

**BAB IV**  
**DATA DAN ANALISIS DATA**

**4.1 Analisa Sistem Drainase**

Untuk memudahkan dalam evaluasi serta operasi dan pemeliharaan maka Sistem Drainase Kota Tuban akan dibagi menjadi 2 (dua) rayon yaitu Rayon Barat dan Rayon Timur, pembagian Rayon Drainase Kota Tuban tersebut dapat dilihat pada tabel berikut di bawah ini.

Tabel 4.1. Pembagian Rayon Drainase Kota Tuban

No	Sistem Drainase	Luas (ha)
<b>I Rayon Barat</b>		<b>20347.03</b>
1	Sistem Drainase Menengan	8304.66
2	Sistem Drainase Sumberejo	484.40
3	Sistem Drainase TWT	751.87
4	Sistem Drainase Sugihwaras	10806.10
<b>II Rayon Timur</b>		<b>5808.14</b>
1	Sistem Drainase Kelor	1022.70
2	Sistem Drainase Klenteng	62.31
3	Sistem Drainase Kingking	80.33
4	Sistem Drainase Sambong	3804.55
5	Sistem Drainase Makam Sunan Bonang	44.20
6	Sistem Drainase Alun-alun	15.53
7	Sistem Drainase Pendopo	8.92
8	Sistem Drainase Tuban Tropis	36.02
9	Sistem Drainase Gang Sosial	115.37
10	Sistem Drainase Panyuran Barat	329.79
11	Sistem Drainase Panyuran Timur	288.41

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Tuban

Rayon Barat berada di sebelah Barat Kota Tuban dan daerah pematusannya sangat luas namun masih banyak dijumpai daerah terbuka hijau sehingga aliran air banyak yang menggenang di sawah atau sungai dan saluran drainase terputus dan hilang di lokasi penambangan batu kumbang/batu gamping yang banyak dijumpai gua-gua.

Rayon Timur memiliki luas daerah pematusan yang lebih kecil dari daerah pematusan Rayon Barat hal ini disebabkan pada Rayon Timur meliputi daerah pusat Kota Tuban dan banyak dijumpai daerah terbangun baik berupa permukiman, perdagangan, fasilitas pemerintah dan infrastruktur lainnya.

#### 4.2 Penghitungan Curah Hujan Daerah

Data utama yang digunakan untuk analisa hidrologi adalah data curah hujan yang berpengaruh di sistem drainase Kota Tuban meliputi 6 stasiun hujan yaitu Stasiun Hujan Jenu, Kerek, Sumurgung, Kepet, Tegalrejo dan Tuban.

Karena stasiun hujan yang ada cukup banyak maka dilakukan penggambaran polygon Thiessen untuk menentukan daerah pengaruh stasiun curah hujan. Dari hasil analisa ternyata curah hujan rencananya sangat kecil sekali sehingga dalam perhitungan digunakan curah hujan rata-rata maksimum dari 6 (enam) stasiun tersebut dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Rata – Rata Curah Hujan Maksimum Daerah Kabupaten Tuban

No	Tahun	Rerata CH Max
1	1997	86,33
2	1998	97,83
3	1999	89,17
4	2000	98,00
5	2001	115,33
6	2002	86,33
7	2003	78,33
8	2004	72,67
9	2005	70,83
10	2006	77,83
11	2007	76,5
12	2008	62,33
13	2009	72,67
14	2010	71
15	2011	94,67
16	2012	78,83
17	2013	71,17
Jumlah		1399,83
Rerata		82,34
Standart Deviasi (sd)		13,37
Koef Skewness (Cs)		0,924
Koef Kurtosis (Ck)		0,781
Pemilihan Distribusi		Log Person III

Sumber : Hasil Analisa

Tahapan-tahapan perhitungan untuk mencari curah hujan rancangan Log Pearson Type III adalah sebagai berikut:

1. Mengurutkan data berdasarkan curah hujan tertinggi sampai yang terendah.
2. Mengubah curah hujan harian maksimum dalam bentuk logaritma

3. Menghitung nilai logaritma rata-rata dengan Persamaan (2-1)

$$\text{Log}\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log x_i}{n}$$

$$\text{Log}\bar{X} = \frac{32.4791}{17}$$

$$= 1,9105$$

4. Menghitung besar standar deviasinya (simpangan baku) dengan memasukkan harga  $(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2$  yang terdapat pada Tabel 4.3 mulai dari tahun 1997 sampai dengan 2013. Dari Persamaan (2-29) dapat dicari harga simpangan baku seperti di bawah ini.

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

$$= \sqrt{\frac{0.0734}{16}}$$

$$= 0,068$$

5. Menghitung besarnya Cs dengan Persamaan (2-2)

$$\text{Cs} = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log x_i - \overline{\log x})^3}{(n-1)(n-2)S_i^3}$$

$$= \frac{17 \times (0,0024)}{(17-1)(17-2)0,068^3}$$

$$= 0,556$$

6. Menghitung besarnya curah hujan rancangan untuk kala ulang yang telah ditentukan dengan memasukkan harga rerata  $\log X$  mulai tahun tahun 1997 sampai dengan 2013 sebesar 1,9105, nilai G yang diperoleh dari Tabel Distribusi Log Pearson Type III untuk kala ulang 5 (satu) tahun sebesar 0,804 dan  $S_i = 0,068$  dimasukan kedalam Persamaan (2-3)

$$\text{Log } X_{\text{rancangan}} = \overline{\log x} + G \cdot S_i$$

$$= 1,9105 + (0,804 \times 0,068)$$

$$= 1,9651$$

$$X_{\text{rancangan}} = 92.248\text{mm}$$

Jadi, curah hujan rancangan kala ulang 1(satu) tahun sebesar 92,248mm.



