$

$$A = 13 \text{ m}^2$$

$$P = 6 + 2(2)$$

$$P = 10 \text{ m}^2$$

Perhitungan Kecepatan Saluran,

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Keterangan:

V = Kecepatan Aliran

R = Jari-jari hidrolis  
S = Kemiringan saluran

Didapat,

$$v = \frac{1}{0,023} 1,30^{\frac{2}{3}} 0,0002^{\frac{1}{2}}$$
$$v = 0,73 \text{ m/s}$$

Kapasitas Saluran,

$$Q = V \times A$$

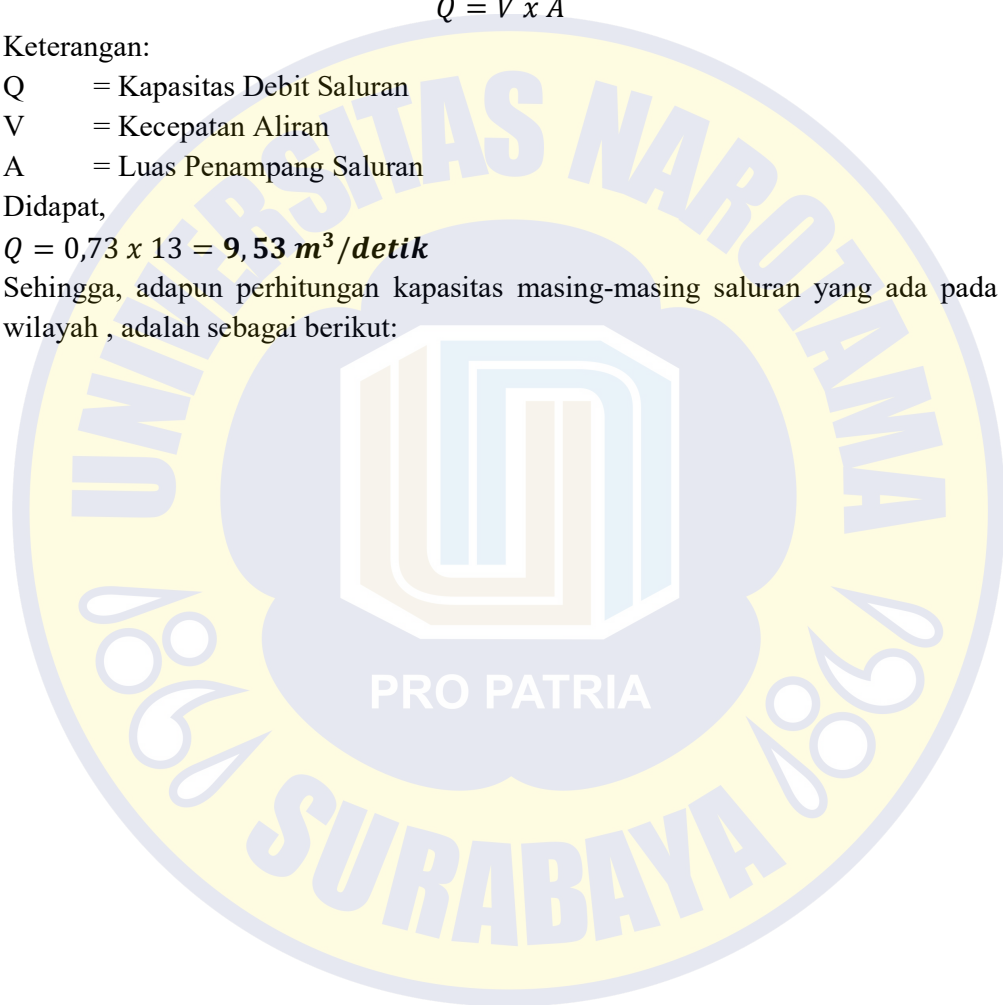
Keterangan:

Q = Kapasitas Debit Saluran  
V = Kecepatan Aliran  
A = Luas Penampang Saluran

Didapat,

$$Q = 0,73 \times 13 = \mathbf{9,53 \text{ m}^3/\text{detik}}$$

Sehingga, adapun perhitungan kapasitas masing-masing saluran yang ada pada wilayah, adalah sebagai berikut:



