

## BAB 4

### ANALISA DATA DAN PERHITUNGAN

#### 4.1 Penentuan Catchmen Area

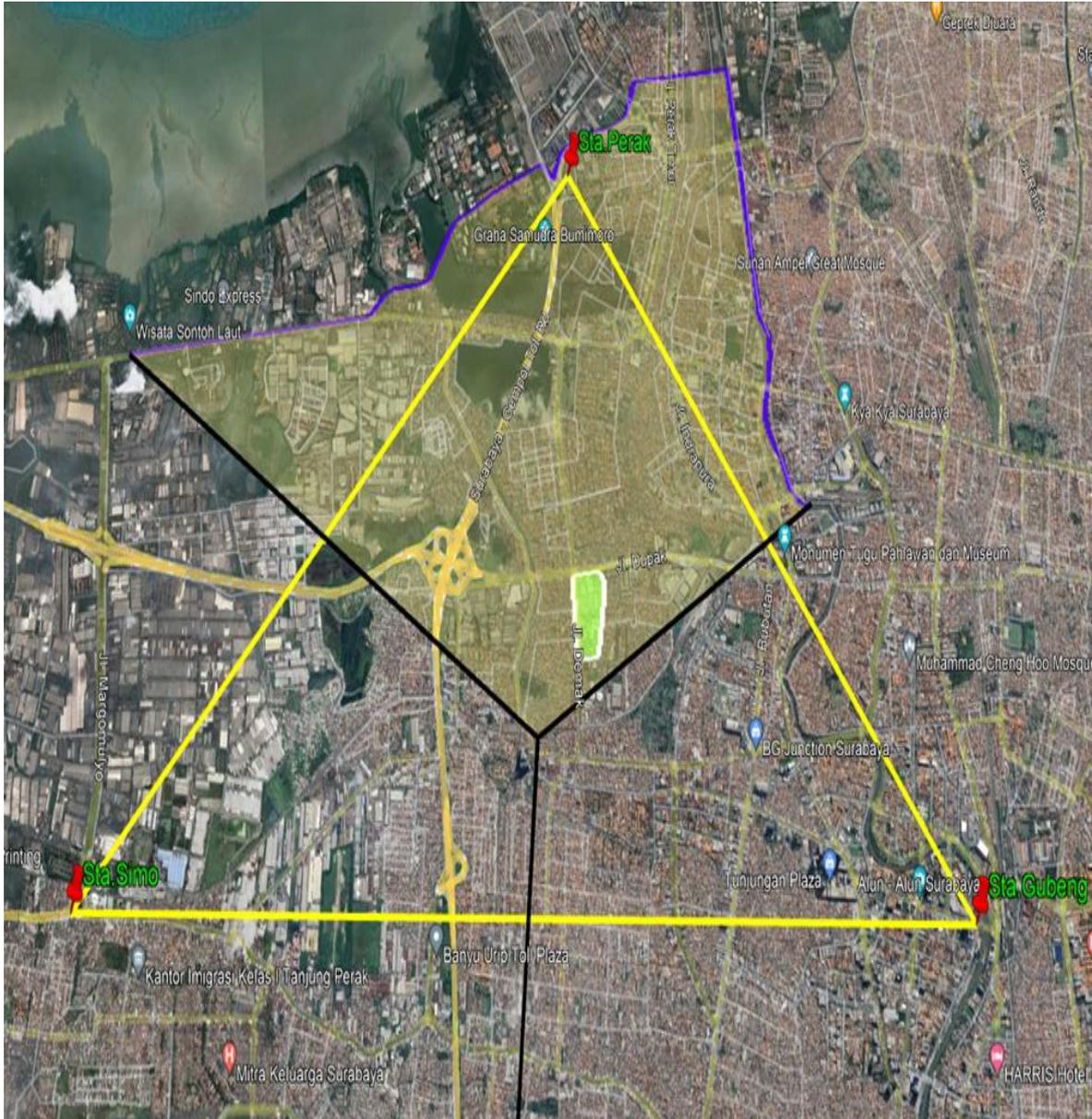
Berikut adalah gambaran area penelitian (*catchmen area*) dari wilayah Demak yang menjadi fokus dari penelitian tersebut. Dalam menentukan cakupan area penelitian, penting untuk mempertimbangkan faktor-faktor seperti geografi, topografi, dan karakteristik hidrologi di wilayah tersebut. Dengan memahami dan memetakan area penelitian dengan baik, analisis data curah hujan dapat dilakukan dengan lebih akurat dan relevan. Untuk batas *catchment area* dari jalan Demak, jalan Dupak, dan jalan Demak Timur. Sehingga didapat *catchment area* dengan luas  $0,12 \text{ km}^2$ .



Gambar 4.1 Cathmen Area Banjir Daerah Demak Surabaya

Keterangan :

-  : Batas Cathmen Area Demak Surabaya
-  : Saluran Tersier
-  : Saluran Primer



**Gambar 4.2** Wilayah DAS Sekitar Lokasi Banjir Demak Surabaya

Setelah melakukan penentuan cathmen area dan sistem drainase wilayah Demak selanjutnya dilakukan pengujian data curah hujan tahunan di setiap stasiun yang terkait dengan cathmen area wilayah Demak yaitu : Sta. Gubeng, Sta. Perak, Sta. Simo.

## 4.2 Data Hujan

Terdapat tiga stasiun pengukur hujan yang terletak di dekat area peninjauan, yaitu stasiun Perak, Gubeng, dan Simo. Data dari ketiga stasiun ini akan menjadi dasar untuk analisis curah hujan di area peninjauan.

Selain itu, sebagai persiapan tambahan, akan digunakan informasi curah hujan tahunan dalam rentang waktu yang lebih lama, mulai dari tahun 2010 hingga 2022, seperti yang di tampilkan pada **tabel 4.1**.

**Tabel 4.1** Data Curah Hujan Harian 2010-2022

No	Tahun	Data Curah Hujan Harian (mm)		
		Perak	Gubeng	Simo
1	2010	109	62	49
2	2011	110	78	47
3	2012	94	70	67
4	2013	129	99	73
5	2014	102	109	78
6	2015	84	61	69
7	2016	114	74	71
8	2017	69	46	50
9	2018	52	65	49
10	2019	70	76	61
11	2020	70	56	98
12	2021	109	56	72
13	2022	110	126	66

*Sumber : Balai Pengendalian Sumber Daya Air Surabaya, 2023*

**Tabel 4.2** Data Curah Hujan Tahunan 2010-2022

No	Tahun	Data Curah Hujan Tahunan (mm)		
		Perak	Gubeng	Simo
1	2010	2504	2672	3419
2	2011	1858	2334	2053
3	2012	1498	2034	1776
4	2013	1720	3198	1689

Lanjutan Tabel Data Curah Hujan Tahunan 2010-2022→

5	2014	1614	2159	1547
6	2015	1555	1850	2073
7	2016	2870	3815	3817
8	2017	2178	2092	1903
9	2018	1971	1692	1246
10	2019	3641	1518	1315
11	2020	2030	2728	2559
12	2021	1787	2003	2033
13	2022	1480	2464	1761

Sumber : Balai Pengendalian Sumber Daya Air Surabaya, 2023

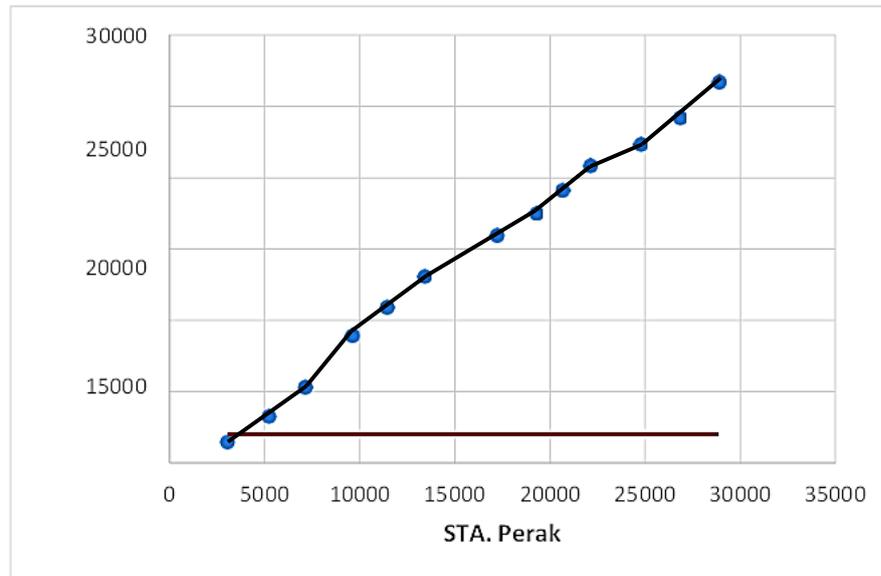
### 4.3 Pengujian Data Curah Hujan

Saat menganalisis data curah hujan, penting untuk memperhatikan konsistensi informasi yang ada. Keakuratan penghitungan yang digunakan dalam prakiraan hidrologi sangatlah penting, dan keakuratan ini sangat bergantung pada konsistensi data.