Tabel 4.3. Perhitungan Curah Hujan Rencana dengan Distribusi Log Pearson Type III

NO	TAHUN	RERATA	Log X	$(\text{LogX}-\text{LogXr})^2$	$(\text{LogX}-\text{LogXr})^3$
1	1997	86,33	1,936	0,0007	0,0000
2	1998	97,83	1,990	0,0064	0,0005
3	1999	89,17	1,950	0,0016	0,0001
4	2000	98,00	1,991	0,0065	0,0005
5	2001	115,33	2,062	0,0229	0,0035
6	2002	86,33	1,936	0,0007	0,0000
7	2003	78,33	1,894	0,0003	0,0000
8	2004	72,67	1,861	0,0024	-0,0001
9	2005	70,83	1,850	0,0036	-0,0002
10	2006	77,83	1,891	0,0004	0,0000
11	2007	76,50	1,884	0,0007	0,0000
12	2008	62,33	1,795	0,0134	-0,0016
13	2009	72,67	1,861	0,0024	-0,0001
14	2010	71,00	1,851	0,0035	-0,0002
15	2011	94,67	1,976	0,0043	0,0003
16	2012	78,83	1,897	0,0002	0,0000
17	2013	71,17	1,852	0,0034	-0,0002
Jumlah		1399,82	32,479	0,0734	0,0024
Rerata		82,34	1,911	0,0043	0,0001

Sumber : Hasil Analisa

Dari hasil analisa distribusi frekuensi selanjutnya dihitung curah hujan rencana untuk berbagai periode ulang, dan hasilnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.4. Besar Curah Hujan Rencana Setiap Periode Ulang

Uraian	Simbol	Nilai
Log Rerata Curah Hujan	Log (Xr)	1,911
Standart Deviasi	S1	0,068
Koef Skewness	Cs	0,556
Koefisien G (Log Person Type III)	G2	-0,092
	G5	0,804
	G10	1,326
Curah Hujan Rencana (mm)	R2	80,228
	R5	92,254
	R10	100,072

Sumber :Hasil Analisa

### 4.3 Uji Kesesuaian Distribusi

#### 4.3.1 Uji Smirnov-Kolmogorov

Contoh perhiungan untuk curah hujan tahun 1997 sampai dengan tahun 2013

Langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut:

1. Menghitung peluang empiris dengan memasukkan nomor urut data mulai dari yang terkecil sampai terbesar

$$\begin{aligned}
 S_n &= \frac{1}{(n+1)} \\
 &= \frac{1}{(17+1)} \\
 &= 0,056
 \end{aligned}$$

2. Mencari nilai logaritma dari data hujan rerata maksimum

$$\text{Log } 62,33 = 1,795$$

3. Mencari nilai

$$\begin{aligned}
 G &= (\text{Log } x - \text{Log } X) / S_i \\
 &= (1,795 - 1,9105) / 0,068 \\
 &= -1,710
 \end{aligned}$$

4. Mencari harga  $P_r$  melalui Tabel distribusi Log Pearson Type III, didapat  $P_r = 0,953$

5. Menghitung nilai  $P(x)$

$$\begin{aligned}
 P(x) &= 1 - 0,953 \\
 &= 0,047
 \end{aligned}$$

6. Menghitung selisih  $S_n(x)$  dan  $P(x)$  dengan Persamaan (2-5)

$$\begin{aligned}
 \Delta_{\text{maks}} &= |0,056 - 0,047| \\
 &= 0,008
 \end{aligned}$$

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov

No.	R (mm)	Log R	Sn(x)	G	Pr	Px	Sn(x)-Px
1	62.333	1.795	0.056	-1.710	0.953	0.047	0.008
2	70.833	1.850	0.111	-0.890	0.806	0.194	0.083
3	71.000	1.851	0.167	-0.875	0.803	0.197	0.030
4	71.167	1.852	0.222	-0.860	0.801	0.199	0.023
5	72.667	1.861	0.278	-0.726	0.749	0.251	0.027
6	72.667	1.861	0.333	-0.726	0.749	0.251	0.082
7	76.500	1.884	0.389	-0.397	0.620	0.380	0.009
8	77.833	1.891	0.444	-0.286	0.576	0.424	0.021
9	78.333	1.894	0.500	-0.245	0.560	0.440	0.060
10	78.833	1.897	0.556	-0.204	0.544	0.456	0.100
11	86.333	1.936	0.611	0.379	0.342	0.658	0.047
12	86.333	1.936	0.667	0.379	0.342	0.658	0.009
13	89.167	1.950	0.722	0.586	0.273	0.727	0.005
14	94.667	1.976	0.778	0.970	0.168	0.832	0.054
15	97.833	1.990	0.833	1.181	0.128	0.872	0.039
16	98.000	1.991	0.889	1.191	0.126	0.874	0.015
17	115.333	2.062	0.944	2.236	0.025	0.975	0.031
						<b>D max</b>	<b>0.100</b>

Sumber : Hasil Analisa

Dari Tabel nilai kritis Uji Smirnov–Kolmogorof dengan jumlah data (n) = 17 data, Maka dari tabel Smirnov Kolmogorov untuk : $\alpha = 5\%$  diperoleh  $\Delta_{cr} = 0,32$

$\alpha = 1\%$  diperoleh  $\Delta_{cr} = 0,38$

Karena  $D_{max} < D_{cr}$  ( $0,100 < 0,32$ ) maka distribusi DITERIMA

### 4.3.2 Uji Chi Square

Contoh perhiungan untuk curah hujan tahun 1997 sampai dengan tahun 2013

Langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut:

1. Penentuan banyak kelas dengan persamaan (2-6)

$$\begin{aligned} \text{Banyaknya kelas} &= 1 + 3,22 \text{ Log } n \\ &= 1 + 3,22 \text{ Log } 17 \\ &= 4,96 = 5 \end{aligned}$$

2. Mencari harga  $P_r$  berdasarkan jumlah kelas, jika jumlah kelas 5 maka harga  $P_r$  tiap kelas adalah 20%

3. Menghitung nilai  $Q_i$

$$\begin{aligned} \text{Log } x &= \text{Log } X + G \cdot S_i \\ &= 1,853 + (-0,857 \cdot -0,058) \\ &= 1,853 \end{aligned}$$

$$x = 71,207$$



Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Penentuan Batas Kelas Pada Uji Chi Square

