

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Hujan Rencana

Analisis hujan rencana menggunakan distribusi curah hujan berdasarkan data hujan yang diperoleh dari stasiun curah hujan setempat.

4.2 Identifikasi Stasiun Curah Hujan

Di Surabaya terdapat 10 stasiun pencatat curah hujan. Berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum propinsi Jatim (Gambar 4.1), maka stasiun hujan yang berpengaruh besar pada lokasi studi adalah Stasiun Hujan Wonorejo. Untuk itu dalam analisis curah hujan rata-rata hanya menggunakan data hujan dari stasiun tersebut.

4.3 Identifikasi Hujan Harian Maksimal

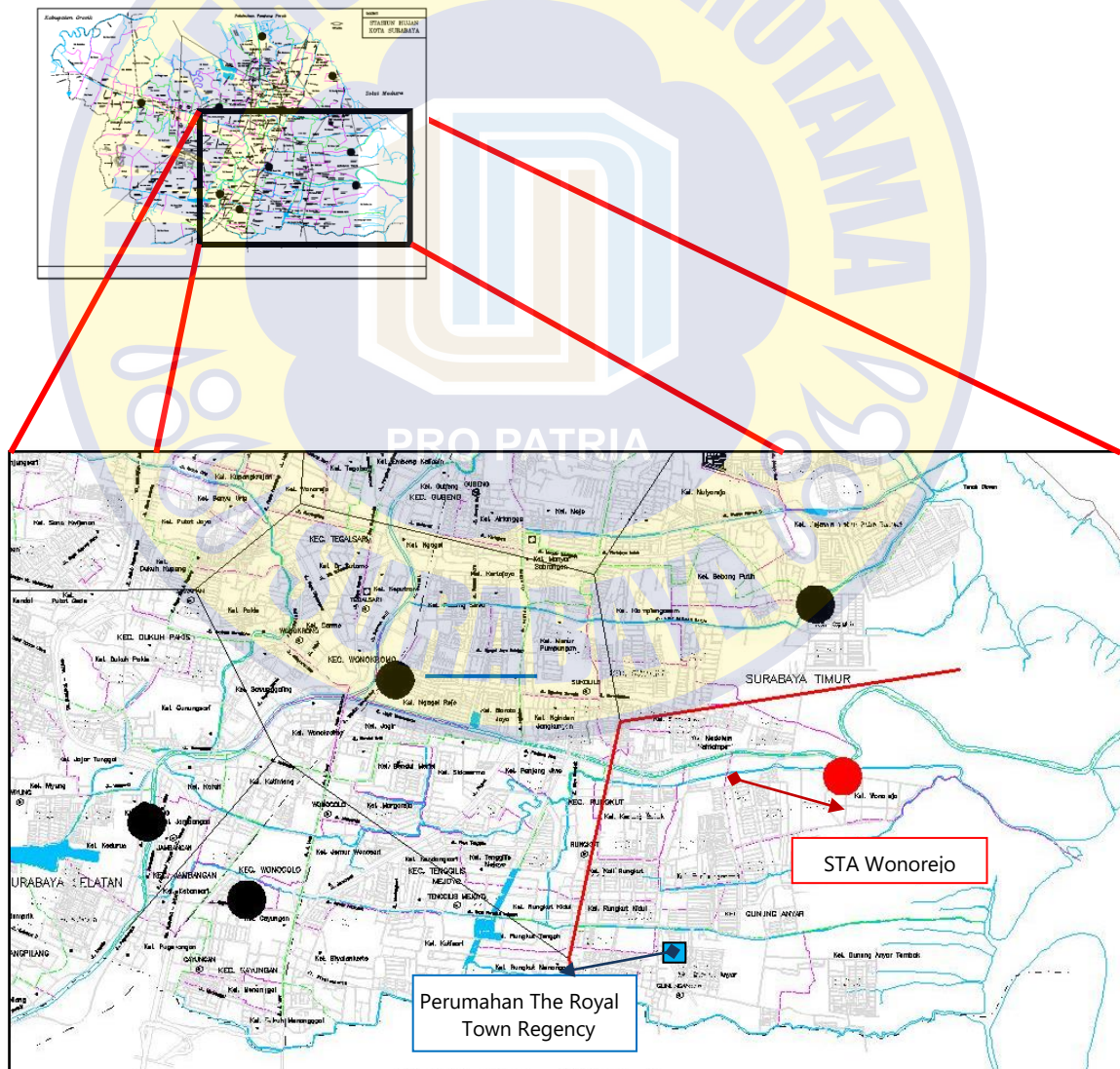
Tabel 4.1. menunjukkan hasil pencatatan curah hujan dari Stasiun Hujan Wonorejo (kode 129), dengan posisi astronomis pada $07^{\circ}16,081$ LS dan $112^{\circ}45,017'$ BT. Data yang digunakan adalah curah hujan harian maksimal yang terjadi dalam satu tahun. Pencatatan dilakukan untuk tiap tahun pengamatan.

4.4 Curah Hujan Rata-Rata

Berdasarkan kondisi bahwa daerah studi hanya dipengaruhi oleh satu stasiun hujan, maka nilai curah hujan harian maksimal (Tabel 4.1) dihitung langsung dari data yang tercatat pada stasiun tersebut.

4.5 Karakteristik Statistik Data Curah Hujan

Karakteristik yang dimaksud dalam laporan ini adalah karakteristik distribusi peluang data yang biasanya ditunjukkan dengan nilai penyimpangan (Standart Deviasi), Derajat Kemencengan (C_s), Derajat variasi (CV), dan derajat bentuk puncak/kurtosis (C_k). Nilai karakteristik ini diperlukan untuk mengevaluasi data hujan yang ada, lebih mengarah kepada jenis distribusi yang mana. Tabel 4.2. menunjukkan hasil perhitungan statistik data hujan, sedangkan tabel 4.3. menunjukkan perbandingan antara hasil perhitungan statistik data dan Standart distribusi peluang.



- Stasiun Hujan tak berpengaruh
- Stasiun Hujan berpengaruh

Gambar 4.1. Sebaran stasiun hujan di Surabaya (peta insert) dan batas pengaruh Stasiun Hujan Wonorejo dalam bentuk Poligon Thiesen.

Tabel 4.1. Curah hujan harian maksimum Stasiun Wonorejo

No	Tahun	Hujan (mm)
1	2000	115
2	2001	200
3	2002	115
4	2003	76
5	2004	85
6	2005	90
7	2006	153
8	2007	71
9	2008	68
10	2009	98
11	2010	98
12	2011	94
13	2012	95
14	2013	85
15	2014	100
16	2015	109
17	2016	121
18	2017	122
19	2018	85
20	2019	66
21	2020	97
22	2021	90

23	2022	100
----	------	-----

Tabel 4.2. Karakteristik statistik data curah hujan

No	Tahun	X	(X-Xi)	(X-Xi) ²	(X-Xi) ³	(X-Xi) ⁴
1	2000	115	10,54	111,06	1170,39	12334,14
2	2001	200	95,54	9127,60	872036,64	83313038,55
3	2002	115	10,54	111,06	1170,39	12334,14
4	2003	76	-28,46	810,06	-23055,53	656195,86
5	2004	85	-19,46	378,75	-7371,09	143452,68
6	2005	90	-14,46	209,14	-3024,43	43737,91
7	2006	153	48,54	2355,98	114355,75	5550652,36
8	2007	71	-33,46	1119,67	-37466,03	1253671,11
9	2008	68	-36,46	1329,44	48473,57	1767420,78
10	2009	98	-6,46	41,75	-269,78	1743,19
11	2010	98	-6,46	41,75	-269,78	1743,19
12	2011	94	-10,46	109,44	-1144,95	11977,94
13	2012	95	-9,46	89,52	-847,00	8013,96
14	2013	85	-19,46	378,75	-7371,09	143452,68
15	2014	100	-4,46	19,91	-88,81	396,22
16	2015	109	4,54	20,60	93,48	424,26
17	2016	121	16,54	273,52	4523,61	74813,58
18	2017	122	17,54	307,60	5394,79	94616,30
19	2018	85	-19,46	378,75	-7371,09	143452,68
20	2019	66	-38,46	1479,29	-56895,77	2188298,73
21	2020	97	-7,46	55,67	-415,42	3099,66
22	2021	90	-14,46	209,14	-3024,43	43737,91
23	2022	100	-4,46	19,91	-88,81	396,22
Total		2333	-70	18978	898515	95469004
Rerata (Xi)		104,46	0,0	825,1	39065,9	4150826,3

$$s = \sqrt{\frac{\sum (R - \bar{R})^2}{N-1}} = 29,21$$

$$Cv = \frac{s}{x} = 0,28$$

$$Cs = \frac{\sum (x - \bar{x})^3 \cdot N}{(N-1)(N-2)s^3} = 3,552$$

$$Ck = \frac{\sum (x - \bar{x})^4 \cdot N^2}{(N-1)(N-2)(N-3)s^4} = 16,80$$

Tabel 4.3. Perbandingan antara hasil perhitungan statistik dan standart distribusi

Data	Hasil	Distribusi				
		Normal	Gumbel	Pearson Type III	Log Pearson Type III	Log Normal
R	104,5					
s	29,21					
Cs	3,55	0	1,139	Fleksibel	0 < Cs < 9	Cs > 0
Ck	16,80	3	5,402	Fleksibel		Ck > 0
Cv	0,28					

4.6 Distribusi Frekuensi & Uji Kecocokan

Studi gelombang dibutuhkan menentukan kesesuaian peredaran mencerminkan berita yang tersedia didapatkan pos pengukur hujan dari sekitar lokasi kerja. Angka hujan dimanfaatkan guna analisis frekuensi. Probabilitas Gumbel, log

Pearson tipe III, serta log normal ialah layaknya kajian frekuensi yang umum pada hidrologi.