**Tabel 4.3** Uji Konsistensi Stasiun Perak Terhadap Stasiun Gubeng dan Stasiun Simo

No	Tahun	STA	NILAI	2 Stasiun Hujan		Rerata	NILAI
		Perak	Kumulatif	Gubeng	Simo		Kumulatif
a	b	c	d	e	f	g	h
1	2010	2504	1480	2672	3419	3046	3046
2	2011	1858	3267	2334	2053	2194	5239
3	2012	1498	5297	2034	1776	1905	7144
4	2013	1720	8938	3198	1689	2444	9588
5	2014	1614	10909	2159	1547	1853	11441
6	2015	1555	13087	1850	2073	1962	13402
7	2016	2870	15957	3815	3817	3816	17218
8	2017	2178	17512	2092	1903	1998	19216
9	2018	1971	19126	1692	1246	1469	20685
10	2019	3641	20846	1518	1315	1417	22101
11	2020	2030	22344	2728	2559	2644	24745
12	2021	1787	24202	2003	2033	2018	26763
13	2022	1480	26706	2464	1761	2113	28875

Sumber : Hasil Perhitungan, 2023



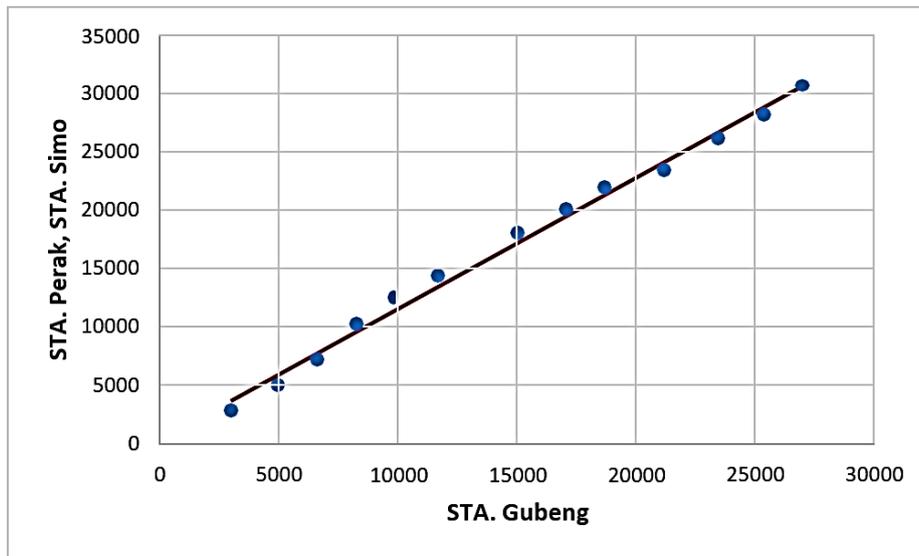
**Gambar 4.3** Grafik Uji Konsistensi Sta.Perak  
Terhadap Sta.Simo dan Sta.Gubeng

a) Stasiun Gubeng Terhadap Stasiun Perak dan Stasiun Simo

**Tabel 4.4** Uji Konsistensi Stasiun Gubeng Terhadap Stasiun Perak dan Stasiun Simo

No	Tahun	STA	NILAI	2 Stasiun Hujan		rerata	NILAI
		Gubeng	Kumulatif	Perak	Simo		Kumulatif
1	2010	2672	2672	2504	3419	2962	2962
2	2011	2334	5006	1858	2053	1956	4917
3	2012	2034	7040	1498	1776	1637	6554
4	2013	3198	10238	1720	1689	1705	8259
5	2014	2159	12397	1614	1547	1581	9839
6	2015	1850	14247	1555	2073	1814	11653
7	2016	3815	18062	2870	3817	3344	14997
8	2017	2092	20154	2178	1903	2041	17037
9	2018	1692	21846	1971	1246	1609	18646
10	2019	1518	23364	3641	1315	2478	21124
11	2020	2728	26092	2030	2559	2295	23418
12	2021	2003	28095	1787	2033	1910	25328
13	2022	2464	30559	1480	1761	1621	26949

*Sumber : Hasil Perhitungan, 2023*



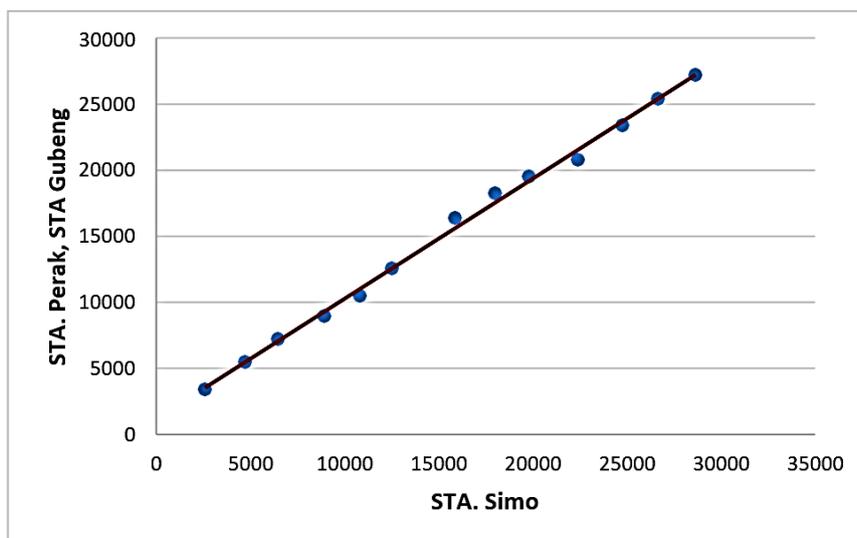
**Gambar 4.4** Grafik Uji Konsistensi Sta.Gubeng Terhadap Sta.Perak dan Sta.Simo

b) Stasiun Simo Terhadap Stasiun Perak dan Stasiun Gubeng

**Tabel 4.5** Uji Konsistensi Stasiun Simo Terhadap Stasiun Perak dan Stasiun Gubeng

No	Tahun	STA	NILAI	2 Stasiun Hujan		Rerata	NILAI
		Simo	Kumulatif	Perak	Gubeng		Kumulatif
1	2022	3419	3419	2504	2672	2588	2588
2	2021	2053	5472	1858	2334	2096	4684
3	2020	1776	7248	1498	2034	1766	6450
4	2019	1689	8937	1720	3198	2459	8909
5	2018	1547	10484	1614	2159	1887	10796
6	2017	2073	12557	1555	1850	1703	12498
7	2016	3817	16374	2870	3815	3343	15841
8	2015	1903	18277	2178	2092	2135	17976
9	2014	1246	19523	1971	1692	1832	19807
10	2013	1315	20838	3641	1518	2580	22387
11	2012	2559	23397	2030	2728	2379	24766
12	2011	2033	25430	1787	2003	1895	26661

*Sumber: Hasil Perhitungan, 2023*



**Gambar 4.5** Grafik Uji Konsistensi Sta.Simo Terhadap Sta.Perak dan Sta.Gubeng

#### 4.4 Curah Hujan Rata-Rata Harian Maksimum

Untuk perhitungan selanjutnya, rata-rata harian tertinggi dapat ditentukan dengan menggunakan perhitungan rata-rata aljabar dan Thiessen. Kedua pendekatan komputasi ini dirancang untuk menentukan rata-rata harian tertinggi. Oleh karena itu, untuk penghitungan selanjutnya, rata-rata harian maksimum terbesar yang diperoleh dari penghitungan ini akan digunakan. Silakan lihat tabel 4.6 dan 4.7 untuk rincian komprehensif hasil yang diperoleh dari perhitungan ini.