Kelas	P (%)	G	G*S1	Log X	Batas Kelas (Xt)
1	80.000	-0.857	-0.058	1.853	71.207
2	60.000	-0.347	-0.023	1.887	77.100
3	40.000	0.207	0.014	1.925	84.049
4	20.000	0.804	0.054	1.965	92.248

Sumber : Hasil Analisa

Keterangan :

Banyaknya kelas =  $1 + 3,3 \log N = 5$

N = banyak data (= 17)

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Uji Chi Square

Kelas	Batas Kelas	(Ej)	(Oj)	$(Oj-Ej)^2/Ej$
1	0,000 - 71.207	3.40	4	0.106
2	71.207 - 77.100	3.40	3	0.047
3	77.100 - 84.049	3.40	3	0.047
4	84.049 - 92.248	3.40	3	0.047
5	> 92.248	3.40	4	0.106
$\Sigma$			17	0.353

Sumber : Hasil Analisa

Didapatkan  $X^2$  hitung = 0,353

Dengan derajat kebebasan =  $G-R-1 = 5 - 2 - 1 = 2$

Maka dari tabel Chi Square untuk : a = 5% maka  $X^2$  tabel = 5,99

a = 1% maka  $X^2$  tabel = 9,21

Karena  $X^2$  hitung <  $X^2$  tabel (0,353 < 5,99) maka distribusi DITERIMA

#### 4.4 Debit Banjir Rencana

Tujuan analisa hidrologi untuk memperoleh debit banjir rancangan/rencana sesuai dengan periode ulang tertentu dan selanjutnya digunakan untuk analisa hidrolika. Periode ulang yang digunakan untuk saluran digunakan periode ulang 5 tahun. Perhitungan debit banjir rencana digunakan metode Rational dan hidrograf satuan sintetis Nakayasu.

Sebelumnya perlu dihitung terlebih dulu koefisien pengaliran dari setiap sistem drainase baik kondisi penggunaan lahan eksisting maupun penggunaan lahan rencana. Koefisien pengaliran ini menentukan besar debit banjir rencana yang harus dialirkan oleh saluran. Nilai koefisien pengaliran eksisting dan rencana di setiap sistem drainase dapat dilihat pada Tabel 4.8 di halaman selanjutnya.

Selanjutnya dilakukan perhitungan debit banjir rencana dengan cara Rational sedangkan perhitungan dengan cara hidrograf satuan sintetis Nakayasu dilakukan pada lokasi-lokasi yang dilakukan DED.

#### 4.4.1 Metode Rasional

Penghitungan luas daerah aliran yang mempengaruhi sistem drainase yang bersangkutan serta peruntukan lahannya guna mengetahui nilai koefisien pengalirannya maka dapat dihitung debit rencana yang akan mengalir melewati saluran. Debit rencana dihitung dengan menggunakan metode Rasional yang persamaannya adalah sebagai berikut :

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot C_s \cdot I \cdot A$$

Q = Debit rencana (m<sup>3</sup>/detik)

C = Koefisien Pengaliran (*Runoff*)

C<sub>s</sub> = Koefisien Tampungan (*Storage*)

I = Intensitas Curah Hujan (mm/jam)

A = Luas Daerah Pengaliran (Km<sup>2</sup>)

Koefisien Tampungan ( C<sub>s</sub> )

Koefisien tampungan digunakan untuk memperhitungkan pengaruh tampungan saluran, perumusan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$C_s = \frac{2 t_c}{(2 t_c + t_d)}$$

C<sub>s</sub> = Koefisien Tampungan

t<sub>c</sub> = Waktu konsentrasi (menit)

t<sub>d</sub> = Waktu pengaliran di saluran (menit)

Sebagaimana yang tercantum pada rumus diatas, Intensitas curah hujan tergantung dari waktu konsentrasi (t<sub>c</sub>), dimana t<sub>c</sub> adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan untuk mengalir dari titik yang terjauh pada daerah aliran saluran sampai dengan titik yang ditinjau pada saluran. Waktu konsentrasi (t<sub>c</sub>) terdiri dari waktu yang diperlukan oleh air hujan untuk mengalir dipermukaan tanah sampai ke saluran terdekat (t<sub>o</sub>) ditambah dengan waktu yang diperlukan bagi air hujan mengalir di saluran sampai ke titik yang ditinjau (t<sub>d</sub>).

Waktu pengaliran di lahan dipengaruhi oleh kecepatan air yang mengalir dari lahan ke saluran pematuan terdekat, kecepatan aliran di lahan ini dipengaruhi oleh kemiringan lahan dan peruntukan lahannya. Besar kecepatan aliran di lahan ditunjukkan oleh



Nomogram pada Gambar 4.1. yang menampilkan hubungan antara variabel-variabel tersebut di atas. Sedangkan harga  $t_o$  didapatkan dari perhitungan dengan perumusan sebagai berikut :

$$t_o = \frac{L_o}{60 V_o}$$

Dimana :

$t_o$  = Waktu pengaliran di lahan (menit)

$L_o$  = Panjang aliran diatas permukaan lahan (m)

$V_o$  = Kecepatan aliran pada lahan (m/dt)

Faktor-faktor yang mempengaruhi waktu konsentrasi adalah panjang aliran, kemiringan medan, dan kekasaran saluran (angka Manning). Sedangkan harga  $t_d$  didapatkan dari perhitungan dengan perumusan sebagai berikut :

$$t_d = \frac{L}{60 V}$$

Dimana :

$t_d$  = Waktu pengaliran di saluran (menit)

$L$  = Panjang saluran (m)

$V$  = Kecepatan aliran di saluran (m/dt)