Tabel. 4.21 Debit Rancangan

Nama Saluran	Bentuk Penampang	m	Kedalaman Saluran (h) m	Lebar Dasar (b1) m	Lebar Atas (b2) m	Luas Penampang (A) m <sup>2</sup>	Keliling Basah (P) m	n koef.manning	Jari-jari Hidrolis (R) m	Kemiringan Dasar Saluran (S)	Kecepatan (Vs) m/det	Kapasitas Saluran (Q) m <sup>3</sup> /det
Saluran Menanggal Indah	Trapeسيوم	0.3	2	6	7	13	10	0.023	1.30	0.0002	0.73	9.53
Saluran Pagesangan Timur 1	Trapeسيوم	0.3	1.75	2.5	3	4.8125	6	0.023	0.78	0.0002	0.52	2.51
Saluran Menanggal Indah 2	Trapeسيوم	0.3	1.75	2.5	3	4.8125	6	0.023	0.80	0.0002	0.53	2.55
Saluran Menanggal Indah 4	Trapeسيوم	0.3	1.75	2.5	3	4.8125	6	0.023	0.78	0.0002	0.52	2.51
Saluran Wisma Menanggal 7	Trapeسيوم	0.3	1.75	2.5	3	4.8125	6	0.023	0.80	0.0002	0.53	2.55
Saluran Cipta Menanggal 2	Trapeسيوم	0.3	1.5	2	2.5	3.375	5	0.023	0.66	0.0002	0.46	1.57
Saluran Wisma Menanggal 1	Trapeسيوم	0.3	1.5	1.5	2	2.625	5	0.023	0.58	0.0002	0.43	1.12
Saluran Menanggal A.Yani	Trapeسيوم	0.3	2	2.5	3	5.5	7	0.023	0.82	0.0002	0.54	2.97
Saluran Raya Waru 1	Trapeسيوم	0.3	1.75	2	2.5	3.9375	6	0.023	0.72	0.0002	0.49	1.94
Saluran Raya Waru 3	Trapeسيوم	0.3	1.75	2	2.5	3.9375	6	0.023	0.70	0.0002	0.48	1.90

Sumber : hasil perhitungan



#### 4.9 Debit Air Buangan Domestik ( $Q_{ak}$ )

Untuk menghitung debit air buangan domestik harus terlebih dahulu diketahui jumlah penduduk daerah penelitian dan pertumbuhan rata-rata penduduk berdasarkan data dari badan pusat statistik kota Surabaya. Untuk daerah pematusan (*sub catchment*) kertomenanggal.

Tabel 4.22. Jumlah Penduduk Kecamatan Jambangan

Kelurahan	Luas Wilayah	Luas Wilayah	Data Penduduk				Laju Pertumbuhan		
	Ha	km <sup>2</sup>	2019	2020	Kelahiran 2020	Kematian 2020	Penduduk		
Dukuh Menanggal	105,967	1,05967	8947	9156	93	43	0,00546090	0,55	%
Menanggal	65,569	0,65569	9789	9945	110	68	0,00422323	0,42	%
Gayungan	146,542	1,46542	12220	12455	109	92	0,00136491	0,14	%
Ketintang	297	2,97	16108	16271	135	110	0,00153648	0,15	%
Jumlah Kecamatan Jambangan	615,078	6,15078	47064	47827	447	313	0,00280176	0,28	%

Sumber : Surabaya.bps.go.id

Jumlah penduduk Kelurahan Dukuh Menanggal adalah 9156 jiwa dengan luas wilayah 1,05967 km<sup>2</sup>. Maka kepadatan penduduk per km<sup>2</sup> dapat dihitung dengan membagikan antara jumlah penduduk dengan luas wilayah.

Kepadatan penduduk kelurahan Dukuh Menanggal tahun 2020:

$$= 9156 \text{ Jiwa} : 1,05967 \text{ km}^2$$

$$= 8640 \text{ Jiwa/ km}^2$$

Dari data diatas dapat dihitung debit buangan domestik (air kotor)  $Q_{ak}$ .