**Tabel 4.6** Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata Daerah Metode Aljabar

Tahun	Tanggal	stasiun curah hujan			Curah Hujan Rerata	
		Perak	Gubeng	Simo	Metode Aljabar	Rata-rata
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>		
2010	02-Dec	109	6	42	52	
	01-Apr	61	62	45	56	56
	06-Mar	20	50	49	40	
2011	18-Feb	110	12	32	51	
	12-Mar	75	78	40	64	64
	01-Feb	4	42	47	31	
2012	08-Feb	94	47	13	51	
	16-Jan	3	70	45	39	51
	30-Jan	20	57	67	48	
2013	13-Dec	129	0	0	43	
	02-Jan	0	99	0	33	51
	06-Jun	55	25	73	51	

Lanjutan tabel 4.6 →

Tahun	Tanggal	stasiun curah hujan			Curah Hujan Rerata	
		Perak	Gubeng	Simo	Metode Aljabar	Rata-rata
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>		
2014	03-Dec	102	0	3	35	
	19-Dec	19	109	70	66	66
	06-Dec	45.6	61	78	62	
2015	29-Jan	84	21	49	51	
	05-Mar	33	61	19	38	51
	18-Apr	39	31	69	46	
2016	27-Dec	114	19	15	49	
	12//2016	13.5	74	0	29	49
	30-Nov	0	56	71	42	
2017	04-Dec	69	0	7	25	
	26-Mar	0	46	46	31	31
	17-Nov	0	31	50	27	
2018	15-Dec	52	0	0	17	
	22-Feb	47	65	17	43	47
	20-Jun	35	57	49	47	
2019	18-Jan	103	49	49	67	
	29-Apr	45.7	76	47	56	76
	02-Feb	92	74	61	76	
2020	11-Feb	70	0	0	23	
	31-Jan	0	56	91	49	69
	16-Jan	15	94	98	69	
2021	02-Dec	109	3	2	38	
	03-Mar	25	56	17	33	40
	06-Mar	0	48	72	40	
2022	28-Oct	110	29	27	55	
	08-Jan	15	126	28	56	56
	22-Feb	3	29	66	33	

Sumber : Hasil Perhitungan, 2023

**Tabel 4.7** Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata Daerah Metode Polygon Thiessen

Tahun	Tanggal	Stasiun Curah Hujan	Curah Hujan Rerata Metode Thiessen	Rara-Rata
		Perak		
2010	02-Dec	109	109	109
	01-Apr	61	61	
	06-Mar	20	20	

Lanjutan Tabel Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata Daerah Metode Polygon Thiessen →

Tahun	Tanggal	Stasiun Curah Hujan	Curah Hujan Rerata Metode Thiessen	Rara-Rata
		Perak		
2011	18-Feb	110	110	110
	12-Mar	75	75	
	01-Feb	4	4	
2012	08-Feb	94	94	94
	16-Jan	3	3	
	30-Jan	20	20	
2013	13-Dec	129	129	129
	02-Jan	0	0	
	06-Jun	55	55	
2014	03-Dec	102	102	102
	19-Dec	19	19	
	06-Dec	45	45	
2015	29-Jan	84	84	84
	05-Mar	33	33	
	18-Apr	39	39	
2016	27-Dec	114	114	114
	12//2016	13	13	
	30-Nov	0	0	
2017	04-Dec	69	69	69
	26-Mar	0	0	
	17-Nov	0	0	
2018	15-Dec	52	52	52
	22-Feb	47	47	
	20-Jun	35	35	
2019	18-Jan	103	103	103
	29-Apr	45	45	
	02-Feb	92	92	
2020	11-Feb	70	70	70
	31-Jan	0	0	
	16-Jan	15	15	
2021	02-Dec	109	109	109
	03-Mar	25	25	
	06-Mar	0	0	
2022	28-Oct	110	110	110
	08-Jan	15	15	
	22-Feb	3	3	

Sumber : Hasil Perhitungan, 2023

#### 4.5 Analisa Frekuensi

Sebelum menentukan distribusi probabilitas yang akan digunakan, data yang tersedia dilakukan perhitungan analitis awal. Tahapan dalam melakukan perhitungan digambarkan sebagai berikut:

Langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

1. Susunlah data curah hujan ( $R_i$ ) dalam urutan nilai minimum hingga maksimum. Curah hujan terkering yang tercatat terjadi pada tahun 2018 sebesar 52 mm, sedangkan curah hujan terberat yang tercatat terjadi pada tahun 2013 sebesar 129 mm. Kompilasi data curah hujan ditampilkan pada Tabel 4.8.

**Tabel 4.8** Perhitungan Parameter Statistik

No	Tahun	Rmax	Ri	Ri-Rt	(Ri-Rt) <sup>2</sup>	(Ri-Rt) <sup>3</sup>	(Ri-Rt) <sup>4</sup>
1	2010	109	129	32,46	1053,75	34206,39	1110392,18
2	2011	110	114	17,46	304,91	5324,12	92967,26
3	2012	94	110	13,46	181,21	2439,41	32838,16
4	2013	129	110	13,46	181,21	2439,41	32838,16
5	2014	102	109	12,46	155,29	1935,15	24114,97
6	2015	84	109	12,46	155,29	1935,15	24114,97
7	2016	114	103	6,46	41,75	269,78	1743,19
8	2017	69	102	5,46	29,83	162,91	889,73
9	2018	52	94	-2,54	6,44	-16,36	41,52
10	2019	103	84	-12,54	157,21	-1971,21	24715,93
11	2020	70	70	-26,54	704,29	-18690,77	496024,32
12	2021	109	69	-27,54	758,37	-20884,26	575120,30
13	2022	110	52	-44,54	1983,67	-88349,81	3934964,74
Jumlah data			1255	0,00	5713,23	-81200,09	6350765,43
Rata-rata (Rt)			96,54				

*Sumber : Hasil Perhitungan, 2023*

2. Menghitung besarnya rata-rata ( $R$ ) dari tinggi hujan tersebut, sehingga didapat :

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} = \frac{1255}{13} = 96,54$$

3. Menghitung besarnya harga deviasi rata-rata ( $S_d$ ) dari data hujan tersebut, sehingga di dapat :

$$s_R = \sqrt{\frac{\sum (R_i - \bar{R})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{5713,23}{13 - 1}} = 21,81977461$$

4. Menghitung harga koefisien varians (Cv) dari besaran data hujan tersebut, sehingga di dapat :

$$Cv = \frac{S_R}{\bar{R}} = \frac{21,81977461}{96,54} = 0,2602157$$

5. Menghitung harga koefisien kemencengan (Cs) dari besaran data hujan tersebut, sehingga di dapat :

$$Cs = \frac{n \times \sum_{i=1}^n (Ri - \bar{R})^3}{(n-1)(n-2)(S_R^3)} = \frac{13(-81200,09)}{(13-1)(13-2)(21,81977461^3)} = -1$$

6. Menghitung harga koefisien kurtosis (Ck) dari besaran data hujan tersebut, sehingga di dapat:

$$Ck = \frac{n^2 \times \sum_{i=1}^n (Ri - \bar{R})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)(S_R^4)}$$

$$= \frac{(13^2)(6350765,43)}{(13-1)(13-2)(13-3)(21,81977461)^4} = 3,587053089$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui harga Cs = -1 mm dan Ck = 3,587053089

#### 4.6 Perhitungan Curah Hujan Rencana

Pada tugas akhir ini, perhitungan antisipasi curah hujan dilakukan dengan menggunakan dua metode yang dibandingkan yaitu metode Log Person III dan metode Gumbel.

##### 4.6.1 Perhitungan Hujan Rencana Dengan Metode Gumbel

Langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

1. Menyusun data curah hujan (Ri) secara berurutan, dimulai dari nilai tertinggi dan berlanjut ke nilai terendah. Pada tahun 2013 tercatat curah hujan maksimum sebesar 126 mm, sedangkan tahun 2018 mencatat curah hujan terendah sebesar 52 mm.
2. Hitung besaran rata-rata (R) ketinggian curah hujan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n Ri}{n} = \frac{1255}{13} = 96,54$$

3. Menghitung besar harga deviasi rata-rata (Sd) dari data hujan tersebut, sehingga didapat:

$$S_R = \sqrt{\frac{\sum (Ri - \bar{R})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{5713,23}{13-1}} = 21,81977461$$

4. Menghitung besarnya harga 1/a dan b

Dari Tabel di dapat nilai :

- $S_n$  : 0,9972
- $Y_n$  : 0,5070
- $\frac{1}{a} = \frac{S_R}{sn} = \frac{21,81977461}{0,9971} = 21,883$
- $b = \bar{R} - \left( y_n \times \frac{S_R}{sn} \right) = 96,54 - \left( 0,5070 \times \frac{21,81977461}{0,9971} \right) = 38,445$

Persamaan Ekstarpolasi :

- $R_t = b + \frac{1}{b} \times Y_t = 38,445 + 21,883 \times Y_t$

5. Untuk perhitungan curah hujan dengan periode ulang pada persamaan distribusi Gumbel dengan Rumus  $Y_t = -\ln(-\ln(T_r - 1) / T_r)$ , maka didapatkan :

**Tabel 4.9** Curah Hujan dengan Periode Ulang tertentu untuk Distribusi Gumbel

Tr (tahun)	Ytr	KTr (m <sup>3</sup> /d)	RTr (mm)
25	3,198534	2,6991	155
10	2,250367	1,7483	135
5	1,49994	0,9957	118
2	0,366513	-0,1409	93

*Sumber : Hasil Perhitungan, 2023*

6. Uji Smirnov Kolomogrov

Pengujian ini di ambil pengertian adanya simpangan antara data yang ada dengan garis teoritisnya pada arah mendatar yang yang dinyatakan dengan persen, persamaan Smirnov Kolmogorov mensyaratkan simpangan ini samapai dengan batas tertentu. Apabila  $\Delta_{maks}$  lebih dari pada  $\Delta_{kritis}$  untuk suatu taraf tertentu (*Level of signification*) tertentu, maka sebaran tersebut dapat diterima.