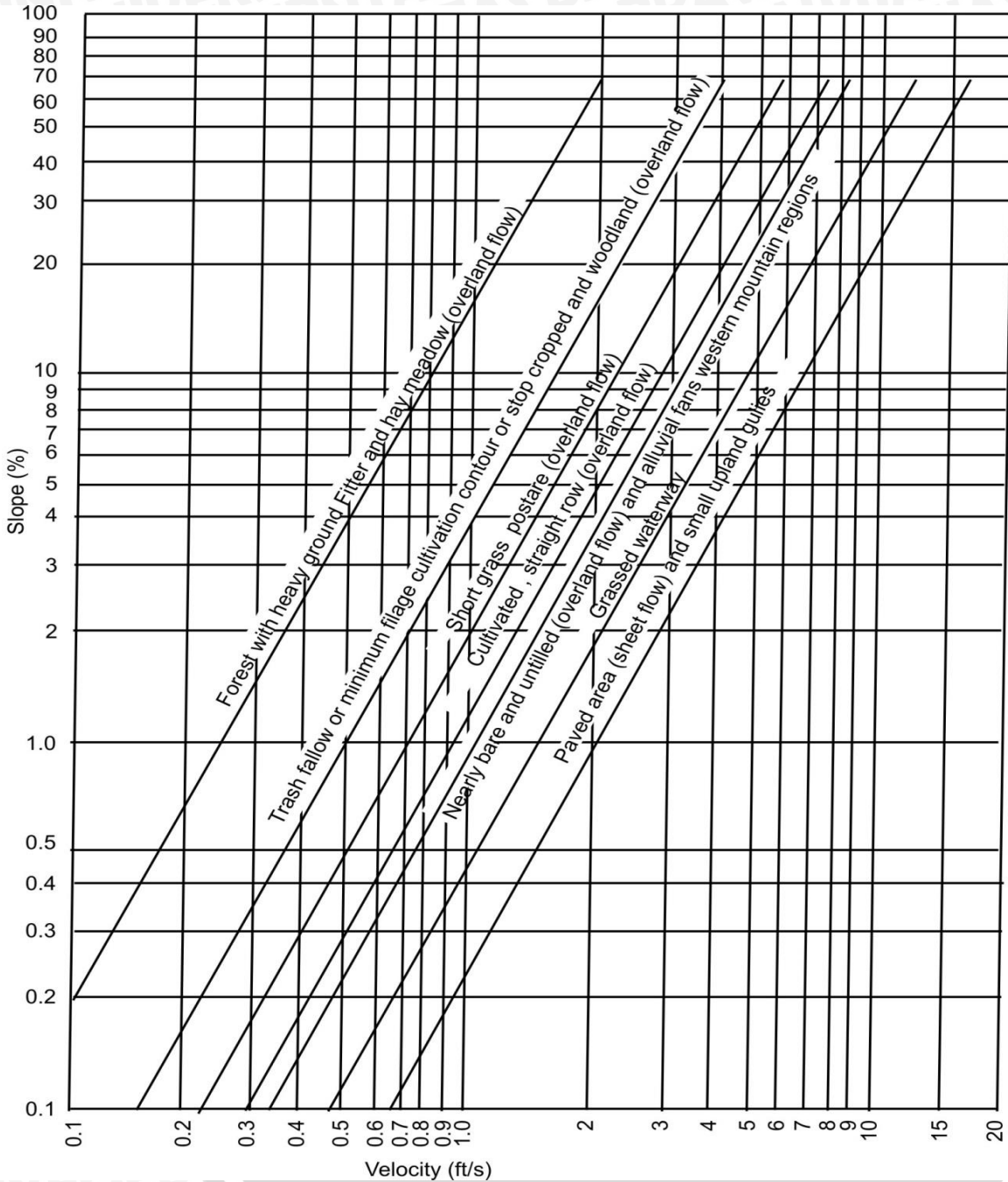
Sehingga untuk mencari waktu konsentrasi pada suatu titik ( $t_c$ ) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} t_c &= t_o + t_d \\ &= \frac{L_o}{60 V_o} + \frac{L}{60 V} \end{aligned}$$

$t_c$  = Waktu konsentrasi (menit)

$t_o$  = Waktu pengaliran di lahan (menit)

$t_d$  = Waktu pengaliran di saluran (menit)



Gambar 4.1. Kecepatan Rata-rata di Atas Permukaan Lahan  
(from U.S.SCS, 1975 th)

**4.4.2 Koefisien Tampungan**

Penentuan nilai koefisien pengaliran suatu daerah yang terdiri dari beberapa tataguna lahan dilakukan dengan mengambil angka rata-rata koefisien pengaliran dari setiap tata guna lahan dengan menghitung bobot masing-masing bagian sesuai dengan luas daerah yang diwakilinya.



$$C_m = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot x C_i}{\sum_i A_i}$$

$$= \frac{0,30 \cdot 3,61 + 0,70 \cdot 3,20}{3,61 + 3,20}$$

$$= 0,49$$

Luas Pemukiman = 3,20 Ha

Luas cadangan pemukiman = 3,61 Ha

Tabel 4.8 Koefesien Pengaliran Pada Saluran

Lokasi	Jenis Sal.	Luas	Luas	Koef Pengaliran
		Per ruas	Total	
		A	A	
		Ha	Ha	
C Rcn				
Sal. Latsari I Timur	T	6,81	6,81	0,49
Sal. Makam Sidorekso	T	17,16	17,16	0,47
Sal. Latsari II	S	2,34	26,31	0,37
Sal. Makam Karang Sari	T	5,72	5,72	0,54
Sal. Latsari I Barat	T	9,34	9,34	0,60
Sal. Karang Sari 1	S	1,31	16,37	0,70
Sal. Klenteng (R1)	P	2,62	45,30	0,60
Sal. Buntu	T	4,09	4,09	0,70
Sal. Klenteng (R2)	P	3,10	52,49	0,54
Sal. Karang Sari 2	T	1,23	1,23	0,67
Sal. Klenteng (R3)	P	8,83	62,56	0,60