4.6.1 Perhitungan hujan rencana metode Gumbel

Berikut komposisi yang dipakai,

$$X_T = X + K \cdot S_x$$

dimana :

X_T = variasi yang diproyeksikan, ialah jumlah curah hujan rencana interval pengulangan tahun-T (mm)

X = harga rerata dari harga (mm)

S_x = standar deviasi

K = Faktor ditentukan oleh interval kekambuhan dan jenis frekuensi relatif.

Cara yang menyertainya menghitung komponen frekuensi K ialah nilai absolut

Gumbel:

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

dengan :

Y_T = *Reduced variete* (dilihat dari table)

Y_n = *Reduced mean* (dilihat dari table)

S_n = *Reduced standart deviation* sebagai fungsi dari banyaknya data n

Dengan mensubstitusi kedua persamaan di atas diperoleh :

$$X_T = X + \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \cdot S$$

Perhitungan curah hujan diantisipasi metode Gumbel guna periode ulang dua tahun ditunjukkan:

X rata rata = 101,43 mm

Standart Deviasi (Sd) = 29,21

Jumlah Data = 23

Meskipun ini dihitung dari tabel Y_n dan S_n memakai total 13 titik data:

$Y_n = 0,5236$

$S_n = 1,0628$

Dari dengan periode ulang 2 tahun diperoleh $Y_t = 0.367$

$$X_2 = 101,43 + \frac{29,21}{1,0628} \cdot (0.367 - 0,5236)$$

$X_2 = 97,13$ mm

Perhitungan untuk periode ulang lainnya dapat dilihat pada tabel 4.4. berikut :

Tabel 4.4. Perhitungan hujan rencana metode Gumbel

PERHITUNGAN TINGGI HUJAN RENCANA METODE GUMBEL							
No	Periode Ulang (T) Tahun	Xrata-rata	Sd	Sn	Y	Yn	Xt
1	2	101,43	29,21	1,0628	0,367	0,5236	97,118
2	5	101,43	29,21	1,0628	1,500	0,5236	128,266
3	10	101,43	29,21	1,0628	2,250	0,5236	148,889
4	25	101,43	29,21	1,0628	3,199	0,5236	174,946
5	50	101,43	29,21	1,0628	3,902	0,5236	194,277
6	100	101,43	29,21	1,0628	4,600	0,5236	213,465

4.6.2 Perhitungan hujan rencana metode Log Pearson tipe III

Perumusan yang digunakan adalah sebagai berikut,

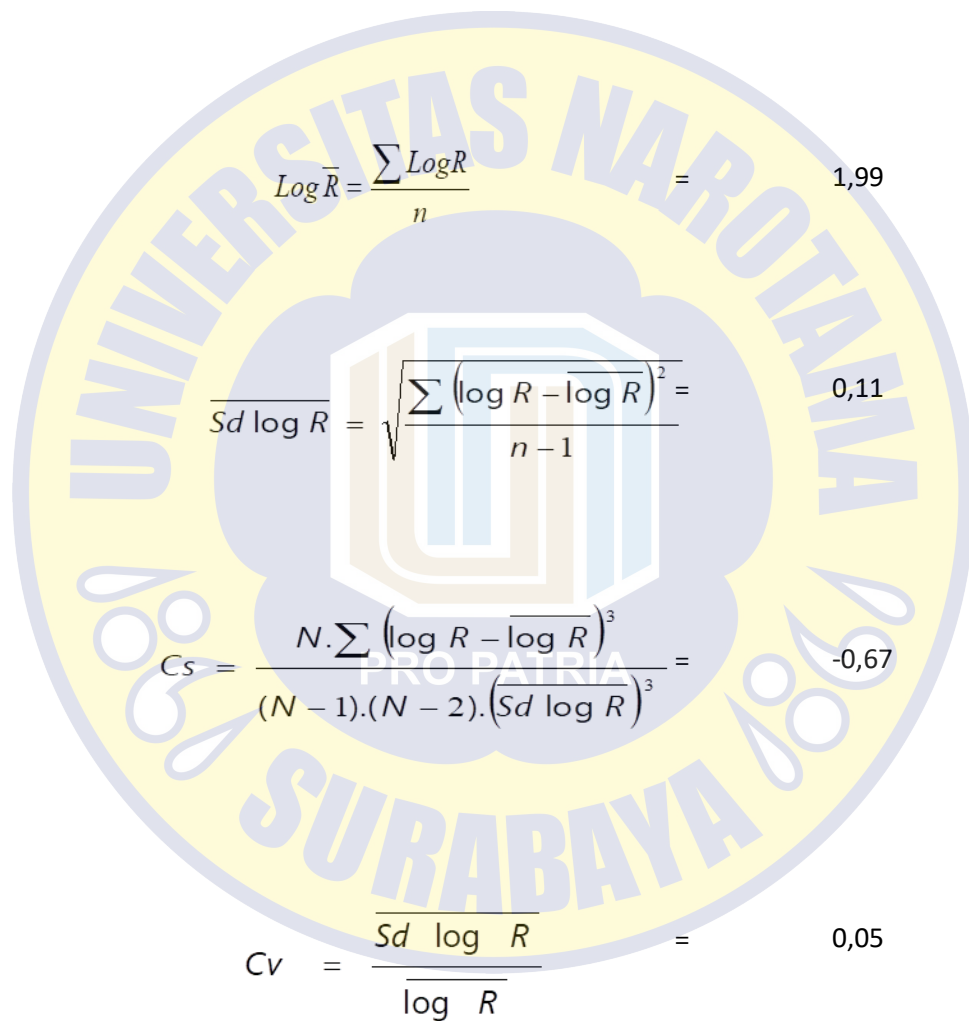
$$\text{Log } P = \text{Log } X + G \cdot Sd$$

Perhitungan hujan rencana metode Log Pearson untuk periode ulang 2 tahun dihitung seperti tabel berikut:

Tabel 4.5. Perhitungan karakteristik data dalam Log Pearson tipe III

Jumlah data	Tahun	R(mm)	$\text{Log}R$	$(\text{Log}R - \text{Log}\bar{R})$	$(\text{Log}R - \text{Log}\bar{R})^2$	$(\text{Log}R - \text{Log}\bar{R})^3$
1	2000	115	2,06	0,069	0,0047	0,00033
2	2001	200	2,30	0,309	0,0955	-0,02953
3	2002	115	2,06	0,069	0,0047	-0,00033
4	2003	76	1,88	-0,111	0,0123	0,00137
5	2004	85	1,93	-0,063	0,0039	0,00024
6	2005	90	1,95	-0,038	0,0014	-0,00005
7	2006	153	2,18	0,193	0,0372	0,00716
8	2007	71	1,85	-0,141	0,0198	-0,00278
9	2008	68	1,83	-0,159	0,0254	0,00405
10	2009	98	1,99	-0,001	0,0000	0,00000
11	2010	98	1,99	-0,001	0,0000	0,00000
12	2011	94	1,97	-0,019	0,0004	-0,00001
13	2012	95	1,98	-0,014	0,0002	0,00000
14	2013	85	1,93	-0,063	0,0039	0,00024
15	2014	100	2,00	0,008	0,0001	0,00000

16	2015	109	2,04	0,045	0,0021	0,00009
17	2016	121	2,08	0,091	0,0083	0,00075
18	2017	122	2,09	0,094	0,0089	0,00084
19	2018	85	1,93	-0,063	0,0039	0,00024
20	2019	66	1,82	-0,172	0,0297	0,00512
21	2020	97	1,99	-0,005	0,0000	0,00000
22	2021	90	1,95	-0,038	0,0014	-0,00005
23	2022	100	2,00	0,008	0,0001	0,00000
Jumlah			36,12		0,23	-0,0176



$$\overline{\text{Log } R} = \frac{\sum \text{Log } R}{n} = 1,99$$

$$\text{Sd } \log R = \sqrt{\frac{\sum (\log R - \overline{\log R})^2}{n - 1}} = 0,11$$

$$C_s = \frac{N \cdot \sum (\log R - \overline{\log R})^3}{(N - 1) \cdot (N - 2) \cdot (\text{Sd } \log R)^3} = -0,67$$

$$C_v = \frac{\text{Sd } \log R}{\overline{\log R}} = 0,05$$

X rata-rata = 1,99 mm

Standart Deviasi (Sd) = 0,11

Jumlah Data = 23

Dengan jumlah data sebanyak 13 dan periode ulang 2 tahun maka dari tabel Log

Pearson diperoleh angka Koefisien Distribusi= -0,176

$$\text{Log } X_2 = 1,94 + (0,13x(-0.176))$$

$$= 1,976$$

$$X_2 = 93,89 \text{ mm}$$

Perhitungan untuk periode ulang lainnya dapat dilihat pada tabel 4.6. berikut,

Periode Ulang (T)	Curah rata-rata (Log R)	Standart deviasi $SdLogR$	Faktor distribusi (K)	Hujan harian maksimum $LogR$	Hujan harian maksimum (Rt)
2	1,99	0,11	-0,1764	1,973	93,89
5	1,99	0,11	0,7476	2,074	118,53
10	1,99	0,11	1,34	2,139	137,63
25	1,99	0,11	2,0606	2,218	165,06
50	1,99	0,11	2,5756	2,274	187,95
100	1,99	0,11	3,0728	2,329	213,07

4.6.3 Perhitungan hujan rencana metode Log Normal

Perhitungan hujan rencana metode Log Normal untuk periode ulang 2 tahun dihitung

seperti tabel berikut:

Jumlah data	Tahun	R(mm)	\overline{LogR}	$(LogR - \overline{LogR})$	$(LogR - \overline{LogR})^2$	$(LogR - \overline{LogR})^3$
1	2000	115	2,06	0,054	0,0029	0,00016
2	2001	200	2,30	0,294	0,0865	-0,02544
3	2002	115	2,06	0,054	0,0029	-0,00016
4	2003	76	1,88	-0,126	0,0159	0,00201
5	2004	85	1,93	-0,078	0,0060	0,00047
6	2005	90	1,95	-0,053	0,0028	-0,00015
7	2006	153	2,18	0,178	0,0316	0,00562
8	2007	71	1,85	-0,156	0,0242	-0,00377

9	2008	68	1,83	-0,174	0,0304	0,00531
10	2009	98	1,99	-0,016	0,0002	0,00000
11	2010	98	1,99	-0,016	0,0002	0,00000
12	2011	94	1,97	-0,034	0,0011	-0,00004
13	2012	95	1,98	-0,029	0,0009	-0,00002
14	2013	85	1,93	-0,078	0,0060	0,00047
15	2014	100	2,00	-0,007	0,0000	0,00000
16	2015	109	2,04	0,031	0,0009	0,00003
17	2016	121	2,08	0,076	0,0058	0,00044
18	2017	122	2,09	0,079	0,0063	0,00050
19	2018	85	1,93	-0,078	0,0060	-0,00047
20	2019	66	1,82	-0,187	0,0351	-0,00658
21	2020	97	1,99	-0,020	0,0004	-0,00001
22	2021	90	1,95	-0,053	0,0028	-0,00015
23	2022	100	2,00	-0,007	0,0000	0,00000
Jumlah			36,12	0,00	0,22	-0,015

$$\overline{\log R} = \frac{\sum \log R}{n} = 2,01$$

$$Sd \log R = \sqrt{\frac{\sum (\log R - \overline{\log R})^2}{n-1}} = 0,11$$

$$C_s = \frac{N \cdot \sum (\log R - \overline{\log R})^3}{(N-1) \cdot (N-2) \cdot (Sd \log R)^3} = -0,48$$

$$C_v = \frac{Sd \log R}{\overline{\log R}} = 0,06$$

X rata rata = 2,01 mm

Standart Deviasi (Sd) = 0,11

Jumlah Data = 23

Dengan jumlah data sebanyak 23 dan periode ulang 2 tahun maka dari tabel Log

Normal diperoleh angka Koefisien Distribusi = -0.025

$$\text{Log } X_2 = 2,01 + (0,11 \times (-0,025)) = 2,0075$$

$$X_2 = 100,94 \text{ mm}$$

Perhitungan untuk periode ulang lainnya dapat dilihat pada tabel 4.7. berikut,

Periode Ulang (T)	Curah rata-rata (Log R)	Standart deviasi \overline{SdLogR}	Faktor distribusi (K)	Hujan harian maksimum \overline{LogR}	Hujan harian maksimum (Rt)
2	2,01	0,11	-0,025	2,004	100,94
5	2,01	0,11	0,833	2,103	126,69
10	2,01	0,11	1,297	2,156	143,22
25	2,01	0,11	1,696	2,202	159,20
50	2,01	0,11	2,134	2,252	178,78
100	2,01	0,11	2,457	2,289	194,73

4.7 Perhitungan Uji Distribusi

4.7.1 Uji Chi Distribusi Gumbel

$$C_s = 3,552$$

$$\text{Jumlah data (n)} = 23$$

$$\text{Jumlah kelas (G)} = 1 + 3,322 \text{ LogNR} = 104,46$$

$$= 6,00 \quad S = 29,21$$

$$\text{Peluang interval (P)} = 1/G$$

$$= 0,176$$

- Sub Grup I = P ≤ 0,17
- Sub Grup II = P ≤ 0,33
- Sub Grup III = P ≤ 0,5
- Sub Grup IV = P ≤ 0,67
- Sub Grup V = P > 0,67

Tabel 4.8 Perhitungan faktor distribusi Gumbel

Probabilitas	Periode Ulang	Xrata-rata	Sd	Sn	Y	Yn	Xt
0,17	1,2	104,46	29,21	1,0628	-0,583	0,5236	74,045
0,33	1,5	104,46	29,21	1,0628	-0,094	0,5236	87,488
0,50	2	104,46	29,21	1,0628	0,367	0,5236	100,145
0,67	3	104,46	29,21	1,0628	0,903	0,5236	114,880

No	Interval sub kelompok	Jumlah data		Oi - Ei	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
		Oi	Ei		
1	R ≤ 74,045	3	4,6	-1,6	0,557
2	74,045 - 87,488	4,00	4,6	-0,6	0,078
3	87,488 - 100,145	9,00	4,6	4,4	4,209
4	100,145 - 114,88	1,00	4,6	-3,6	2,817
5	R ≥ 114,88	6,00	4,6	1,4	0,426
	Jumlah	23	23		8,087

Dari tabel diatas didapat $\lambda = 8,087 > 5,991$ (batas kristis untuk derajat kebebasan sebesar $dk = 5 - (2+1) = 2$, jadi distribusi Gumbel ditolak.

4.7.2 Uji Chi Distribusi Log Pearson tipe III

$$C_s = 3,55$$

$$\text{Jumlah data (n)} = 23$$

$$\text{Jumlah kelas (G)} = 1 + 3.322 \text{ Log}N \quad R = 104,46$$

$$= 5,52 \quad S = 29,21$$

$$\text{Peluang interval (P)} = 1/G$$

$$= 0,2$$

- Sub Grup I = P ≤ 0,20
- Sub Grup II = P ≤ 0,40
- Sub Grup III = P ≤ 0,60
- Sub Grup IV = P ≤ 0,80
- Sub Grup V = P > 0,80

Tabel 4.9 Perhitungan faktor distribusi Log Pearson tipe III

Probabilitas	Periode Ulang	Xrata-rata	Sd	K	Log R	R
0,2	1,25	1,99	0,11	-0,4512	1,943	87,60
0,4	1,66667	1,99	0,11	-0,2149	1,968	92,98
0,6	2,5	1,99	0,11	0,11832	2,005	101,14
0,8	5	1,99	0,11	0,7476	2,074	118,53

No	Interval sub kelompok	Jumlah data		Oi - Ei	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
		O _i	E _i		
1	R ≤ 87,602	7	4,6	2,4	1,252
2	87,602 - 92,984	2	4,6	-2,6	1,470
3	92,984 - 101,135	7	4,6	2,4	1,252
4	101,135 - 118,53	3	4,6	-1,6	0,557
5	R ≥ 118,53	4	4,6	-0,6	0,078
Jumlah		23	23		4,609

Dari tabel diatas didapat $\lambda = 4,609 < 5,991$ (batas kristis untuk derajat kebebasan sebesar $dk = 5-2-1 = 2$, jadi distribusi Log pearson tipe III diterima.

4.7.3 Uji Chi distribusi Log Normal

$$C_s = 0,01$$

$$\text{Jumlah data (n)} = 13$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah kelas (G)} &= 1 + 3.322 \text{ Log}N & R &= 104,46 \\ &= 5,00 & S &= 36,33 \\ \text{Peluang interval (P)} &= 1/G \\ &= 0,2 \end{aligned}$$

- Sub Grup I = $P \leq 0,20$
- Sub Grup II = $P \leq 0,40$
- Sub Grup III = $P \leq 0,60$
- Sub Grup IV = $P \leq 0,80$
- Sub Grup V = $P > 0,80$

Tabel 4.10 Perhitungan faktor distribusi Log Normal

Probabilitas	Periode Ulang	Xrata-rata	Sd	K	Log R	R
0,2	1,25	2,01	0,11	-0,1325	1,992	98,11
0,4	1,66667	2,01	0,11	0,04368	2,012	102,79
0,6	2,5	2,01	0,11	0,29194	2,040	109,77
0,8	5	2,01	0,11	0,8334	2,103	126,69

No	Interval	Jumlah data		Oi - Ei	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
	sub kelompok	Oi	Ei		
1	$R \leq 98,106$	10	3,6	6,4	11,378
2	98,106 - 102,789	1	3,6	-2,6	1,878
3	102,789 - 109,773	1	3,6	-2,6	1,878
4	109,773 - 126,693	4	3,6	0,4	0,044
5	$R \geq 126,693$	2	3,6	-1,6	0,711
Jumlah		18	18		15,889

Dari tabel diatas didapat $\lambda = 15,889 > 5,991$ (batas kristis untuk derajat kebebasan sebesar $dk = 5-2-1 = 2$, jadi distribusi Log normal ditolak.

Perhitungan pengujian distribusi dapat direkap sebagai berikut :

Metode	Chi- Test
Gumbel	$8,087 < 5,991$
Log Pearson tipe III	$4,609 < 5,991$
Log Normal	$15,889 > 5,991$

Dari hasil pengujian ini terlihat bahwa hanya distribusi Log Pearson tipe III yang memenuhi syarat dengan memiliki nilai Chi test yang paling kecil.

Dengan demikian makan tinggi hujan rencana ditetapkan mengikuti distribusi Log Pearson tipe III dengan data sebagai berikut :

R2 = 93,89 mm

R5 = 118,53 mm

R10 = 137,63 mm

R25 = 165,06 mm

R50 = 187,95 mm

R100 = 213,07 mm

4.8 Perhitungan Debit Rencana

4.8.1 Debit di Sekitar Kawasan pembangunan Perumahan Royal Town Regency Surabaya

Perhitungan debit rencana untuk saluran rencana disekitar kawasan dilakukan dengan kondisi debit banjir setelah dibangun Perumahan Royal Town Regency di Jl. Graha Gunung Anyar Surabaya. Debit tersebut dipengaruhi oleh nilai koefisien rencana yang telah berubah dari koefisien kondisi eksisting karena pada kondisi eksisting lahan tersebut berupa lahan kosong. Dengan dibangunnya Perumahan Royal Town Regency maka koefisien pengalirannya menjadi 0,80.