Plpting data dan garis durasi pada kertas probabilitas log Person III dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

- Data hujan harian rata-rata tiap tahun disusun dari kecil hingga terbesar
- Probalitas dihitung dengan persamaan Weibull

Dengan rumus :  $P = \frac{100(m)}{N+1} (100\%)$

- Plot data curah hujan Xi-Probalitas
- Buat garis durasi Log Person III sesuai dengan plot yang telah dihitung.

Menurut (Sri,1993), untuk keperluan teknik, taraf sebesar 5% sudah cukup memenuhi syarat. Pada pembahasan ini  $\alpha$  diambil 5%, sehingga untuk jumlah data  $n = 13$  dibaca pada table dan didapat  $\Delta_{kritis} = 0,31$ . Bisa dilihat pada **tabel 4.10**.

**Tabel 4.10** Derajat kepercayaan

N	Derajat kepercayaan				Jumlah Data	13
	0,2	0,1	0,05	0,01		
5	0,45	0,51	0,56	0,67	Signifikan	5%
10	0,32	0,37	0,41	0,49	D Kritis	0,31
15	0,27	0,3	0,34	0,4		
20	0,23	0,26	0,29	0,36		

**Sumber :** Hasil Perhitungan

- Untuk menghitung data hujan yang lain dapat dilihat sebagai berikut :

$$s_R = \sqrt{\frac{\sum(Ri - \bar{R})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{5713,23}{13 - 1}} = 21,81977461$$

- Dari tabel hubungan n dan Yn, n di dapat = 13 :

$$S_n = 0,9972$$

$$Y_n = 0,5070$$

$$\frac{1}{a} = \frac{S_R}{sn} = \frac{21,81977461}{0,9971} = 21,883$$

$$b = \bar{R} - \left( yn \times \frac{S_R}{sn} \right) = 96,54 - \left( 0,5070 \times \frac{21,81977461}{0,9971} \right) = 38,445$$

- Dengan demikian persamaan dapat ditulis sebagai berikut :

$$X_t = b + \frac{1}{b} + y_t = 38,445 + 21,883 \times y_t$$

- Dengan dua buah harga y<sub>t</sub>, maka ditarik garis durasi :

$$Y_t = -1 \qquad R_t = 16,562$$

$$Y_t = 3,25 \qquad R_t = 109,564$$

- Untuk perhitungan data hujan yang lain dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 4.11** Uji Smirnov Kolomogrov untuk Distribusi Gumbel

No	Tahun	Rmax	Ri	P	f (t)	P'	DP
1	2010	109	129	0,07	1,4876965	0,00722523	0,078654
2	2011	110	114	0,14	0,8002538	0,19763248	0,054775
3	2012	94	110	0,21	0,6169358	0,25251604	0,03823
4	2013	129	110	0,29	0,6169358	0,25251604	0,033198
5	2014	102	109	0,36	0,5711063	0,26745051	0,089692
6	2015	84	109	0,43	0,5711063	0,26745051	0,161121
7	2016	114	103	0,50	0,2961292	0,36467479	0,135325
8	2017	69	102	0,57	0,2502997	0,38163284	0,189796
9	2018	52	94	0,64	-0,116336	0,56608557	0,076772

Lanjutan tabel 4.11 →

No	Tahun	Rmax	Ri	P	f (t)	P'	DP
10	2019	103	84	0,71	-0,574632	0,73372695	0,019441
11	2020	70	70	0,79	-1,216245	0,89756774	0,111853
12	2021	109	69	0,86	-1,262074	0,90650449	0,049362
13	2022	110	52	0,93	-2,041176	0,98161175	0,05304
n			13				
Jumlah			1255			D hitung	0,1898
Rata-rata			96,54			D kritis	0,31
Sr			21,82				Mewakili

Sumber : Hasil Perhitungan, 2023

Dari tabel diatas di peroleh:

- Simpangan maks = 5%, sehingga ( $\Delta$ kritis = 0,31), ( $\Delta$ maks = 0,1898).

Dari hasil diatas dapat diambil kesimpulan bahwa hipotesa Gumbel dapat diterima.

#### 7. Uji Chi Square ( $X^2$ ) Metode Gumbel

Uji Chi square ini untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistic sampel data yang di analisis.

Penyelesaian :

- Jumlah data (n) = 13
- Derajat Kepercayaan ( $\alpha$ ) = 5%
- Kelas distribusi (Stungers),  

$$K = 1 + 3.322 \log n$$

$$K = 1 + 3,322 (13) = 4,589 \rightarrow \text{pakai } 4$$
- Derajat Kebebasan,  

$$Dk = k - (p + 1)$$

$$Dk = 4 - (2 + 1) = 1$$

$$Ei = 13/4 = 3,25$$

Dimana :

- Dk = Derajat Kebebasan
- Ei = Data hasil perhitungan dari lengkung kekerapan toritik (grafik)
- n = Jumlah data
- p = Banyak nya parameter, untuk uji Chi Kuadrat adalah 2
- K = Jumlah kelas distribusi =  $1 + (3,322 \times \log n)$

**Tabel 4.12** Perhitungan Uji Chi Square untuk Distrubusi Gumbel

Kelas	P	TR	YTR	KTR	RTR	Nilai Batas Tiap Kelas		Ei	Oi	((Ei-Oi)^2)/Ei	
1	0,25	4	1,25	0,741	112,71		>	112,71	3,25	2	0,48
2	0,5	2	0,37	-0,14	93,46	93,46	-	112,71	3,25	6	2,33
3	0,75	1,3	-0,33	-0,84	78,30	78,3	-	93,46	3,25	2	0,48
4	0,99	1,0	-1,53	-2,04	52,03	52,03	-	78,3	3,25	3	0,02
<b>Sumber</b> : Hasil Perhitungan, 2023							<	52,03	-	-	
						Jumlah			13	13	3,31
Dengan V = 1, dan α = 0,05 didapat R2 Cr = 3,841									Chi Hitung		3,31
R2hit (3,31) < R2Cr (3,841) •Diterima									Chi Kritis		3,841

#### 4.6.2 Perhitungan Hujan Rencana Metode Log Person III

Prosedur perhitungan untuk memperkirakan perkiraan curah hujan menggunakan metode Pearson Log III, sebuah pendekatan andal yang dapat diterapkan pada beragam kondisi tanpa memerlukan prasyarat khusus, terdiri dari langkah-langkah berikut:

1. Susunlah data curah hujan (Ri) secara menurun, dimulai dari nilai minimum hingga maksimum. Secara signifikan, curah hujan tertinggi yang terdokumentasi terjadi pada tahun 2013 sebesar 126 milimeter, sedangkan curah hujan minimum terjadi pada tahun 2018 sebesar 52 milimeter. Penyajian lengkap data curah hujan yang dihimpun dapat dilihat pada Tabel 4.11.
2. Ubah n nilai curah hujan yang dilambangkan R1, R2, R3,..., Rn, ke dalam bentuk logaritma, sehingga menghasilkan logaritma R1, R2, R3,..., Rn. Nilai-nilai ini selanjutnya ditabulasikan di kolom Log R.
3. Tentukan: Dengan menghitung mean nilai logaritma (Log R),

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log Ri}{n} = \frac{1,97261}{13} = 0,152 \text{ mm}$$

4. Menghitung besarnya harga deviasi rata – rata (S) dari besaran logaritma tersebut sehingga didapat :

$$S \text{ Log}_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \text{Log} (Ri - R)^2}{n - 1}} = \frac{0,15}{13 - 1} = 0,112 \text{ mm}$$

5. Menghitung harga koefisien kemencengan (Cs) dari besaran logaritma diatas sehingga didapat :

$$Cs = \frac{n \times \sum_{i=0}^n (Ri - R)^3}{(n - 1)(n - 2)(\log SR^3)} = \frac{13 \times (-0,02)}{(13 - 1)(13 - 2)(0,112^3)} = -1,20 \text{ mm}$$