Sumber : Hasil Analisa

#### 4.4.3 Intensitas Hujan

Sebagai data input untuk menghitung debit limpasan permukaan dibutuhkan besar intensitas hujan masing-masing kala ulang yang disimulasikan dengan menggunakan persamaan dibawah ini pada masing – masing saluran:

$$I = \frac{R_n}{24} \times \left[ \frac{24}{tc / 60} \right]^{2/3}$$

Dengan :

I = Intensitas curah hujan rerata dalam T jam (mm/jam)

R<sub>n</sub> = Curah hujan (mm)

tc = Waktu konsentrasi (menit)



Contoh perhitungan intensitas hujan kala ulang 5 tahun sebagai berikut :

$$I = \frac{R_n}{24} x \left[ \frac{24}{tc/60} \right]^{2/3}$$

$$I = 39,64 \text{ mm/jam}$$

#### 4.5 Perhitungan Kapasitas Saluran Drainase

Perhitungan kapasitas saluran drainase eksisting bertujuan untuk mengetahui kemampuan saluran dalam menampung debit yang ada. Kapasitas saluran drainase eksisting ini selanjutnya dibandingkan dengan kapasitas saluran drainase rencana.

Apabila didapatkan kapasitas saluran drainase eksisting lebih besar daripada kapasitas saluran drainase rencana, maka saluran drainase masih bisa menampung debit yang ada. Dan sebaliknya maka saluran drainase eksisting perlu perbaikan dimensinya agar kapasitasnya memenuhi.

Contoh perhitungan saluran drainase :

(Detail perhitungan terdapat pada lampiran tabel perhitungan)

$$b = 0,70 \text{ m}$$

$$H = 0,70 \text{ m}$$

$$n = 0,025$$

$$m = 0$$

$$s = 0,0019$$

$$h = 0,5 \text{ m}$$

$$A = (b + mh)h$$

$$= (0,70 + 0 \cdot 0,70) \cdot 0,70$$

$$= 0,49 \text{ m}^2$$

$$P = b + 2h\sqrt{1+m^2}$$

$$= 0,70 + 2 \cdot 0,70\sqrt{1+0^2}$$

$$= 2,1 \text{ m}$$

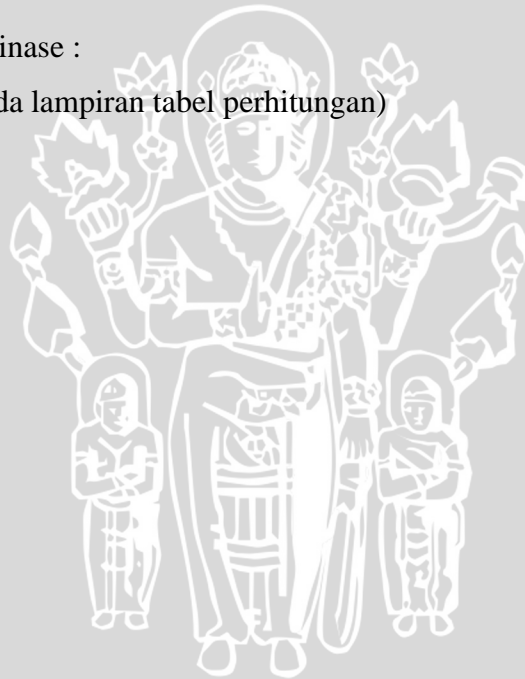
$$R = A / P$$

$$= 0,49 \text{ m}^2 / 2,1 \text{ m}$$

$$= 0,23 \text{ m}$$

$$V_{\text{sal}} = \frac{1}{0,025} \cdot 0,23^{2/3} \cdot 0,0019^{1/2}$$

$$= 0,66 \text{ m / det}$$



$$\begin{aligned}
 Q_{\text{sal}} &= V \times A \\
 &= 0,66 \cdot 0,49 \\
 &= 0,32 \text{ m}^3 / \text{det}
 \end{aligned}$$

#### 4.6 Analisa Kapasitas Saluran Drainase Eksisting

Evaluasi kapasitas saluran drainase eksisting adalah menganalisa kapasitas saluran drainase apakah sudah mampu menampung debit banjir rancangan atau tidak. Apabila tidak mampu menampung maka terjadi limpasan dan genangan. Genangan yang terjadi adalah selisih antara debit banjir rancangan dengan kapasitas saluran ( $Q_{\text{sal}}$ ). Jika  $Q_{\text{ranc}} < Q_{\text{sal}}$  maka saluran aman terhadap genangan, sebaliknya jika  $Q_{\text{ranc}} > Q_{\text{sal}}$  maka saluran akan tidak memenuhi atau terjadi limpasan.

Dari hasil perhitungan dapat diketahui kemampuan saluran drainase yang ada terhadap debit rancangan. Berikut adalah contoh perhitungan untuk mengetahui kemampuan saluran drainase yang ada terhadap debit rancangan:

Saluran Latsari I Timur dengan kala ulang 5 tahun :

$$\begin{aligned}
 \text{Debit Air Hujan} &= 0,29 \text{ m}^3 / \text{det} \\
 \text{Debit Saluran Eksisting} &= 0,32 \text{ m}^3 / \text{det} \\
 \text{Debit Limpasan} &= Q_{\text{saluran}} - Q_{\text{rancangan}} \\
 &= 0,29 - 0,32 \\
 &= -0,031 \text{ m}^3 / \text{det}
 \end{aligned}$$

Jadi debit saluran eksisting lebih besar dari debit rancangan yang dihasilkan, maka saluran drainase eksisting tersebut mampu menampung debit rancangan dan tidak terjadi limpasan. Berikut adalah tabel evaluasi perhitungan kapasitas saluran drainase dimana terdapat lima saluran yang tidak bisa menampung debit banjir. Gambar dan lokasi saluran dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.9 Perhitungan Debit Limpasan