Perhitungan debit banjir rencana ini dilakukan dengan perumusan rasional dan dengan periode ulang 5 tahun. Sebagai contoh, dilakukan perhitungan debit banjir untuk Perumahan Royal Town Regency di Jl. Graha Gunung Anyar Surabaya sebagai berikut :

Titik Kontrol P2

$$\text{Luas pengaruh pada CA} = 0,0057782 \text{ Km}^2$$

$$\text{Panjang saluran (LS)} = 0,0680 \text{ Km}$$

$$\text{Panjang Aliran lahan (LH)} = 0,1240 \text{ Km}$$

$$\text{Beda Tinggi lahan (DH)} = 0,000257 \text{ Km}$$

$$\text{Beda Tinggi saluran (DH)} = 0,000145 \text{ Km}$$

$$\text{Kemiringan Lahan (IH)} = 0,00207$$

$$\text{Kemiringan saluran (IS)} = 0,00213$$

$$\text{Koef Pengaliran} = 0,80$$

$$VH = 72 (IH/L)^{0.6} \text{ (km/jam)}$$

$$= 72 (0,00207)^{0.6}$$

$$= 1,7670 \text{ m/dt}$$

$$\begin{aligned} \text{TH} &= L/V \\ &= \frac{124 \text{ m}}{1,7670 \text{ m/dt}} \\ &= 0,0195 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{VS} &= 72 (\text{IS})^{0.6} \text{ (km/jam)} \\ &= 72 (0,00213)^{0.6} \\ &= 1,7974 \text{ m/dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TS} &= L/\text{VS} \\ &= \frac{68 \text{ m}}{1,7974 \text{ m/dt}} \\ &= 0,0105 \text{ Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TC} &= \text{TH} + \text{TS} \\ &= 0,0195 + 0,0105 = 0,03 \text{ Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{I} &= (R_{24} \text{ maks}/24) \cdot (24/t)^{(2/3)} \text{ (mm/jam)} \\ &= (118,53/24) \cdot (24/0,03)^{(2/3)} \\ &= 425,61 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Qn} &= 0,278 \text{ C.I.A (m}^3\text{/dt)} \\ &= 0,278 \times 0,80 \times 425,61 \times 0,0057782 \\ &= 0,54694 \text{ m}^3\text{/dt} \end{aligned}$$

Titik Kontrol P1

$$\text{Luas pengaruh pada CA} = 0,01759895 \text{ Km}^2$$

$$\text{Panjang saluran (LS)} = 0,0700 \text{ Km}$$

$$\text{Panjang Aliran lahan (LH)} = 0,1960 \text{ Km}$$

$$\text{Beda Tinggi lahan (DH)} = 0,000050 \text{ Km}$$

$$\text{Beda Tinggi saluran (DH)} = 0,000050 \text{ Km}$$

$$\text{Kemiringan Lahan (IH)} = 0,00026$$

$$\text{Kemiringan saluran (IS)} = 0,00071$$

$$\text{Koef Pengaliran} = 0,80$$

$$VH = 72 (IH/L)^{0.6} \text{ (km/jam)}$$

$$= 72 (0,00026)^{0.6}$$

$$= 0,5028 \text{ m/dt}$$

$$TH = L/V$$

$$= \frac{196 \text{ m}}{0,5028 \text{ m/dt}}$$

$$= 0,1038 \text{ jam}$$

$$VS = 72 (IS)^{0.6} \text{ (km/jam)}$$

$$= 72 (0,00071)^{0.6}$$

$$= 0,9325 \text{ m/dt}$$

$$TS = L/VS$$

$$= \frac{70 \text{ m}}{0,9325 \text{ m/dt}}$$

$$= 0,0209 \text{ Jam}$$

$$\text{TC} = \text{TH} + \text{TS}$$

$$= 0,1038 + 0,0209 = 0,1291 \text{ Jam}$$

$$I = (R_{24} \text{ maks}/24) \cdot (24 / t)^{(2/3)} \text{ (mm/jam)}$$

$$= (118,53/24) (24/0,1291)^{(2/3)}$$

$$= 160,87 \text{ mm/jam}$$

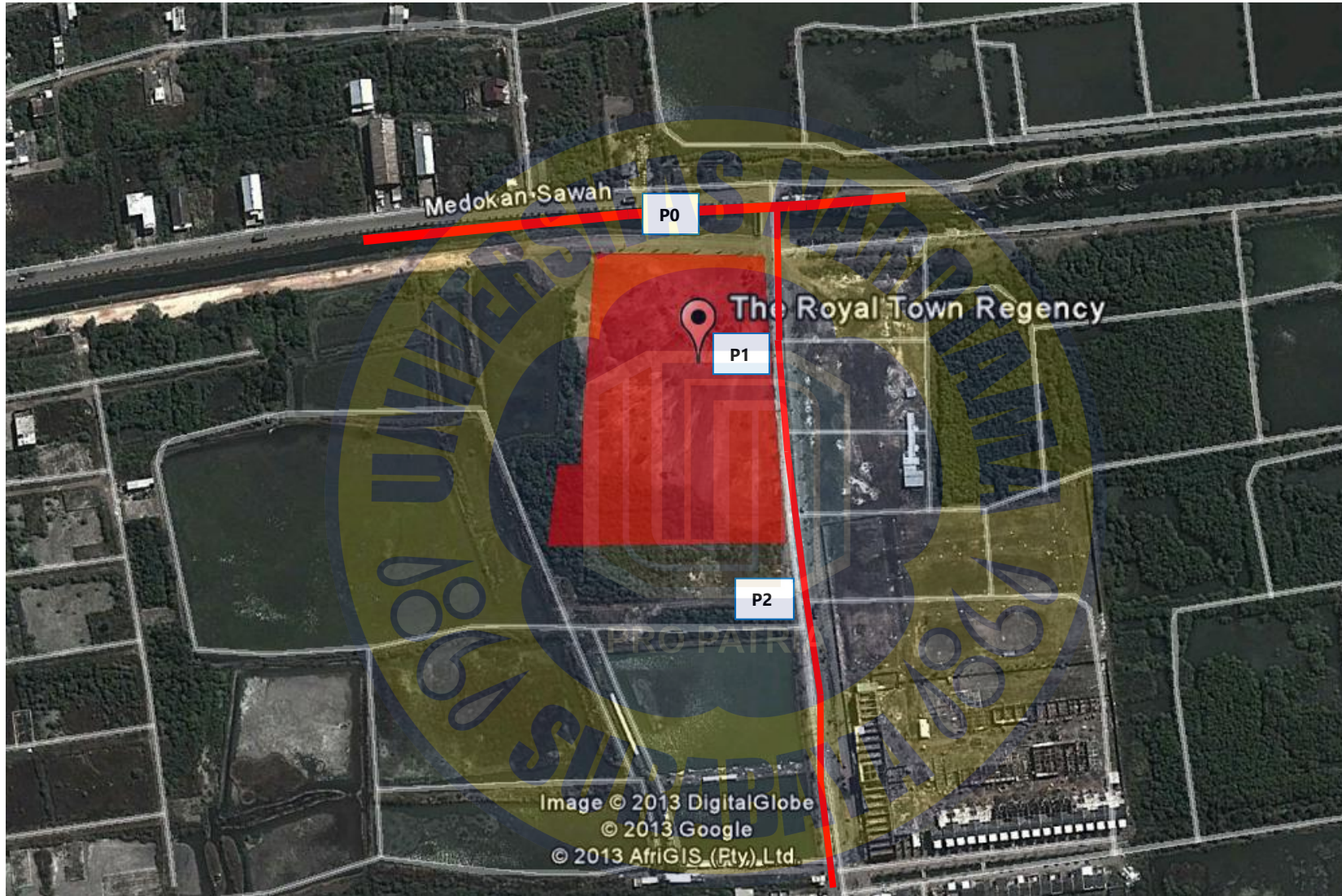
$$Q_n = 0,278 \text{ C.I.A (m}^3\text{/dt)}$$

$$= 0,278 \times 0,80 \times 160,87 \times 0,01759895$$

$$= 0,629646 \text{ m}^3\text{/dt}$$

$$\text{Total Q eks} = Q_{n2} + Q_{n1}$$

$$= 0,546939 + 0,629646 = 1,177 \text{ m}^3\text{/d}$$



Gambar 4.2. Pembagian daerah tangkapan saluran di sekitar kawasan Perumahan Royal Town Regency Surabaya.

4.8.2 Perhitungan Debit Banjir Di Dalam Kawasan Perumahan The Royal Town Regency.

Di dalam rencana kawasan pembangunan Perumahan The Royal Town Regency Surabaya, untuk membuang limpasan air hujan dan air kotor yang berasal dari air kotor rumah tangga dialirkan menuju saluran pembuangan pada kawasan Perumahan Royal Town Regency, kemudian di alirkan menuju kolam tampungan dan dipompa keluar dari kawasan Perumahan Royal Town Regency, namun sebelumnya perlu diketahui bahwa fungsi lahan eksisting berupa lahan kosong dan terbuka sehingga tentunya akan memiliki perbedaan nilai koefisien pengaliran. Perhitungan koefisien pengaliran (C) dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.12. Koefisien aliran permukaan didalam kawasan Perumahan The Royal Town Regency

Kondisi	Luas Total	Luas Lahan		C	C Pakai
	(m ²)	(m ²)			
Eksisting	17598.95	Bangunan	0	0.8	0
		Jalan	0	0.75	0
		RTH	17598.95	0.25	0.25
				Total	0.25
Rencana	17598.95	Bangunan	10535.32	0.8	0.479
		Jalan	6046.1	0.75	0.258
		RTH	479.74	0.25	0.007
		TPS	10	0.75	0.000
		Fasum	527.79	0.75	0.022
				Total	0.766

Dengan adanya perubahan koefisien aliran permukaan tersebut sangat mempengaruhi besarnya volume debit yang keluar dari dalam kawasan.