Contoh perhitungan untuk ruas saluran Kertomenanggal dengan kala ulang  $T = 2$  tahun adalah sebagai berikut:

Nama *sub catchment* : Kertomenanggal

Nama saluran : Saluran Menanggal Indah

Luas *catchment* : 1,39 km<sup>2</sup>

Jumlah penduduk ( $P_0$ ): 9156 jiwa

Laju pertumbuhan penduduk ( $r$ ): 0,00280176

Jumlah penduduk untuk kala ulang 5 tahun ( $P_n$ ):

$$\begin{aligned} P_n &= P_0 \cdot (1 + r)^n \\ &= 9156 \cdot (1 + (0,00280176))^5 \\ &= 9156 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

Menghitung  $Q_{ak}$  total :

$$\begin{aligned} Q_{aktotal} &= \frac{P_n \cdot 80\% \cdot K_{ab}}{A_{total}} \\ &= \frac{9156 \cdot 80\% \cdot \left( \frac{150}{24 \cdot 60 \cdot 60} \right)}{1.39} \cdot 10^{-3} \\ &= 0,031535193 \text{ m}^3/\text{detik}/\text{km}^2 \end{aligned}$$

Menghitung  $Q_{ak}$ :

$$\begin{aligned} Q_{ak} &= Q_{ak \text{ total}} \cdot A_{sal} \\ &= 0,031535193 \cdot 1.39 \\ &= \mathbf{0.04383392} \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Sehingga didapat, hasil perhitungan seperti tabel dibawah ini

Tabel 4.23 Debit air buangan domestik

Saluran Sekunder		Luas Catchment (A) km <sup>2</sup>	Jumlah Penduduk (Po) Jiwa	Jumlah Penduduk (Pn) T = 5 tahun	Q <sub>ak total</sub> T = 5 tahun m <sup>3</sup> /detik/km <sup>2</sup>	Q <sub>ak</sub> T = 5 tahun m <sup>3</sup> /detik
1	2	3	4	5	6	7
Saluran Menanggal Indah		<b>1.39</b>	<b>31556</b>	<b>31560</b>	<b>0.031535193</b>	<b>0.04383392</b>

Saluran Tersier		Luas Catchment (A) km <sup>2</sup>	Jumlah Penduduk (Po) Jiwa	Jumlah Penduduk (Pn) T = 2 tahun	Q <sub>ak total</sub> T = 2 tahun m <sup>3</sup> /detik/km <sup>2</sup>	Q <sub>ak</sub> T = 2 tahun m <sup>3</sup> /detik
Saluran PAGESANGAN Timur 1		0.1208	16271	16272	0.187085078	0.02259988
Saluran Menanggal Indah 2		0.115	9945	9946	0.120115426	0.01381327
Saluran Menanggal Indah 4		0.1382	9945	9946	0.099951331	0.01381327
Saluran Wisma Menanggal 7		0.12039	9945	9946	0.114737719	0.01381327
Saluran Cipta Menanggal 2		0.06136	9945	9946	0.225118546	0.01381327
Saluran Wisma Menanggal 1		0.074	9945	9946	0.186665865	0.01381327
Saluran Menanggal A.Yani		0.1018	9945	9946	0.135690314	0.01381327
Saluran Raya Waru 1		0.09675	9156	9157	0.13144578	0.01271738
Saluran Raya Waru 3		0.10097	9156	9157	0.125952058	0.01271738

Sumber : hasil perhitungan

#### 4.10 Perbandingan Debit Saluran Eksisting dengan Debit Rencana

Perbandingan Kapasitas Saluran Eksisting dengan Debit Rencana adalah cara membandingkan kapasitas saluran dengan debit rencana. Apabila kapasitas saluran eksisting lebih besar daripada debit rencana, maka saluran tersebut dinyatakan aman. Tetapi jika sebaliknya jika saluran eksisting lebih kecil daripada debit rencana maka saluran tersebut tidak dapat menampung debit saluran.

Analisis lebih detail dari perbandingan kapasitas saluran eksisting dengan debit rencana di saluran Kertomenanggal dapat dilihat pada tabel dibawah ini. Dengan perbandingan debit rencana T th.

Tabel 4.24 Analisa perbandingan kapasitas debit existing dan debit rencana

Saluran Sekunder	Q air hujan (Q <sub>ah</sub> )	Q air kotor (Q <sub>ak</sub> )	Q <sub>total</sub>	Q yang membebani Saluran	Kapasitas Saluran	Analisa
	T = 5 tahun	T = 5 tahun	Q <sub>ah</sub> + Q <sub>ak</sub>		Eksisting (Q)	
	m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /detik	m <sup>3</sup> /detik		m <sup>3</sup> /det	
1	2	3	4	5	5	6
Saluran Menanggal Indah	11.209	0.0438339	11.252361	<b>11.252</b>	<b>9.530</b>	Meluap