<b>Sistem Drainase Klenteng</b>	Saluran	Q banjir	Q kapasitas	Q limpasan
Sal. Latsari I Timur	T	0,29	0,32	-0,031
Sal. Makam Sidorekso	T	0,92	1,29	-0,372
Sal. Latasari II	S	1,31	1,30	0,009
Sal. Makam Karang Sari	T	0,43	1,94	-1,517
Sal. Latsari I Barat	T	0,47	0,46	0,002
Sal. Karang Sari 1	S	1,01	2,56	-1,543
Sal. Klenteng (R1)	P	2,49	2,28	0,214
Sal. Buntu	T	0,44	0,37	0,070
Sal. Klenteng (R2)	P	3,11	4,72	-1,605
Sal. Karang Sari 2	T	0,20	0,15	0,049
Sal. Klenteng (R3)	P	3,88	30,15	-26,266
			Total Limpasan	0,356

Sumber : Hasil Analisa

#### 4.7 Permeabilitas Tanah

Pada perencanaan sumur resapan perhitungan permeabilitas tanah pada daerah lokasi menjadi salah satu aspek yang penting untuk mengetahui daya resap tanah terhadap air. Permeabilitas tanah adalah salah satu parameter yang digunakan untuk perencanaan sumur resapan.

Pengujian menentukan jenis tanah bertujuan untuk membuktikan jenis sampel tanah yang ada di lokasi dengan referensi yang sudah ada terkait masalah penentuan jenis tanah pada lokasi studi ini. Sampel tanah diambil langsung pada lokasi studi tepatnya di Jalan Klenteng yang dianggap mewakili. Setelah tanah diambil, kemudian di panaskan untuk dikeringkan. Setelah itu dilakukan uji laboratorium untuk memastikan jenis tanah pada lokasi studi. Uji laboratorium dilaksanakan di Laboratorium Uji Material Teknik Sipil ITS. Dari hasil perhitungan maka didapatkan data sebagai berikut yang digunakan sebagai acuan data sampel tanah :



Tabel 4.10 Data Sempel Tanah

Kedalaman	Deskripsi Tanah
0,0 – 1,0	Lapisan Tanah Pasir Berlanau Berlempung Warna Coklat
1,0 – 3,0	Lapisan Tanah Pasir Berlanau Berlempung Warna Coklat
3,0 – 5,0	Lapisan Tanah Lanau Pasir Berlempung Warna Coklat

Sumber : Hasil Analisa

Tabel 4.11 Koefesien Permeabilitas Tanah

Jenis Tanah	Koefesien Rembesan Permeabilitas K			
	Kategori	mm/jam	cm/menit	m/hari
Pasir Kasar	Sangat Cepat	3000-300	5,0-0,5	70-7
Pasir Halus	Cepat	300-50	0,5-0,1	7-1,2
Pasir Berlempung	Sedang	50-25	0,1-0,05	1,2-0,6
Lempung	Sedang	25-12,5	0,05-0,02	0,6-0,3

Sumber :Buku Ajar Rancangan Drainase

Dari data di atas dapat disimpulkan bahwa pada daerah saluran drainase klenteng memiliki jenis tanah pasir berlempung dengan kategori rembesan permeabilitas sedang.

#### 4.8 Alternatif I Perencanaan Dimensi Saluran Baru

Pada alternatif ini penanggulangan banjir dilakukan dengan cara merubah dimensi saluran yang telah ada agar saluran yang baru dapat menampung debit banjir rencana yang telah ditentukan. Pada kasus ini terdapat lima saluran yang akan mendapat perbaikan. Pelebaran saluran menggunakan bahan yang sama dengan eksisting yaitu pasangan batu.

Berikut adalah saluran yang perlu perubahan dimensi baru :

1. Saluran Latsari II (Sekunder)
2. Saluran Latsari I Barat (Tersier)
3. Saluran Klenteng I (Primer)
4. Saluran Buntu
5. Saluran Karang Sari II

Tabel 4.12 Dimensi Saluran Rencana

Nama Saluran	Saluran	Dimensi Saluran Eksisting						
		B	B	W	H	H'	Talud	Slope
Sal. Latsari I Timur	T	0,70	0,70	0,50	0,20	0,70	0,00	0,0019
Sal. Makam Sidorekso	T	1,20	1,20	0,80	0,20	1,00	0,00	0,0027
Sal. Latsari II	S	1,30	1,30	0,95	0,30	1,25	0,00	0,0012
Sal. Makam Karang Sari	T	1,00	1,00	0,70	0,20	0,90	0,00	0,0132
Sal. Latsari I Barat	T	0,70	0,70	0,65	0,20	0,85	0,00	0,0025
Sal. Karang Sari 1	S	1,50	1,50	1,20	0,30	1,50	0,00	0,0020
Sal. Klenteng (R1)	P	1,50	1,50	1,00	0,30	1,30	0,00	0,0023
Sal. Buntu	T	0,50	0,50	0,55	0,20	0,75	0,00	0,0057
Sal. Klenteng (R2)	P	4,00	4,00	0,70	0,50	1,20	0,00	0,0009
Sal. Karang Sari 2	T	0,30	0,30	0,30	0,20	0,50	0,00	0,0116
Sal. Klenteng (R3)	P	8,00	8,00	2,00	0,50	2,50	0,00	0,0008

Nama Saluran	Saluran	Dimensi Saluran Rencana						
		b	B	W	H	H'	Talud	Slope
Sal. Latsari I Timur	T	0,70	0,70	0,20	0,50	0,70	0,00	0,0019
Sal. Makam Sidorekso	T	1,20	1,20	0,20	0,80	1,00	0,00	0,0027
Sal. Latsari II	S	1,30	1,30	0,30	1,00	1,30	0,00	0,0012
Sal. Makam Karang Sari	T	1,00	1,00	0,20	0,70	0,90	0,00	0,0132
Sal. Latsari I Barat	T	1,00	1,00	0,20	0,80	1,00	0,00	0,0025
Sal. Karang Sari 1	S	1,50	1,50	0,30	1,20	1,50	0,00	0,0020
Sal. Klenteng (R1)	P	1,50	1,50	0,50	1,00	1,50	0,00	0,0023
Sal. Buntu	T	0,75	0,75	0,20	0,80	1,00	0,00	0,0057
Sal. Klenteng (R2)	P	4,00	4,00	0,70	0,50	1,20	0,00	0,0010
Sal. Karang Sari 2	T	0,30	0,30	0,20	0,30	0,75	0,00	0,0116
Sal. Klenteng (R3)	P	8,00	8,00	0,50	2,00	2,50	0,00	0,0010