Besarnya debit yang masuk ke saluran drainase sekitarnya dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\text{Cacthment Area (CA)} = 0,01759895 \text{ Km}^2$$

$$\text{Panjang Saluran terjauh (LS)} = 0,244 \text{ Km}$$

$$\text{Panjang Aliran (LH)} = 0,01394 \text{ Km}$$

$$\text{Beda Tinggi} = 0,0005 \text{ Km}$$

$$\text{Koef Pengaliran Eksisting (C)} = 0,25$$

$$\text{Koef Pengaliran Rencana (C)} = 0,766$$

$$\text{VH} = 72 (H/L)^{0,6} \text{ (km/jam)}$$

$$= 72 (0,0005)^{0,6}$$

$$= 0,753 \text{ m/dt}$$

$$\text{TH} = L/V$$

$$= 13,94 / 0,753$$

$$= 0,0185 \text{ jam}$$

$$\text{VS} = 0,30 \text{ m/dt}$$

$$\text{TS} = 244/\text{VS}$$

$$= 244/0,30$$

$$= 0,226 \text{ Jam}$$

$$\begin{aligned}
 TC &= TH + TS \\
 &= 0,0185 + 0,226 \\
 &= 0,2441 \text{ Jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I &= (R_{24} \text{ maks}/24) \cdot (24/t)^{(2/3)} \text{ (mm/jam)} \\
 &= (93,89/24) \cdot (24/0,2441)^{(2/3)} \\
 &= 83,33685 \text{ mm/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{eks}} &= 0,278 \text{ C.I.A (m}^3/\text{dt)} \\
 &= 0,278 \times 0,25 \times 83,33685 \times 0,01756 \\
 &= 0,101706 \text{ m}^3/\text{dt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{ren}} &= 0,278 \text{ C.I.A (m}^3/\text{dt)} \\
 &= 0,278 \times 0,766 \times 83,33685 \times 0,01756 \\
 &= 0,31163 \text{ m}^3/\text{dt}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas terlihat bahwa besarnya debit rencana yang keluar dari kawasan perumahan The Royal Town Regency yaitu sebesar 0,31163 m³/dt.

Untuk buangan air kotor dihitung berdasarkan jumlah air bersih yang digunakan Hotel tersebut, yaitu sebesar 80% dari jumlah air bersih yang digunakan. Air kotor ini dibuang ke saluran tepi jalan tetapi terlebih dahulu harus melalui instalasi pengolahan limbah.

Besarnya air bersih yang dipakai sesuai standart Dirjen PU Cipta Karya adalah sebesar

200 liter per tempat tidur / hari, sedangkan untuk perkantoran atau fasilitas lain sebesar 100 liter per pegawai per hari, atau 25 liter per meter persegi ruangan per hari maka dapat disesuaikan dengan luas area perumahan The Royal Town Regency untuk pembuangan air kotor di setiap area saluran pada kawasan perumahan maupun kawasan perdagangan.

Besarnya kebutuhan air bersih dihitung sebagai berikut ;

Jumlah area jasa komersial Blok RA 4,5X14 : 16 Unit

$$\text{Luas area Blok RA 4,5X14} \quad : \quad 63 \text{ m}^2 \times 16 = 1008 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air bersih per hari} & : 1008 \text{ m}^2 \times 25 \text{ Lt} = 25200 \text{ Lt/m}^2/\text{hari} \\ & = 0,292 \text{ Lt/dt} \\ & = 0,000292 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya dapat diperoleh komulatif dari beberapa area jasa komersial (kawasan perdagangan) maupun kawasan perumahan. Dapat dilihat pada tabel 4.13.

NO	Uraian	Jumlah	Luas (m ²)	Air Bersih (Lt/m ² /Hari)	Kebutuhan Air Bersih (lt/dt)
A	Perdagangan / Jasa Komersial				
	Blok RA 4,5x14	16	1008	25200	0.292
	Blok RA 7,5x14	2	210	5250	0.061
	Blok RB 4,5x14	25	1575	39375	0.456
	Blok RB 7,5x14	1	58.8	1470	0.017
Jumlah		44	2851.8	71295	0.825
B	Perumahan				
	Blok A 8x13	1	104	2600	0.030
	Blok A 5x13	10	650	16250	0.188
	Blok B 5x13	21	1365	34125	0.395
	Blok B 8x13	1	104	2600	0.030
	Blok B 4x13	1	52	1300	0.015
	Blok C 5x13	16	1040	26000	0.301
	Blok C 8x13	4	416	10400	0.120
	Blok D 5x13	19	1235	30875	0.357
	Blok D 8x13	4	416	10400	0.120
	Blok E 5x13	28	1820	45500	0.527
	Blok E 8x13	4	416	10400	0.120
Jumlah		109	7618	190450	2.204
Jumlah Total		153	10469.8	261745	3.029

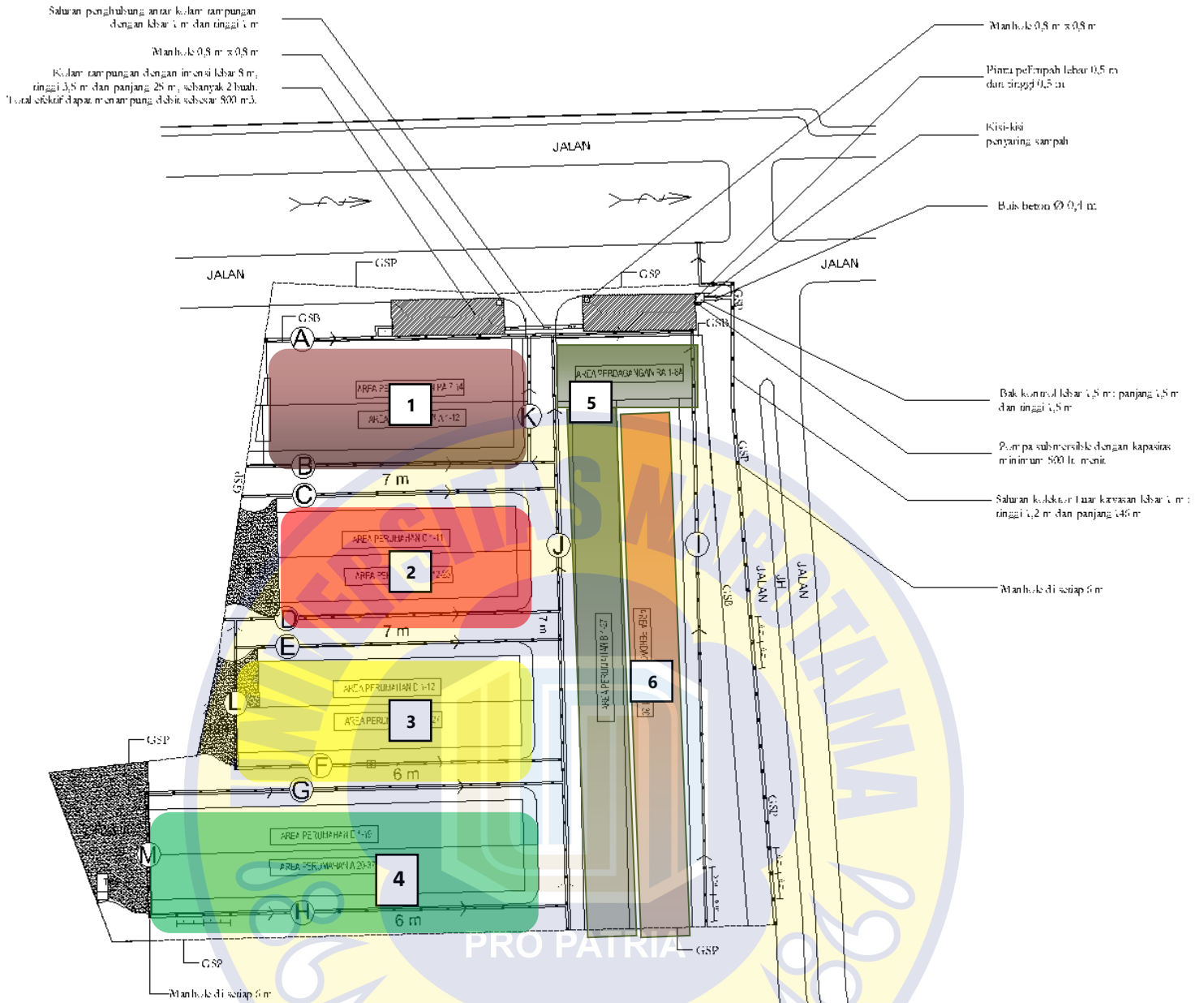
Dapat diketahui sebelumnya bahwa buangan air kotor 80% dari jumlah air bersih, maka dapat dihitung :

$$\text{Jumlah total} : 3,029 \text{ lt/dt} = 0,003029 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\text{Debit air kotor} : 80\% \times 0,003029 \text{ m}^3/\text{dt} = 0,0024232 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Sehingga total air limpasan + air kotor :

$$0,31163 \text{ m}^3/\text{dt} + 0,00242 \text{ m}^3/\text{dt} = 0,3141 \text{ m}^3/\text{dt}$$



Gambar 4.3. Rencana pembagian catchment area didalam kawasan pada The Royal Town Regency

4.8.3 Perhitungan kebutuhan tampungan limpasan air hujan

Mengingat tataguna lahan eksisting dan rencana mengalami banyak perubahan, maka perubahan debit yang terjadi setelah pembangunan The Royal Town Regency juga mengalami perubahan menjadi $0,3141 \text{ m}^3/\text{dt}$. Berkaitan dengan hal tersebut maka dibutuhkan tampungan untuk menampung sementara kelebihan debit, dengan cara menahan sebagian air yang keluar dari kawasan perumahan menuju saluran drainase kota minimal selama 1 jam pertama. Untuk maksud tersebut maka dibutuhkan tampungan sementara.