**Tabel 4.13** Perhitungan Parameter Statistika Distribusi Log Person Tipe III

No	Tahun	Rmax (mm)	Ri (mm)	Log Ri	Log (Ri-Rt)	Log (Ri-Rt) <sup>2</sup>	Log (Ri-Rt) <sup>3</sup>
1	2010	109	129	2,11059	0,14	0,02	0,00
2	2011	110	114	2,0569	0,08	0,01	0,00
3	2012	94	110	2,04139	0,07	0,00	0,00
4	2013	129	110	2,04139	0,07	0,00	0,00
5	2014	102	109	2,03743	0,06	0,00	0,00
6	2015	84	109	2,03743	0,06	0,00	0,00
7	2016	114	103	2,01284	0,04	0,00	0,00
8	2017	69	102	2,0086	0,04	0,00	0,00
9	2018	52	94	1,97313	0,00	0,00	0,00
10	2019	103	84	1,92428	-0,05	0,00	0,00
11	2020	70	70	1,8451	-0,13	0,02	0,00
12	2021	109	69	1,83885	-0,13	0,02	0,00
13	2022	110	52	1,716	-0,26	0,07	-0,02
<b>Jumlah</b>		$\Sigma$	1255	25,6439	0,00	0,15	-0,02
<b>Banya Data</b>	<b>n</b>		13				
<b>Rata-rata</b>	<b>Rt</b>		96,54	1,97261			
<b>Standar Deviasi</b>	<b>s</b>		21,82	S log R	0,112		
<b>Koef.Asimetri</b>	<b>Cs</b>				-1,20		

*Sumber : Hasil Perhitungan, 2023*

Untuk curah hujan dengan periode ulang pada distribusi Log Person tipe III dapat dihitung sebagai berikut:

- Perhitungan curah hujan dengan periode ulang 13 tahunan, dari perhitungan sebelumnya di dapat harga :
  - Rerata = 1,97261
  - $\overline{\log} = 0,152$
  - Cs = -1,20 mm
  - Standar deviasi (S) = 0,112 mm
  - Nilai k dengan harga Cs = -1,20 mm
- Dengan rumus :
  - $\text{Log } R_{Tr} = \overline{\text{Log } R} + K_{Tr} \times S \text{ Log } R$
  - $R_{tr} = 10(\text{LOG } \bar{R} + KTR \times S \text{ LOG } R$

Perhitungan curah hujan dengan periode ulang yang lain ditabelkan sebagai berikut :

**Tabel 4.14** Curah Hujan Dengan Periode ulang tertentu untuk Distribusi Log Person III

Tr (tahun)	KTr	RTr (mm)
25	1,282	130
10	1,086	124
5	0,844	117
2	0,195	99

*Sumber : Hasil Perhitungan, 2023*

#### 1 Uji Smirnov Kolmogorov Metode Log Person III

Tes Smirnov-Kolmogorov, atau disebut sebagai metode Log Pearson III, diakui sebagai penilaian kesesuaian non-parametrik karena independensi fungsi distribusinya. Penilaian tersebut memerlukan penentuan deviasi paling substansial yang terjadi dalam kumpulan data tertentu sehubungan dengan persamaan garis ekstrapolasi yang telah ditetapkan.

- DKritis merupakan batas dimana sebaran data masih dianggap cocok.
- DKritis di dapat dari tabel nilai  $\Delta$ kritis Smirnov-Kolmogorov dan umumnya diambil nilai  $D_{kritis} = 5\%$
- Di bandingkan antara nilai  $D_{maks}$  dan  $D_{kritis}$ . Apabila nilai  $D_{maks} \leq D_{kritis}$  maka pemilihan metode tersebut apat mewakili distribusi statistik data yang di analisis.
- Nilai peluang pengamatan (P) dihitung menggunakan persamaan Weibul dengan,

$$P = \frac{m}{n + 1} \times 100\%$$

Dimana :

- P = Probabilitas
- m = nomor urut data dari seri yang telah di urutkan
- n = banyak nya data

Urutkan data (dari besar ke kecil ) dan besarnya peluang dari masing – masing data tersebut. Untuk data hujan tahun 2013 dengan tinggi hujan = 126 mm di dapat :

$$P = \frac{1}{13+1} = 0,07$$

- Besar nya P ( log Ri) dapat di cari dengan rumus :

$$P (\log Ri) = \log 129 = 2,111$$

- Nilai  $f(t)$  dapat dicari dengan rumus :

$$f(t) = \frac{\log (R_i - \bar{R})}{\log S_R} = \frac{2,111 - 1,97}{0,112} = 1,23196$$

- Besar nya peluang teoritis ( $P^1$ ) dapat dicari dengan menggunakan tabel nilai peluang teoritis (lihat Lampiran) dari nilai  $f(t)$
- Nilai  $\Delta P$  dapat dicari dengan rumus :

$$\Delta p = |P - P^1|$$

Untuk perhitungan data hujan yang lain dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 4.15** Uji Smonorv Klomogrov untuk Distribusi Log Pearson III

No	Tahun	Rmax	Ri	Log Ri	P	f (t)	P'	$\Delta P$
1	2010	109	129	2,111	0,07	1,23196	0,100134307	0,02870574
2	2011	110	114	2,057	0,14	0,75263	0,211388769	0,06853163
3	2012	94	110	2,041	0,21	0,61413	0,25339065	0,03910494
4	2013	129	110	2,041	0,29	0,61413	0,25339065	0,03232364
5	2014	102	109	2,037	0,36	0,57872	0,264907471	0,09223539
6	2015	84	109	2,037	0,43	0,57872	0,264907471	0,16366396
7	2016	114	103	2,013	0,50	0,35917	0,341424312	0,15857569
8	2017	69	102	2,009	0,57	0,32134	0,355068608	0,21635996
9	2018	52	94	1,973	0,64	0,00463	0,478263832	0,16459331
10	2019	103	84	1,924	0,71	-0,4315	0,684822122	0,02946359
11	2020	70	70	1,845	0,79	-1,1385	0,883292613	0,09757833
12	2021	109	69	1,839	0,86	-1,1943	0,895455747	0,03831289
13	2022	110	52	1,716	0,93	-2,2911	0,99108066	0,06250923
n			13					
Jumlah			1255	25,644			D hitung	0,2164
Rata-rata			96,54	1,97			D kritis	0,31
Sr			21,82	0,112				Mewakili

**Sumber :** Hasil Perhitungan, 2023

Dari table diatas diperoleh simpangan  $D_{maks} = 0,2164$  sehingga,  $D_{kritis} = 0,31 > D_{maks} = 0,2164$ .

Dari hasil diatas dapat diambil kesimpulan bahwa hipotesa Log Person III dapat diterima (Lembar Probabilitas Uji Smirnov Kolmogorov Log Person III)

## 2 Uji Chi Square Metode Log Person III

Diasumsikan bahwa nilai taksiran menyumbang jumlah kesalahan terkecil yang dapat diabaikan.

Penyelesaian :

- Jumlah data,  $n = 13$
- Taraf kepercayaan,  $\alpha = 5\%$
- Kelas distribusi (sturges) :
  - $K = 1 + 3,322 \log N$
  - $K = 1 + 3,222 (13) = 4,589$  pakai 4
- Derajat kebebasan :
  - $Dk = K - (p + 1)$
  - $Dk = 4 - (2 + 1) = 1$
  - $Ef = 13/4 = 3,25$
- Dimana :
  - $Dk =$  Derajat Kebebasan
  - $Ei =$  Data hasil perhitungan dari lengkung kekerapan toritik (grafik)
  - $n =$  Jumlah data
  - $p =$  Banyak nya parameter, untuk uji Chi Kuadrat adalah 2
  - $K =$  Jumlah kelas distribusi =  $1 + (3,322 \times \log n)$

**Tabel 4.16** Perhitungan Uji Chi Square Metode Log Person III

Kelas	P	TR	KTR	RTR	Nilai Batas Tiap Kelas		Ei	Oi	$((Ei - Oi)^2) / Ei$	
1	0,25	4	0,62767	110,31	>	110,3	3,25	4	0,17	
2	0,5	2	0,19500	98,71	98,71	-	110,3	3,25	4	0,17
3	0,75	1,3	-1,38361	65,81	65,81	-	98,71	3,25	4	0,17
4	0,99	1,0	-2,14900	54,07	54,07	-	65,81	3,25	1	1,56
					<	54,07	-	-		
Jumlah								13	13	2,08

**Sumber :** Hasil Perhitungan, 2023

Dengan  $Dk = 1$  dan  $\alpha = 0,05$  di dapat  $R2 Cr = 3,841$

$R2hit (2,08) < R2Cr (3,841)$  Diterima.