Keterangan :      Dimensi yang dirubah

Sumber : Hasil Analisa

(Gambar saluran eksisting dapat dilihat pada lampiran gambar rencana sistem drainase)

#### 4.8.1 Perhitungan Rancangan Biaya Alternatif I

Perhitungan rancangan biaya dilakukan dengan menggunakan daftar harga satuan pokok daerah lokasi terlebih dahulu sesuai dengan standar nasional yang berlaku. Berikut adalah daftar tabel HSPK ( Harga Satuan Pokok Kegiatan) sesuai dengan ketentuan berlaku.

Tabel 4.13 Rekapitulasi Harga Satuan Pokok Kegiatan Pekerjaan Persiapan

No.	Uraian Kegiatan	Satuan	Jumlah Harga
1.	Pengukuran dan pas. Bouwplank	<i>m</i>	Rp.77.551,46
2.	Uitzet dengan waterpass/theodolit	<i>m</i>	Rp.3.220,02
3.	Pembersihan Lokasi	<i>m<sup>2</sup></i>	Rp.6.750,00
4.	Pembuatan Gudang Semen & alat-alat	<i>m<sup>2</sup></i>	Rp.1.293.474,08
5.	Pembuatan KISDAM tinggi 1,0m tebal 0,6 m	<i>m</i>	Rp.160.016,25
6.	Pemasangan Turap Papan tebal 3cm	<i>m<sup>2</sup></i>	Rp.241.151,40
7.	Pengangkutan Tanah Keluar Proyek	<i>m<sup>2</sup></i>	Rp.60.875,00
8.	Galian Tanah Biasa	<i>m<sup>3</sup></i>	Rp.30.325,00
9.	Galian Perkerasan Jalan	<i>m<sup>3</sup></i>	Rp.55.292,00
10.	Pembongkaran Beton	<i>m<sup>3</sup></i>	Rp.177.200,00
11.	Pekerjaan Saluran Beton PRECAST (fabrikasi) BC 2000/1500-1200	<i>m</i>	Rp.7.387.359,75
12.	Pekerjaan Saluran Beton PRECAST (fabrikasi) U Gutter 1500/1500-1200	<i>m</i>	Rp.5.115.332,93
13.	Pekerjaan Saluran Beton PRECAST (fabrikasi) U Gutter 1000/1000-2500	<i>m</i>	Rp.2.000.705,25
14.	Pasang Rambu Pengaman	<i>m</i>	Rp.438.544,00
15.	Pemasangan Dinding Bata	<i>m<sup>2</sup></i>	Rp.108.961,53
16.	Pemasangan Paving	<i>m<sup>2</sup></i>	Rp.91.712,50

Keterangan : Kelengkapan data terdapat pada lampiran.

Sumber : Daftar Harga Satuan Pokok Kabupaten Tuban 2014



## 4.8.2 Perhitungan Rancangan Biaya

Tabel 4.14 Perhitungan Rancangan Biaya

No.	Uraian Kegiatan	Volume	Jumlah Harga
1.	Pengukuran dan pas. Bouwplank	1069,94 m	Rp.82.975.409,11
2.	Uitzet dengan waterpass/theodolit	1069,94 m	Rp.3.445.228,199
3.	Pembersihan Lokasi	1663,665 m <sup>2</sup>	Rp.11.229.738,75
4.	Pembuatan Gudang Semen & alat-alat	9 m <sup>2</sup>	Rp.11.641.266,72
5.	Pembuatan KISDAM tinggi 1,0m tebal 0,6 m	1069,94 m	Rp.171.207.786,5
6.	Pemasangan Turap Papan tebal 3cm	1069,94 m	Rp.258.017.528,9
7.	Pengangkutan Tanah Keluar Proyek	339,888m <sup>3</sup>	Rp.20.690.682
8.	Galian Tanah Biasa	339,888m <sup>3</sup>	Rp.10.307.103,6
9.	Galian Perkerasan Jalan	182,58 m <sup>3</sup>	Rp.10.095.213,36
10.	Pembongkaran Beton	1136,855 m <sup>3</sup>	Rp.201.450.706
11.	Pekerjaan Saluran Beton PRECAST (fabrikasi) BC 2000/1500-1200	121,72 m	Rp.899.189.428,77
12.	Pekerjaan Saluran Beton PRECAST (fabrikasi) U Gutter 1500/1500-1200	277,27 m	Rp.1.418.328.361,50
13.	Pekerjaan Saluran Beton PRECAST (fabrikasi) U Gutter 1000/1000-2500	670,65 m	Rp.1.341.772.975,91
14.	Pasang Rambu Pengaman	100 m	Rp.87.708.800
15.	Pemasangan Paving	257,58 m <sup>2</sup>	Rp.23.623.305,75
<b>Total Biaya</b>			<b>Rp. 4.551.683.535,07</b>

Sumber : Hasil Analisa

## 4.9 Alternatif II Perencanaan Dimensi Saluran Baru dan Sumur Resapan

### 4.9.1 Perencanaan Sumur Resapan

Pada alternatif ini digunakan perpaduan antara perubahan dimensi baru dan perencanaan sumur resapan untuk menanggulangi banjir. Pada studi ini sumur resapan akan dilakukan pada dua saluran yaitu saluran Latsari II dan saluran Latsari I Barat. Berikut ini adalah perhitungan perencanaan sumur resapan :

(Gambar penentuan lokasi sumur resapan dapat dilihat pada lampiran gambar rencana sumur resapan sistem drainase klenteng)