Perhitungan tampungan didasarkan atas besarnya hujan harian rencana yang turun maka volume air hujan tersebut dapat dihitung berdasarkan jumlah tinggi hujan selama 24 jam dikalikan dengan luas lahan. Berdasarkan data hujan harian ini maka bisa dihitung besarnya distribusi hujan per jam. Untuk menghitung distribusi hujan digunakan data hujan jam-jaman yang tercatat di Perak. Menurut hasil analisa (SDMP 2018) bahwa lama hujan di kota Surabaya adalah 4,0 jam dengan rata rata distribusi hujan pada setiap jam berturut turut sebagai berikut 0,3 ; 0,4 ; 0,2 ; 0,1. Berdasarkan hasil analisa tersebut maka perhitungan volume tampungan dapat dilakukan sebagai berikut :

Hujan Rencana R2 : 93,89 mm

Koefisien Distribusi :

Jam Ke	1	2	3	4
Koefisien	0.3	0.4	0.2	0.1

Distribusi Hujan :

Jam Ke	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00
Koefisien	0.3	0.3	0.4	0.4	0.20	0.20	0.10	0.10
Distribusi (mm)	14.20	14.20	18.93	18.93	9.46	9.46	4.73	4.73

Luas Lahan : 17598,95 m²

Distribusi Volume Hujan :

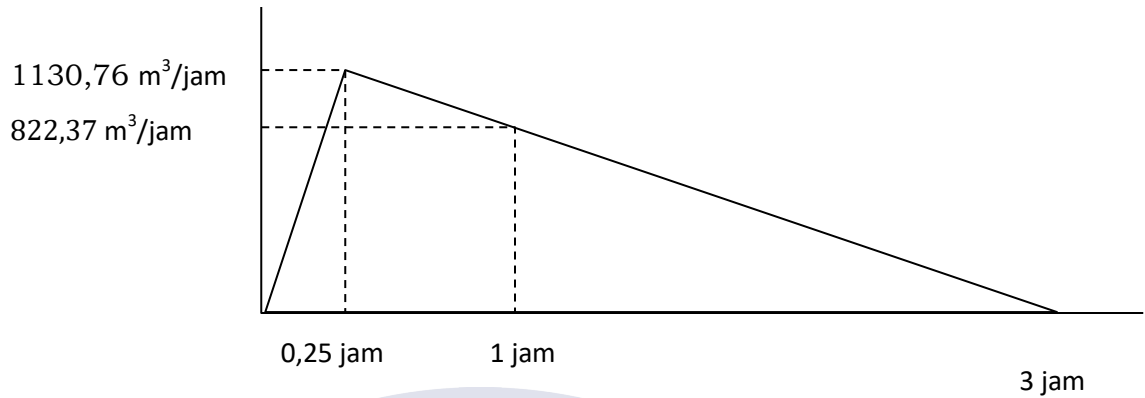
Jam Ke	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
Koefisien	0,30	0,3	0,40	0,4	0,20	0,20	0,10	0,10
Distribusi (mm)	14,08	14,08	18,78	18,78	9,39	9,39	4,69	4,69
Volume (m3)	247,85	247,85	330,47	330,47	165,24	165,24	82,62	82,62
Kumulatif Vol	247,85	495,71	826,18	1156,66	1321,89	1487,13	1569,75	1652,37

Untuk lama waktu 1 jam, maka Volume Tampungan yang harus disediakan sebesar 495,71 m³. Jika dihitung berdasarkan debit yang keluar dari dalam kawasan Perumahan, maka besarnya volume tampungan dapat dihitung dengan cara hidrograf sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Total debit limpasan} &= 0,3141 \text{ m}^3/\text{dt} \\ &= 1130,76 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\text{TC} = 0,25 \text{ jam} \quad \Rightarrow \quad \text{Q Limpasan} = 1130,76 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{TC} = 1 \text{ jam} \quad \Rightarrow \quad \text{Q Limpasan} = \frac{2 \times 1130,76}{3 - 0,25} = 822,37 \text{ m}^3/\text{jam}$$



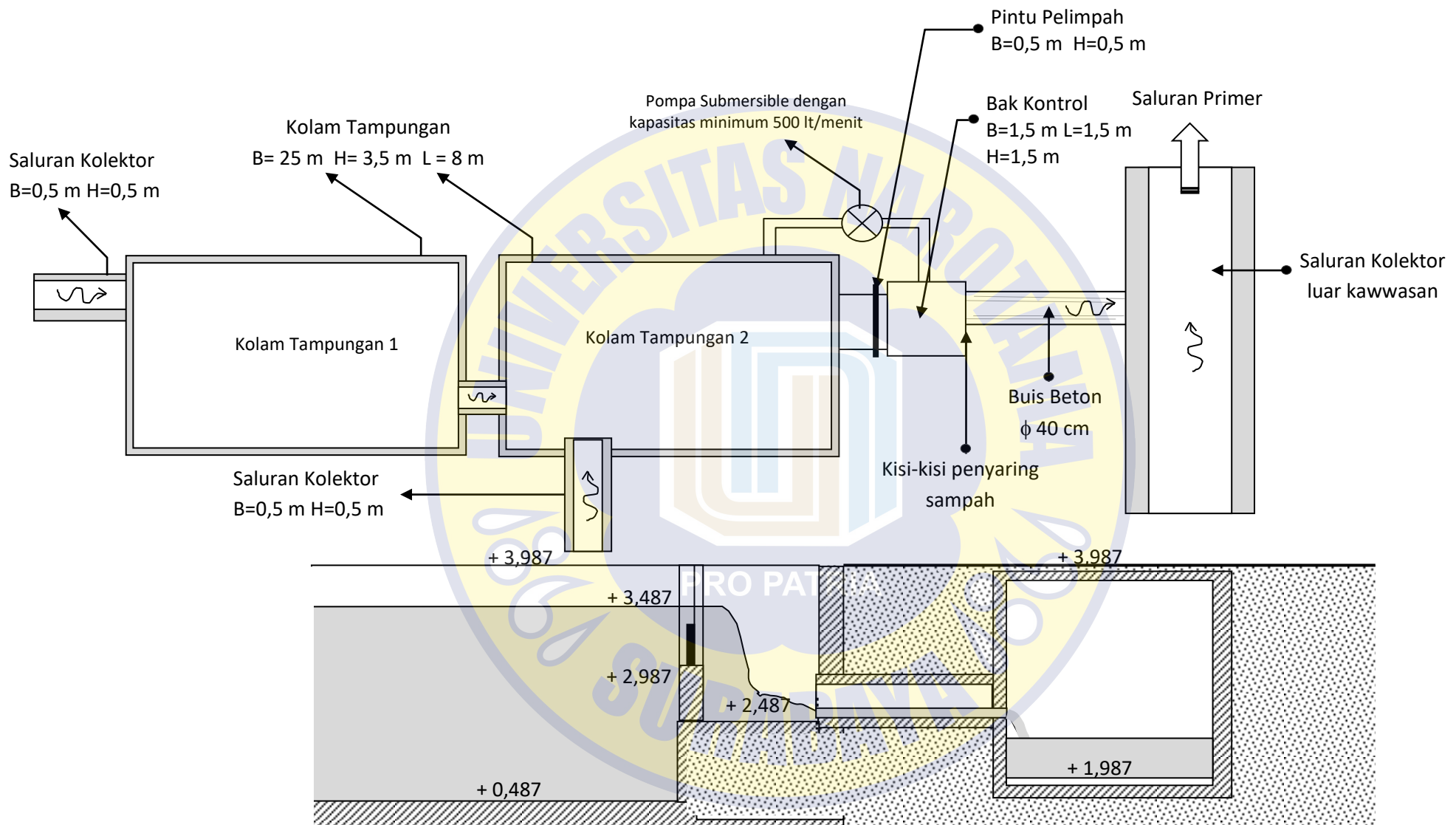
Gambar 4.4. Hidrograf aliran

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \left(\frac{1}{2} \times 0,25 \times 1141,92 \right) + \left(\frac{1141,92 + 830,49}{2} \times (1 - 0,25) \right) \\ &= 882,39 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dari gambar grafik hidrograf diatas terlihat bahwa selama 1 jam, air yang keluar dari kawasan adalah sebesar 822,37 m³ tetapi dilihat dari hujan yang turun selama 1 jam volume yang turun adalah sebesar 499,67 m³. Berdasarkan hitungan tersebut maka didalam kawasan perumahan The Royal Town Regency nantinya perlu disediakan tampungan limpasan air hujan sedikitnya sebesar 499,67 m³ yang merupakan tampungan limpasan air hujan selama 1 jam. Setelah dianalisa berdasarkan lahan yang ada di kawasan perumahan The Royal Town Regency seluas 17598,95 m² maka direkomendasikan untuk pembuatan kolam tampungan sesuai acuan Pemerintah Kota Surabaya yang nantinya dapat menampung debit limpasan sesuai dengan luasan lahan yang dipakai yakni menggunakan penampang persegi berdimensi lebar & panjang 20 m ; tinggi 3,5 dengan total volume efektif yang dapat ditampung sebesar 800 m³ Sedangkan volume long storage saluran kolektor maksimum 163,8 m³. Sehingga total volume tampungan adalah 963,8 m³.