Saluran Tersier	Q air hujan (Q <sub>ah</sub> )	Q air kotor (Q <sub>ak</sub> )	Q <sub>total</sub>	Q yang membebani Saluran	Kapasitas Saluran	Analisa
	T = 2 tahun	T = 2 tahun	Q <sub>ah</sub> + Q <sub>ak</sub>		Eksisting (Q)	
	m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /detik	m <sup>3</sup> /detik		m <sup>3</sup> /det	
1	2	3	4	5	5	6
Saluran Pagesangan Timur 1	2.300	0.0225999	2.322120	2.322	2.510	Aman
Saluran Menanggal Indah 2	2.303	0.0138133	2.316697	2.317	2.553	Aman
Saluran Menanggal Indah 4	1.963	0.0138133	1.976674	1.977	2.510	Aman
Saluran Wisma Menanggal 7	3.608	0.0138133	3.621436	3.621	2.553	Meluap
Saluran Cipta Menanggal 2	1.566	0.0138133	1.579564	1.580	1.567	Meluap
Saluran Wisma Menanggal 1	1.806	0.0138133	1.819413	1.819	1.125	Meluap
Saluran Menanggal A.Yani	0.464	0.0138133	0.478232	0.478	2.970	Aman
Saluran Raya Waru 1	1.708	0.0127174	1.720914	1.721	1.935	Aman
Saluran Raya Waru 3	1.729	0.0127174	1.741475	1.741	1.900	Aman

Sumber : hasil perhitungan

#### 4.11 Perhitungan Kebutuhan Pompa

Pompa ini berfungsi untuk membantu mengeluarkan air dari kolam penampungan air banjir maupun langsung dari sauran drainase pada saat air tidak dapat mengalir secara gravitasi. Rumus yang digunakan untuk menghitung kebutuhan kapasitas pompa apabila volume tampungan telah ditentukan adalah sebagai berikut :

$$Q_p = Q_{\max} - \left[ \frac{2x Q_{\max} x V_t}{ntc} \right]^{0,5}$$

Dimana:

$Q_p$  = Kapasitas pompa drainase (m<sup>3</sup>/det)

$Q_{\max}$  = Debit banjir maksimum (m<sup>3</sup>/det)

$V_t$  = Volume tampungan total (m<sup>3</sup>)

$ntc$  = Lama terjadinya banjir (detik)

Tabel 4.25 Daftar Pompa Eksisting Rumah Pompa Kertomenanggal

No	Jenis Pompa	Kapasitas	
1	Pompa Banjir (Submersible)	1,00	m <sup>3</sup> /s
2	Pompa Banjir (Submersible)	2,00	m <sup>3</sup> /s
		3	m <sup>3</sup> /s

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Pematusan

Diketahui, bahwa genangan di Saluran Kertomenanggal adalah 34 menit, dengan eksisting Pompa yang ada sebesar 3m<sup>3</sup> / s, maka perhitungan kebutuhan Pompa yang dimiliki oleh Rumah Pompa Kertomenanggal adalah:

Tabel 4.26 Perhitungan Kolam Tampung

Perhitungan Tampung	Kolam	Panjang	Lebar	Kedalaman	Volume
		(L)	(B)	(H)	(Vt)
		m	m	m	m <sup>3</sup>
Polder Pompa Kertomenanggal		18	7	6,5	819

Sumber : hasil perhitungan

Didapat kapasitas Pompa existing serta kemampuan daya serap banjir yang dimiliki oleh Rumah Pompa Kertomenanggal:

	Q Maks	Vt	ntc	Qp
	m3/detik	m3	detik	m3/det
Polder Pompa Kertomenanggal	9,53	819	2040	6,763

Dengan adanya Kebutuhan Pompa sebesar 6,763 m3/detik, maka didapat analisa bahwa:

Kebutuhan Pompa	Qp Sal (m3/det)	Kapasitas Pompa Eksisting(m3/det)	Analisis
Kertomenanggal	6,763	3	tidak oke..!!

Oleh sebab itu, dilakukan perhitungan kebutuhan Pompa, agar dapat mengatasi banjir yang ada, didapat dengan Q maks diambil dari selisih Q masuk dikurangi dengan daya tampung Kolam, maka didapat **kebutuhan Pompa** sebesar:

	Q Maks	Vt	ntc	Qp
	m3/detik	m3	detik	m3/det
Polder Pompa Kertomenanggal	1,72	819	2040	0,457

Dengan perbandingan eksisting, maka didapat selisih sebesar  $= 3 - 0,457 = 2,453$  m3/detik untuk bisa *mencover* banjir dan genangan yang ada di saluran Kertomenanggal.