Kedalaman rencana : 3 m

Diameter : 1 m

Debit limpasan pada saluran rencana :

Saluran Latsari II : 0,009 m<sup>3</sup>/dt

Saluran Latsari I Barat : 0,002 m<sup>3</sup>/dt

Faktor Geometri (F) : 3,14

Durasi Hujan (T) : 4x 60 x 60 = 14400 detik

Koefesien Permeabilitas (K) : 0,0000167 m<sup>3</sup>/dt

$$\begin{aligned} V_{\text{Sumur}} &= \pi \cdot R^2 \cdot H \\ &= 3,14 \cdot 0,5^2 \cdot 3 \\ &= 0,5888 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{Sumur}} &= \frac{H \cdot F \cdot K}{1 - e^{-\left[\frac{F \cdot K \cdot T}{\pi r^2}\right]}} \\ &= \frac{3,14 \times 0,0000167 \times 3}{1 - e^{-\left(\frac{3,14 \cdot 0,0000167 \cdot 14400}{\pi \cdot 0,5^2}\right)}} \\ &= 0,000827 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Debit resapsumur resapan

$$\begin{aligned} Q_0 &= F \cdot K \cdot H \\ &= 3,14 \cdot 0,0000167 \cdot 3 \\ &= 0,0001573 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Waktu resap air dalam sumur resapan ke dalam tanah

$$\begin{aligned} t_{\text{resap}} &= V_{\text{sumur}} / Q_0 \\ &= 0,5888 / 0,0001573 \\ &= 3750,318 \text{ detik} = 62,50 \text{ menit} \end{aligned}$$

Jumlah sumur yang diperlukan

$$\begin{aligned} n &= Q_{\text{genangan}} / Q_{\text{Sumur}} \\ &= 0,009 / 0,000827 \\ &= 11 \text{ buah sumur resapan} \end{aligned}$$

Tabel 4.15 Perhitungan Perencanaan Sumur Resapan Kala Ulang 5 Tahun

No	Nama Jalan	H	D	R	F	K	T	V sumur	Q sumur	Q resap	t resap
		m	m	m		m/dt	Detik	(m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup> /dt	m <sup>3</sup> /dt	menit
1	Latsari II	3	1	0,5	3,14	0,0000167	14400	0,5888	0,000827	0,000157	62,50
2	Latsari I Barat	3	1	0,5	3,14	0,0000167	14400	0,5888	0,000827	0,000157	62,50

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.16 Perhitungan Jumlah Sumur Resapan

No.	Nama Jalan	Q Melimpas	Q Melimpas	V Sumur	Q Sumur	Jumlah Sumur
		(m <sup>3</sup> /dt)	(m <sup>3</sup> /jam)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> /dt)	
1	Latsari II	0,009	32,4	0,5888	0,000827	11
2	Latsari I Barat	0,002	7,2	0,5888	0,000827	3
Total						14

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.9.2 Biaya Pengerjaan Sumur Resapan

Jumlah sumur yang dibutuhkan : 14 buah

Volume galian :  $\mu \times r^2 \times t$

$$3,14 \times 0,5^2 \times 3 = 2,355 \text{ m}^3$$

Biaya galian per m<sup>3</sup> = Rp. 33.325,-

$$\begin{aligned} \text{Maka untuk satu sumur} &= \text{Galian} \times \text{Biaya Galian} + \text{Pentup Beton} + \text{Psg. Bata} \\ &= (2,355 \times \text{Rp.}33.325) + \text{Rp.}43.960 + \text{Rp.}923,160 \\ &= \text{Rp.}1.045.600,- \end{aligned}$$

Harga beton penutup sumur = Rp. 43,960,-

Batu Bata =  $98.000 / m^2 \times (3,14 \times 1 \times 3) = \text{Rp.} 923.160,-$

Maka pembiayaan untuk pembuatan 14 sumur resapan adalah : Rp. 14.638.405,-



### 4.9.3 Biaya Pengerjaan Drainase Alternatif II

Tabel 4.17 Biaya Pengerjaan Alternatif II

No.	Uraian Kegiatan	Volume	Jumlah Harga
1.	Pengukuran dan pas. Bouwplank	384,3 m	Rp.82.975.409,11
2.	Uitzet dengan waterpass/theodolit	384,3 m	Rp.3.445.228,199
3.	Pembersihan Lokasi	1663,665 m <sup>2</sup>	Rp.11.229.738,75
4.	Pembuatan Gudang Semen & alat-alat	9 m <sup>2</sup>	Rp.11.641.266,72
5.	Pembuatan KISDAM tinggi 1,0m tebal 0,6 m	384,3 m	Rp.171.207.786,5
6.	Pemasangan Turap Papan tebal 3cm	384,3 m	Rp.258.017.528,9
7.	Pengangkutan Tanah Keluar Proyek	218,28m <sup>3</sup>	Rp.20.690.682
8.	Galian Tanah Biasa	218,28m <sup>3</sup>	Rp.10.307.103,6
9.	Galian Perkerasan Jalan	182,58 m <sup>3</sup>	Rp.10.095.213,36
10.	Pembongkaran Beton	736,855 m <sup>3</sup>	Rp.201.450.706
11.	Pekerjaan Saluran Beton PRECAST (fabrikasi) BC 2000/1500-1200	121,72 m	Rp.899.189.428,77
12.	Pekerjaan Saluran Beton PRECAST (fabrikasi) U Gutter 1000/1000-2500	262,58 m	Rp.525.345.184,55
13.	Pasang Rambu Pengaman	100 m	Rp.87.708.800
14.	Pemasangan Paving	137,47 m <sup>2</sup>	Rp.23.623.305,75
<b>Total Biaya</b>			<b>Rp. 2.316.927.382,20</b>

Sumber : Hasil Analisa

### 4.9.4 Biaya Total Alternatif II

Sumur Resapan	= Rp. 14.638.405,-
Rehabilitasi Saluran	= Rp. <u>2.316.927.382,20</u>
Total	= Rp. 2.331.565.787,20