Chi Hitung	2,08
Chi Kritis	3,841
	Mewakili

### 4.7 Kesimpulan Uji Kecocokan

Hasil yang diperoleh dari penilaian kesesuaian yang dilakukan untuk memastikan persamaan distribusi yang relevan disajikan pada tabel berikut:

**Tabel 4.17** Perbandingan tabel perhitungan Rerata Metode *Gumbel & Log Person III*

Tr (th)	LOG PERSON III (mm)	GUMBEL (mm)
25	130	155
10	124	135
5	117	118
2	99	93

*Sumber : Hasil Perhitungan, 2023*

**Tabel 4.18** Tabel Persyaratan *Gumbel dan Log Person Tipe III*

Jenis Metode	Syarat	Perhitungan	Keterangan
Gumbell	$Cs \leq 1,139$	-1	Memenuhi
	$Ck \leq 5,4$	3,587	Memenuhi
Log Pearson III	$Cs \neq 0$	-1,2	Memenuhi

*Sumber : Hasil Perhitungan, 2023*

**Tabel 4.19** Tabel Uji Kecocokan Distribusi

Jenis Metode	Uji Kecocokan						Keterangan
	Chi Square			Smirnov Kolomogrov			
	R2hit		R2	Dmaks		Dkritis	
LOG PERSON III	2,08	<	3,841	0,21636	<	0,31	OK
GUMBEL	3,31	<	3,841	0,18980	<	0,31	OK

*Sumber : Hasil Perhitungan, 2023*

Untuk perhitungan selanjutnya, hasil perhitungan metode *Gumbel* dipilih sebagai acuan, karena nilai yang diperoleh dengan metode *Gumbel* jauh lebih besar dibandingkan dengan metode *Log Person III* pada tabel perhitungan di atas. Oleh karena itu, metode *Gumbel* memberikan tingkat keamanan yang lebih tinggi dan lebih cocok digunakan dalam menghadapi situasi banjir yang sering terjadi di wilayah jalan Demak Surabaya. Penggunaan metode *Gumbel* diharapkan dapat memberikan perkiraan yang lebih akurat dan membantu pengambilan keputusan mengenai mitigasi risiko banjir di wilayah jalan Demak Surabaya

#### 4.8 Perhitungan Debit Rencana

Dalam perhitungan debit banjir rencana ini menggunakan tiga metode, yaitu :

a. Metode Rasionl :

Metode ini digunakan menghitung debit banjir dengan mempertimbangkan karakteristik aliran sungai seperti luas daerah, curah hujan dan koefisien aliran.

b. Metode Haspers :

Metode ini digunakan untuk mengestimasi debit banjir dengan mempertimbangkan faktor topografi dan hidrologi.

c. Metode Weduwen :

Metode ini untuk menghitung debit banjir dengan memperhitungkan karakteristik hujan dan daerah aliran sungai.



**Gambar 4.6** Saluran Drainase di Wilayah Demak Surabaya

Berikut adalah keterangan pada gambar 4.6 saluran drainase di Wilayah Demak Surabaya:

- Nama Saluran = Saluran Demak
- Panjang Saluran = 0,71 km
- Luas Catchment Area= 0,12 km

**Tabel 4.20** Nilai Koefisien C

No	Deskripsi Lahan/Karakter Permukaan	Koefisien C
1	Bisnis	
	Perkotaan	0,70 - 0,95
	Pinggiran	0,50 - 0,70
2	Perumahan	
	Rumah Tunggal	0,30 - 0,50
	Multiunit terpisah, terpisah	0,40 - 0,60
	Multiunit, Tergabung	0,60 - 0,75
	Perkampungan	0,25 - 0,40
	Apartemen	0,50 - 0,70
3	Industri	
	Ringan	0,50 - 0,80
	Berat	0,60 - 0,90
	Perkerasan	
	Aspal dan beton	0,70 - 0,95
	Batu bata dan paving	0,50 - 0,70
	Atap	0,75 - 0,95
	Halaman tanah berpasir	
	datar 2%	0,05 - 0,10
	rata-rata 2-7%	0,10 - 0,15
	curam 7%	0,15 - 0,20
	Halaman tanah berat	
	datar 2%	0,13 - 0,17
	rata-rata 2-7%	0,18 - 0,22
	curam 7%	0,25 - 0,35
	Halaman kereta api	0,10 - 0,35
	Taman tempat bermain	0,20 - 0,35
	Taman, pekuburan	0,10 - 0,25
	Hutan	
	datar 0-5%	0,10 - 0,40
	bergelombang 5-10%	0,25 - 0,25
	berbukit 10-30%	0,30 - 0,60

*Sumber : Suripin, 2003*

#### 4.8.1 Perhitungan Debit Banjir Saluran Tersier Demak

Debit banjir yang diantisipasi pada saluran Demak telah dihitung dengan menggunakan metode Rasional, Haspers, dan Der Weduwen, yang dirinci di bawah ini.

##### a. Perhitungan Debit Banjir Menggunakan Metode Rasional

- Panjang Saluran (L) = 0,71 km
- Luas daerah (A) = 0,12 km<sup>2</sup>

- Elevasi Hulu = 1 m
- Elevasi Hilir = 0,63 m
- Beda Tinggi Elevasi = 0,37 m

Perhitungan yang di pakai pada curah hujan rencana periode ulang 5 Tahun :

- $V = 72 \times \left(\frac{\Delta H}{L}\right)^{0,6}$
- $V = 72 \times \left(\frac{0,00037}{0,71}\right)^{0,6} = 0,77 \text{ km/jam}$
- $T = T_c$
- $T_c = \frac{L}{V}$
- $T_c = \frac{0,71}{0,77} = 0,92 \text{ jam}$
- $I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{T_c}\right)^{\frac{2}{3}}$
- $I = \frac{118}{24} \times \left(\frac{24}{0,92}\right)^{\frac{2}{3}} = 43,24 \text{ mm/jam}$
- $Q = \frac{1}{3,6} C . I . A$  (C = 0,95 dapat dilihat pada tabel 4.19)
- $Q_{2th} = 0,278 \times 0,95 \times 43,24 \times 0,12$
- $Q_{5th} = 1,4 \text{ m}^3/dt$

## b. Perhitungan Debit Banjir Menggunakan Metode Haspers

Perhitungan yang di pakai pada curah hujan rencana periode ulang 5 tahun :

- Panjang saluran (L) = 0,71 km
- Luas daerah (A) = 0,12 km<sup>2</sup>
- I = 0,000521 km
- R<sub>24</sub> = 118 mm
- $\alpha = \frac{1+1,01(A)^{0,7}}{1+1,08(A)^{0,7}}$
- $\alpha = \frac{1+1,01(0,12)^{0,7}}{1+1,08(0,12)^{0,7}} = 0,987$
- $tr = T_c = 0,1 \times L^{0,8} \times I^{-0,3} = 0,1 \times 0,71^{0,8} \times 0,000521^{-0,3}$
- $tr = 0,73 \text{ jam}$
- $1/\beta = 1 + \left[ \frac{tr + (3,7 + 10^{0,4 \times tr})}{tr^2 + 13} \right] \left[ \frac{A^{0,75}}{12} \right]$
- $1/\beta = 1 + \left[ \frac{0,73 + (3,7 + 10^{0,4 \times 0,73})}{0,73^2 + 13} \right] \left[ \frac{0,12^{0,75}}{12} \right]$
- $1/\beta = 1,18$

- $\beta = 0,847$
- $t_r = 0,73 \text{ jam} < 2 \text{ jam}$
- $r_t = \frac{t_r \times R_{24}}{t_r + 1} = \frac{0,73 \times 118}{0,81 + 1} = 52,81 \text{ mm}$
- $t_r \text{ dalam jam, maka } q = \frac{r_t}{3,6 + t_r^2} = \frac{52,81}{3,6 + 0,73^2} = 12,41 \text{ m}^3/\text{det}/\text{km}^2$
- $q = 12,41 \text{ m}^3/\text{det}/\text{km}^2$
- $Q_{5th} = \alpha \times \beta \times q \times A$
- $Q_{5th} = 0,987 \times 0,847 \times 12,41 \times 0,12$
- $Q_{5th} = 1,3 \text{ m}^3/\text{det}$

### c. Perhitungan Debit Banjir Maksimum Menggunakan Metode Weduwen

Perhitungan yang di pakai curah hujan rencana periode ulang 5 tahun :

- Panjang saluran (L) = 0,71 km
- Luas Daerah (A) = 0,12 km<sup>2</sup>
- R<sub>24</sub> = 118 mm
- Harga t coba-coba t = 2,8 jam
- $\beta = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9}A}{120+A}$   
 $= \frac{120 + \frac{2,8+1}{2,8+9}0,12}{120+0,12} = 1$
- $\beta = 1$
- $q_n = \frac{R_{24}}{240} \times \frac{R_{24}}{t+1,45}$   
 $= \frac{118}{240} \times \frac{118}{2,8 + 1,45} = 13,65 \text{ m}^3/\text{det}/\text{km}^2$
- $q_n = 13,65 \text{ m}^3/\text{det}/\text{km}^2$
- $\alpha = 1 - \frac{4,1}{\beta \times q_n + 7} = 1 - \frac{4,1}{(1 \times 37,43) + 7} = 0,80$
- $\alpha = 0,80$
- $Q_{5th} = \alpha \times \beta \times q \times A$   
 $= 0,80 \times 1 \times 13,65 \times 0,12$   
 $= 1,3 \text{ m}^3/\text{dt}$
- Periksa nilai t coba coba = t hitung
- $t = 0,25 \times 0,71 \times 1,3^{-0,125} \times 0,000521^{-0,25}$
- $t = 2,8 \text{ jam}$

- t coba-coba = t hitung → 2,8 jam, nilai Qn adalah benar.