Analisis Pompa Eksisting Untuk Kapasitas Kali Kertomenanggal			
Saluran	Qp Sal	Kapasitas Pompa Eksisting	Analisis
Kali Kertomenanggal	0,457	3	oke..!!

#### 4.12 Penanganan Genangan

Genangan yang terjadi pada Catchment Kertomenanggal adalah dikarenakan adanya penumpukan sedimentasi, sehingga kapasitas saluran mengalami penurunan dari kapasitas seharusnya, selain itu, dengan adanya curah hujan yang cukup padat dikarenakan adanya pemansan global sehingga cuaca tidak menentu dan cenderung tidak stabil, maka kapasitas saluran yang terencana dalam beberapa dekade lalu, hendaknya dinormalisasi ulang, sesuai dengan data hujan yang terbaru, serta penambahan pompa untuk memenuhi kebutuhan daya serap banjir yang ada.

Penanganan genangan di *catchment area* sepanjang saluran Kertomenanggal, dengan cara normalisasi sistem saluran Kertomenanggal serta merubah dimensi saluran.

Untuk Saluran yang mengalami peluapan, dapat dilakukan perluasan eksisting dengan detail:

- Saluran Menanggal Indah :
  - Memperdalam ketinggian Saluran dari 2 m menjadi 2,3 m.
  - Sehingga diperoleh Q debit Saluran sebesar 12,27 m<sup>3</sup>/detik yang merupakan lebih besar dari Q yang membebani saluran sebesar 11,2 m<sup>3</sup>/detik
- Saluran Wisma Menanggal 7:
  - Memperdalam ketinggian Saluran dari 2 m menjadi 2,4 m.
  - Sehingga diperoleh Q debit Saluran sebesar 3,79 m<sup>3</sup>/detik yang merupakan lebih besar dari Q yang membebani saluran sebesar 3,62 m<sup>3</sup>/detik
- Saluran Cipta Menanggal 2
  - Memperdalam ketinggian Saluran dari 1,5m menjadi 1.7 m

- Sehingga diperoleh Q debit Saluran sebesar  $1,87 \text{ m}^3/\text{detik}$  yang merupakan lebih besar dari Q yang membebani saluran sebesar  $1,57 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Saluran Wisma Menanggal 1
  - Memperbesar lebar bawah dan lebar atas dari 1,5 m dan 2 m ,menjadi 1,8 m dan 2,3 m
  - Sehingga diperoleh Q debit Saluran sebesar  $2,00 \text{ m}^3/\text{detik}$  yang merupakan lebih besar dari Q yang membebani saluran sebesar  $1,82 \text{ m}^3/\text{detik}$ .





Tabel 4.23 hasil rencana perubahan dimensi pada Saluran

Nama Saluran	Dimensi saluran Existing					Dimensi Saluran Rencana				Kecepatan (Vs)	Debit masuk	rencana debit saluran	Analisa
	Bentuk	Kedalaman	Lebar	Lebar	Luas	Kedalaman	Lebar	Lebar	Luas				
	Penampang	Saluran (h)	Dasar (b1)	Atas (b2)	Penampang (A)	Saluran (h)	Dasar (b1)	Atas (b2)	Penampang (A)				
	m	m	m	m <sup>2</sup>	m	m	m	m <sup>2</sup>	m/det	m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /det		
Saluran Menanggal Indah	Trapesium	2	6	7	13	2.4	6	7	15.6	0.79	11.25	12.27	Aman
Saluran Wisma Menanggal 7	Trapesium	1.75	2.5	3	4.81	2.4	2.5	3	6.6	0.57	3.62	3.79	Aman
Saluran Cipta Menanggal 2	Trapesium	1.5	2	2.5	3.38	1.7	2	2.5	3.83	0.49	1.57	1.87	Aman
Saluran Wisma Menanggal 1	Trapesium	1.5	1.5	2	2.63	2	1.8	2.3	4.1	0.49	1.82	2.00	Aman

Sumber : hasil Perhitungan

- Optimalisasi Pompa Air

Pengendalian banjir atau luapan saluran di system saluran Kertomenanggal dapat diatasi juga oleh Pompa Air Kertomenanggal, dikarenakan selisih antara debit saluran existing dengan saluran debit rencana :

$$9,53 - 11,252 = - 1,72 \text{ m}^3/\text{det}$$

Debit 1,72 m<sup>3</sup>/det ini akan dihandle oleh Pompa yang ada yang mempunyai kapasitas 3 m<sup>3</sup>/det.