Melihat tata letak lahan yang bersinggungan langsung dengan bahu jalan dan area perdagangan sehingga dilakukan pemecahan dimensi kolam tampungan menjadi 2 kolam tampung yakni lebar 8 m ; panjang 25 m ; dan tinggi 3,5 m dengan total volume efektif yang dapat ditampung sebesar 400 m³ pada setiap kolam tampungan.

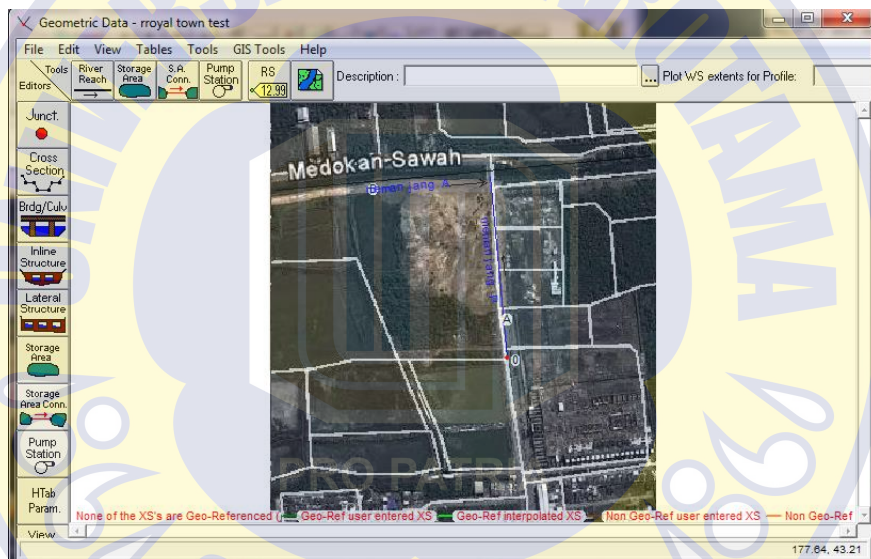




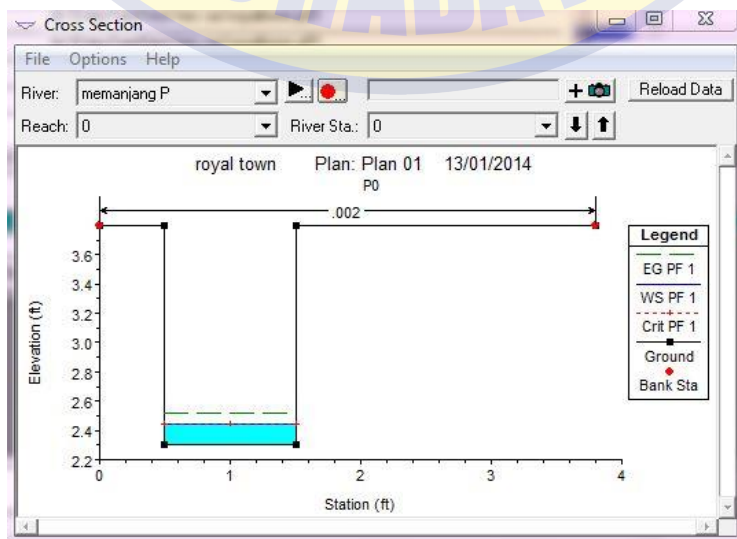
Gambar 4.5. gambar sketsa kolam tampung.

4.9 Analisis Saluran Di Sekitar Kawasan The Royal Town Regency

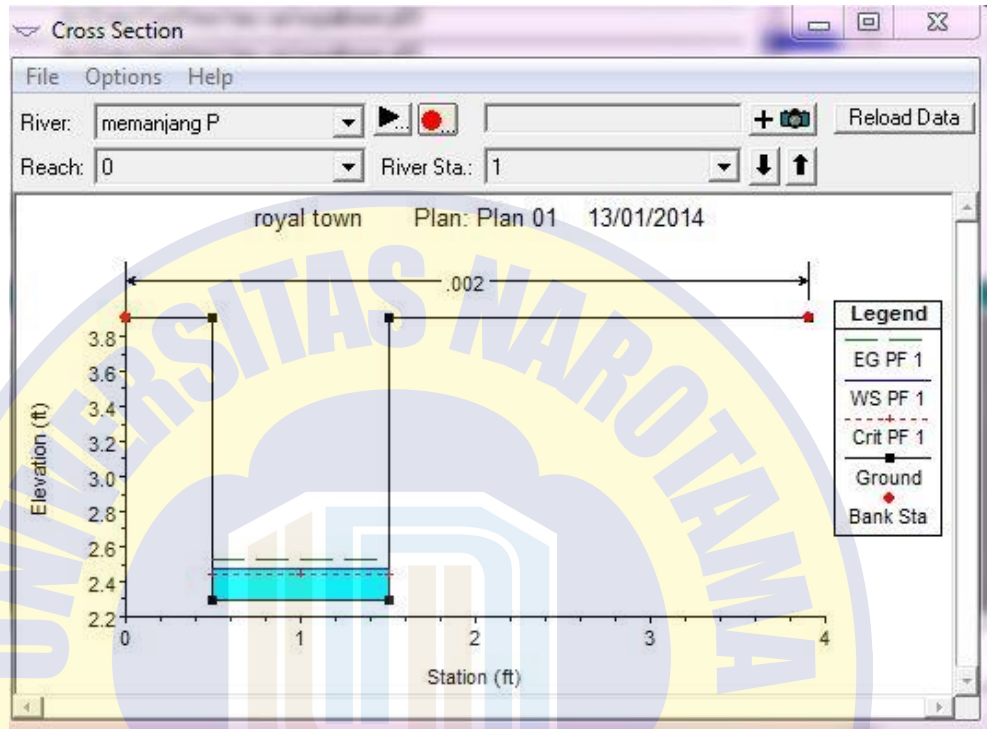
Kondisi saluran tepi di sekitar kawasan The Royal Town Regency telah dibahas pada bab sebelumnya. Untuk menganalisa saluran ini dilakukan dengan program aplikasi HEC-RAS. Sebagai input geometri adalah hasil pengukuran lapangan seperti telah dijelaskan pada bab 2, sedangkan sebagai input hidrolis adalah hasil analisa perhitungan debit periode ulang 5 tahunan seperti ditunjukkan pada perhitungan debit di sekitar kawasan (sub bab 4.9.1).



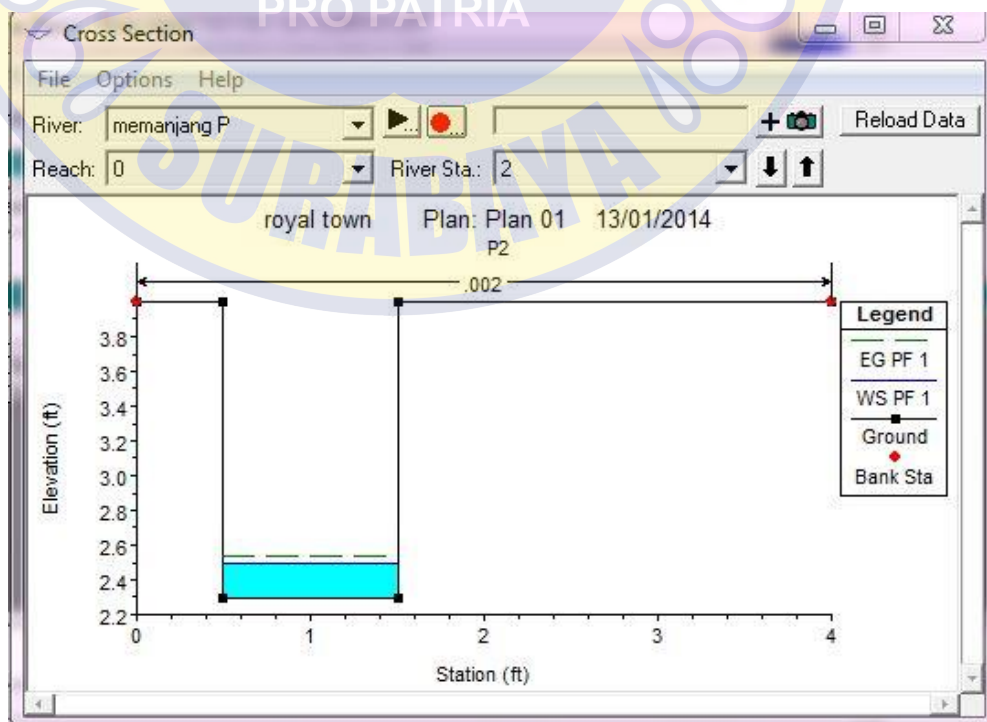
Gambar 4.6. Layout saluran pada tampilan geometrik HEC-RAS



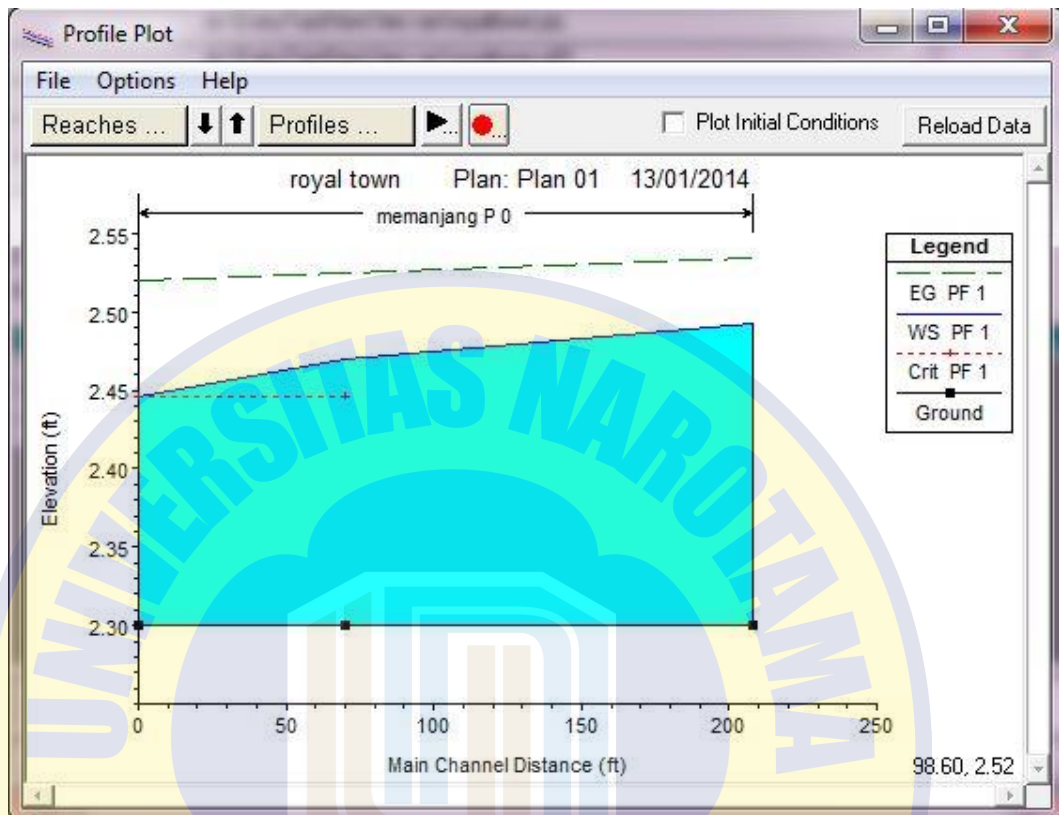
Gambar 4.7. Potongan melintang Saluran Pembuang (P.0)



Gambar 4.8. Potongan melintang Saluran Pembuang (P.1)



Gambar 4.9. Potongan melintang Saluran Pembuang (P.2)



Gambar 4.10. Hasil Running Profil memanjang aliran tetap (SteadyFlow) pada

PRO HEC-RAS

Berdasarkan hasil analisa HEC-RAS sebagai diperlihatkan pada gambar-gambar diatas, menunjukkan bahwa pada dasarnya aliran air mengalir dengan baik, tinggi muka air masih jauh di bawah bibir tanggul.

4.10 Analisis Saluran Drainase Didalam Kawasan The Royal Town Regency

Sebagaimana telah diuraikan di depan bahwa sistem drainase didalam kawasan perumahan The Royal Town Regency terdiri atas saluran sekunder pada setiap area perumahan maupun area perdagangan dengan bentuk persegi masing-

masing dengan ukuran lebar 0,4 m ; tinggi 0,5 m sepanjang $\pm 1009,22$ m dan dengan saluran kolektor berada di depan area Perdagangan (RB) dengan bentuk persegi dengan ukuran lebar 1 m ; tinggi 1,2 m sepanjang ± 146 m di depan area perdagangan dan yang nantiya terhubung langsung dengan kolam tampungan.

Berdasarkan hasil hitungan debit rencana yang mengalir didalam kawasan perumahan The Royal Town Regency tersebut maka untuk menghitung penampang saluran kolektor dapat dilakukan dengan menggunakan debit (Q) didalam kawasan perumahan The Royal Town Regency sebagai parameter untuk mengontrol dimensi efektif dari saluran kolektor luar kawasan. Besar debit (Q) yang mengalir sebesar $0,3141 \text{ m}^3/\text{dt}$. Maka perhitungan hidrolis saluran kolektor adalah sebagai berikut;

Perhitungan hidrolis pada saluran kolektor The Royal Town Regency :

Lebar Saluran (B) = 1 m
 Tinggi Air (H) = 0,67 m
 Kemiringan (I) = 0,0002
 Koef Manning (n)/Saluran beton = 0,013

$$\begin{aligned} A &= B \times H \\ &= 1 \times 0,67 \\ &= 0,67 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$P = B + 2H$$

$$= 1 + 2 \cdot 0,67$$

$$= 2,35 \text{ m}$$

$$R = A/P$$

$$= 0,67 / 2,35$$

$$= 0,278 \text{ m}$$

$$V = \frac{1}{n} \times I^{1/2} \times R^{2/3}$$

$$= \frac{1}{0,013} \times 0,0002^{1/2} \times 0,278^{2/3}$$

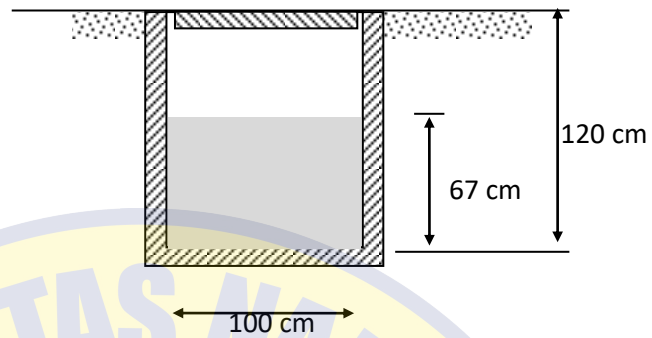
$$= 0,4733 \text{ m/dt}$$

$$Q = V \cdot A$$

$$= 0,4733 \times 0,67$$

$$= 0,3183 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Berdasarkan perhitungan hidrolika pada saluran kolektor diatas terlihat bahwa dengan lebar saluran $B = 1 \text{ m}$ dan tinggi air rencana yang terjadi adalah $H = 0,67 \text{ m}$, dengan demikian dapat digunakan saluran berdimensi lebar $B = 1 \text{ m}$ dan tinggi $H = 1,2 \text{ m}$ dengan tinggi jagaan sebesar $0,53 \text{ m}$ dengan debit $Q = 0,3183 \text{ m}^3/\text{dt}$. Sedangkan debit maksimum yang dapat ditampung saluran kolektor yaitu dengan lebar saluran $B = 1 \text{ m}$ dan tinggi saluran $H = 1,2 \text{ m}$, dengan debit maksimum $Q = 0,6054 \text{ m}^3/\text{dt}$ (dengan kondisi *fullbank capacity*).



Gambar 4.11. Penampang saluran kolektor

Petunjuk Operasi dan Perawatan

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan dan rencana pembangunan fasilitas drainase maka cara pengoperasian dan perawatan dapat dilakukan sebagai berikut :

Cara Operasi.

- Pada dasarnya pintu buangan dari saluran Tampungan ke saluran luar harus selalu dalam kondisi tertutup, air ditampungan akan melimpah jika melewati level ambang pelimpah yang telah ditetapkan yaitu +3,487. Pintu buangan dibuka jika air dalam tampungan sudah penuh dan saluran penerima dalam kondisi surut (lebih rendah dari +2,487), dapat dilihat melalui papan duga muka air atau pada saat bak kontrol tidak tergenang air dan dilanjutkan dengan memompa sisa air didalam tampungan.
- Selama musim hujan, harus selalu mengantisipasi turunnya hujan. Saluran Tampungan harus dalam kondisi kosong pada saat awal turun hujan. Untuk

maksud tersebut maka air didalam tampungan harus dipompa setidaknya 1 jam sebelum hujan turun.

- Pengurusan air tampungan sebaiknya dilakukan jika muka air di saluran luar telah turun hingga sedikit lebih rendah dari dasar saluran penghubung (lebih rendah dari +2,487) atau pada saat bak kontrol tidak tergenang air.

Cara Perawatan

- Pada dasarnya semua fasilitas drainase harus dilakukan perawatan rutin dan berkala, perawatan rutin harus dilakukan setiap hari apabila terdapat sesuatu yang mengakibatkan terganggunya aliran, seperti benda benda yang terdapat didalam saluran yang dapat menghambat aliran. Perawatan berkala terbagi menjadi 2 kelompok yaitu perawatan berkala jangka pendek (minimal sebulan sekali) dan perawatan berkala musiman (awal musim hujan dan awal musim kemarau)
- Kegiatan yang harus dilakukan untuk perawatan berkala jangka pendek adalah perawatan pompa. Karena pompa ini selalu terpakai untuk pengurusan maka perawatannya harus dijadwalkan secara rutin, sedikitnya sebulan sekali dilakukan perawatan. Harus dipastikan setiap digunakan bisa berfungsi dengan baik.
- Kegiatan yang harus dilakukan untuk perawatan berkala musiman adalah sebagai berikut :
 - Pada saat mendekati awal musim hujan semua saluran harus dalam kondisi bersih dan berfungsi dengan baik, sehingga perlu dilakukan penggelontoran terhadap sedimen yang mengendap, dengan cara ini maka diharapkan saluran bersih dari sedimen dan bahan bahan detergen yang menempel pada dinding saluran.

- Pada saat memasuki musim kemarau, perlu dilakukan inventarisasi kerusakan kerusakan pada semua fasilitas drainase sehingga pada musim kemarau ini dapat dilakukan perbaikan perbaikan pada setiap kerusakan yang terjadi.