Berikut adalah perbandingan hasil dari perhitungan debit banjir rencana periode ulang 5 tahun saluran tersier jalan Demak Surabaya, dengan tiga Metode sebagai berikut:

- Metode Rasional = 1,4 m<sup>3</sup>/detik
- Metode Hasper = 1,3 m<sup>3</sup>/detik
- Metode Der Weduwen = 1,3 m<sup>3</sup>/detik

Untuk perhitungan berikutnya menggunakan hasil dari metode rasional, yaitu sebesar 1,4 m<sup>3</sup>/detik

#### 4.9 Analisa debit Air Kotor

Yang dimaksud dengan “pembuangan air tercemar” adalah volume air yang dikeluarkan dari sumber-sumber seperti instalasi, limbah rumah tangga, dan asal-usul lainnya. Untuk memperkirakan secara akurat jumlah air terkontaminasi yang akan menyusup ke sistem drainase, penting untuk memastikan populasi dan kebutuhan air rata-rata di wilayah yang ditentukan. Data di atas ditunjukkan di sekitar Jalan Demak yang dibatasi di Surabaya.



**Gambar 4.7** Cathement Area Demak Surabaya

Air kotor umumnya berasal dari berbagai sumber, seperti rumah tangga, industri, komersial, dan sistem pembuangan air limbah perkotaan di Indonesia. Perlu diketahui bahwa

sistem drainase perkotaan di Indonesia masih sering menggabungkan air hujan dengan limbah air kotor rumah tangga. Oleh karena itu, penting untuk memperhitungkan jenis air pembuangan tertentu, seperti air bekas cucian, air dapur, dan air bekas mandi yang dihasilkan oleh rumah tangga. Dalam konteks ini, perhatian terhadap pengelolaan air pembuangan menjadi sangat penting dan tidak boleh diabaikan. Pada **tabel 4.22** menunjukkan besarnya konsumsi air bersih pada kota metropolitan sebesar 250 liter/jiwa/hari.

**Tabel 4.21** Kebutuhan Air Bersih Domestik

No	Kategori Kota	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Sumbangan Rumah Konsumsi Air Bersih lt/org/hari	Jlh Jiwa
1	Metropolitan	>1 juta	250	5
2	Besar	500 Rb - 1 juta	180	5
3	Sedang	100 rb - 500 rb	150	6
4	Kecil	20 rb - 100 rb	130	6

*Sumber : Departemen Kimpraswil, 2004*

Bahwa debit limbah domestik dari suatu kawasan umumnya sebesar 60 – 85 % dari debit air bersih yang di salurkan pada kawasan tersebut. Perhitungan debit aliran limbah domestik dapat dilakukan dengan pendekatan sebesar 70% dari debit air yang di konsumsi.

- a) Perhitungan debit air kotor Demak Surabaya :
- Perhitungan debit limbah air kotor rumah tangga pada 10 tahun mendatang (2032) wilayah Demak Kelurahan Gundih Surabaya.

**Tabel 4.22** Jumlah Penduduk di Wilayah Demak kelurahan Gundih Surabaya

No.	Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)
1	2022	26.932
2	2023	26.997

*Sumber : Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kota Surabaya, 2023*

- Luas wilayah Demak Kelurahan Gundih Kota Surabaya adalah 0,85 km<sup>2</sup>, sedangkan luas catchment area studi 0,12 km<sup>2</sup>. Jadi jumlah penduduk wilayah studi dengan catchment area adalah :
  - Tahun 2023  $= \frac{0,12}{0,85} \times 26.997 = 3.811$  jiwa
  - Tahun 2022  $= \frac{0,12}{0,85} \times 26.932 = 3.802$  jiwa
- Untuk menghitung besarnya laju pertumbuhan penduduk di wilayah Demak Kelurahan Gundih Surabaya sebagai berikut :

- $r = \frac{J_{n+1}-J_n}{J_n} \times 100\%$
  - $r = \frac{3811-3802}{3811} \times 100\%$
  - $r = 0,0023077 \rightarrow 0,04\%$
- Dalam memperkirakan jumlah penduduk di masa yang akan datang di hitung dengan menggunakan metode Geometrik Rate of Grotwh. Perhitungan digunakan 10 tahun yang akan mendatang (2032).
- $P_n = P_o + (1+r)^n$
  - $P_{10} = 3811 (1+0,0024077)^{10} = 3892$  jiwa
- Untuk menentukan debit air limbah dalam kaitannya dengan konsumsi air murni harian per individu (liter) di Desa Demak, Gundih, dilakukan perkiraan dengan memperhitungkan 75% penggunaan air penduduk desa. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.20, volume penggunaan air bersih harian per orang adalah 130 liter karena lokasi penelitian sebagian bersifat industri. Ini menghasilkan perhitungan limbah berikutnya:
- Kebutuhan air setiap hari = Jumlah Penduduk x Kebutuhan rata-rata air setiap orang  
 $= 3892 \times 130 \text{ lt/hr/jiwa} = 505960$
  - Q air Limbah  $= 505960 \times 0,75 / (24 \text{ jam} \times 3600 \text{ detik} \times 1000 \text{ liter})$   
 $= 0,00439 \text{ (m}^3\text{/det)}$

Berikut perhitungan pada **tabel 4.22**, besar nya jumlah penduduk di wilayah Demak Kelurahan Gundih di masa yang akan mendatang beserta debit air limbah, sebagai berikut :

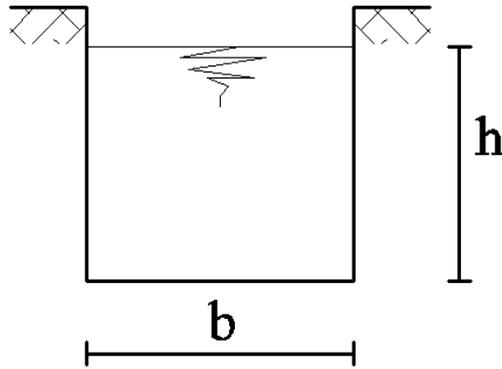
**Tabel 4.23** Perhitungan debit Air Limbah di Wilayah Demak Kelurahan gundih

NO	Tahun	Jumlah Penduduk	Kebutuhan Air Bersih	Limbah	Qair Limbah
1	2023	3811	130	75%	0,00439
2	2024	3820			
3	2025	3829			
4	2026	3838			
5	2027	3847			
6	2028	3856			
7	2029	3865			
8	2030	3874			
9	2031	3883			
10	2032	3892			
	Jumlah	38515	505960		

*Sumber : Hasil Perhitungan, 2023*

#### 4.10 Perhitungan Kapasitas Saluran *Existing* Baru

Perhitungan kapasitas saluran eksisting ini adalah metode untuk mengestimasi kapasitas saluran yang terletak di lokasi studi. Berikut ini adalah perhitungan kapasitas saluran drainase yang terdapat di wilayah Demak Kelurahan Gundih:



**Gambar 4.8** Penampang Persegi

- Panjang Saluran (L) = 0,71 km
- Tinggi Saluran (h) = 2,1 m
- Lebar Dasar Saluran (b) = 1,8 m
- Koef. Manning (n) = 0,013 (Beton dipoles)
- Elevasi Hulu = 1 m
- Elevasi Hilir = 0,63m
- Beda Tinggi Hulu ke Hilir (m) = 0,37 m
- Kemiringan Dasar Saluran (I) =  $\frac{Elev.Hulu - Elev.Hilir}{L \times 1000}$   
=  $\frac{1 - 0,63}{0,71 \times 1000}$   
= 0,000521
- Bentuk Penampang = Persegi
- Luas Penampang (A) =  $b \times h$   
=  $1,8 \times 2,1$   
= 3,78 m<sup>2</sup>
- Keliling Basah (P) =  $b + (h \times 2)$   
=  $1,8 + (2,1 \times 2)$   
= 6 m
- Jari-jari Hidrolis (R) =  $A/P$

- $$= \frac{3,78}{6} = 0,63 \text{ m}$$
- Kecepatan Aliran (V)  $= \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$ 

$$= \frac{1}{0,013} \times 0,63^{\frac{2}{3}} \times 0,000521^{\frac{1}{2}} =$$

$$= 1,290 \text{ m/dt}$$
  - Q saluran  $= A \times V$ 

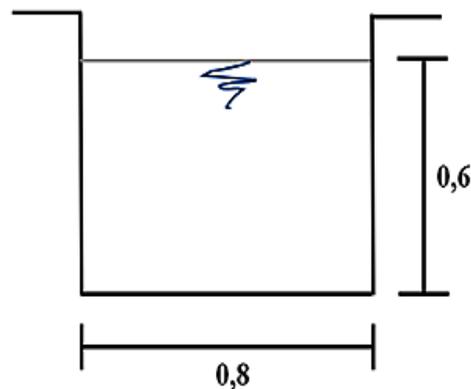
$$= 3,78 \times 1,290$$

$$= 4,88 \text{ m}^3/\text{dt}$$
  - Q Saluran > Q hujan 5 tahun metode rasional
  - 4,88 m<sup>3</sup>/dt > 1,404 m<sup>3</sup>/dt (Q Saluran terlalu besar)

#### 4.11 Perhitungan Kapasitas Saluran Existing Lama

Perhitungan saluran lama ini dilakukan agar dapat mengetahui kapasitas nya secara akurat, sehingga dapat melakukan perbandingan dengan saluran baru. Karena saluran drainase yang telah dibangun oleh Badan Pembangunan Daerah Kota Surabaya terlalu besar (*Over Size*). Berikut perhitungan dimensi saluran lama di Jalan Demak :

**Gambar 4.9** Penampang Saluran Persegi



*Sumber : PU Bina Marga Pamutusan Surabaya, 2023*

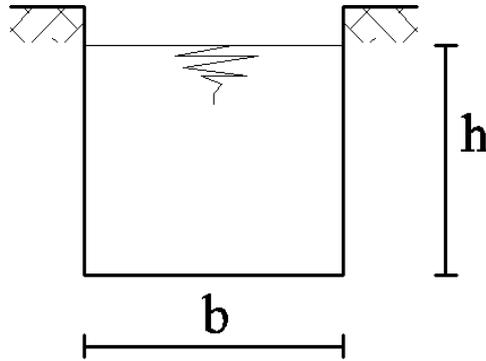
- Panjang Saluran (L)  $= 0,71 \text{ km}$
- Tinggi Saluran (h)  $= 0,6 \text{ m}$
- Lebar Dasar Saluran (b)  $= 0,8 \text{ m}$
- Koef. Manning (n)  $= 0,013$  (Beton dipoles)
- Elevasi Hulu  $= 1 \text{ m}$
- Elevasi Hilir  $= 0,63 \text{ m}$

- Beda Tinggi Hulu ke Hilir (m) = 0,37 m
- Kemiringan Dasar Saluran (I) =  $\frac{Elv.Hulu-Elv.Hilir}{L \times 1000}$   
=  $\frac{1-0,63}{0,71 \times 1000}$   
= 0,000521
- Bentuk Penampang = Persegi
- Luas Penampang (A) =  $b \times h$   
=  $0,8 \times 0,6$   
=  $0,48 \text{ m}^2$
- Keliling Basah (P) =  $b + (h \times 2)$   
=  $0,8 + (0,6 \times 2)$   
= 2 m
- Jari-jari Hidrolis (R) =  $A/P$   
=  $\frac{0,48}{2} = 0,24 \text{ m}$
- Kecepatan Aliran (V) =  $\frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$   
=  $\frac{1}{0,013} \times 0,24^{\frac{2}{3}} \times 0,000521^{\frac{1}{2}} =$   
= 0,677 m/dt
- Q saluran =  $A \times V$   
=  $0,48 \times 0,677$   
=  $0,325 \text{ m}^3/\text{dt}$
- Q Saluran > Q hujan 5 tahun metode rasional
- $0,325 \text{ m}^3/\text{dt}$  <  $1,404 \text{ m}^3/\text{dt}$

#### 4.12 Perencanaan Dimensi Saluran Berdasarkan Q5

Setelah melakukan perhitungan dan Review Desain Saluran kapasitas saluran drainase jalan Demak, maka perencanaan ulang dimensi dilakukan, karena saluran yang telah rampung dibangun oleh Badan Pembangunan Daerah Kota Surabaya terlalu besar (*over size*). Perlu dilakukan evaluasi ulang terhadap karakteristik hidrologi daerah dan mempertimbangkan faktor-faktor seperti curah hujan maksimum, luas lahan yang harus ditangani, dan debit air yang diharapkan. Dengan demikian, desain saluran drainase dapat disesuaikan dengan kebutuhan yang sebenarnya, efisien dalam penggunaan sumber daya, dan sesuai dengan tata ruang yang ada.

Berikut perhitungan ulang dimensi pada saluran jalan Demak :



**Gambar 4.10** Penampang Saluran Persegi

- Q Rencana Total = 1,404
- Saluran Existing Baru :
- Tinggi Saluran (h) = 2,1 m
- Lebar Saluran (b) = 1,8 m
- Perencanaan Dimensi saluran :
- Lebar Saluran (b) = 1,5 m
- Tinggi Saluran (h) = 1,5 m
- Bentuk Penampang = Segi Empat
- (Beton dipoles) n = 0,013
- Luas Penampang (A) =  $b \times h$   
 $= 1,5 \times 1,5$   
 $= 2,25 \text{ m}^2$
- Keliling Basah (P) =  $b + (h \times 2)$   
 $= 1,5 + (1,5 \times 2)$   
 $= 5 \text{ m}$
- Jari-jari Hidrolis (R) =  $A/P$   
 $= \frac{2,25}{5} = 0,50 \text{ m}$
- Kecepatan Aliran (V) =  $\frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$   
 $= \frac{1}{0,013} \times 0,50^{\frac{2}{3}} \times 0,000521^{\frac{1}{2}}$   
 $= 1,106 \text{ m/dt}$
- Q saluran =  $A \times V$

$$= 2,25 \times 1,106$$

$$= 2,489 \text{ m}^3/\text{dt}$$

- Q Saluran > Q hujan 5 tahun metode rasional
- 2,489 m<sup>3</sup>/dt > 1,404 m<sup>3</sup>/dt (Ok)

#### 4.13 Analisa Perbandingan Ketiga Saluran (Saluran Baru, Saluran Lama, Saluran Rencana)

Pada analisis ini, fokus utama adalah membandingkan efektivitas kedua ukuran *U-ditch* dalam mengalirkan air dengan debit rencana sebesar 1,404 m<sup>3</sup>/det selama periode 5 tahun. Dalam analisis ini, akan digunakan data dan metode yang relevan untuk menghitung kapasitas aliran maksimum dari masing-masing ukuran *U-ditch*. Data yang diperlukan antara lain adalah karakteristik hidrologi daerah, seperti curah hujan rata-rata (R5 = 118 mm), koefisien aliran, topografi saluran dan, metode yang digunakan adalah metode Manning.

Hasil analisis akan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang kemampuan kedua ukuran *U-ditch* dalam menampung dan mengalirkan air dengan debit rencana sebesar 1,404 m<sup>3</sup>/det selama periode 5 tahun. Dengan mengetahui kapasitas saluran, dapat ditentukan ukuran yang lebih optimal sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik lingkungan.

1) *U-ditch* 0,8 meter x 0,6 meter terhadap *U-ditch* 1,8 meter x 2,1 meter

Dalam analisis ini, ditemukan bahwa *U-ditch* dengan ukuran 0,8 m x 0,6 m memiliki kapasitas air sebesar 0,325 m<sup>3</sup>/det, sedangkan *U-ditch* dengan ukuran 1,8 m x 2,1 m memiliki kapasitas air sebesar 4,88 m<sup>3</sup>/det.

Perbandingan kapasitas antara kedua ukuran *U-ditch* tersebut sangat signifikan. *U-ditch* dengan ukuran 1,8 meter x 2,1 meter memiliki kapasitas yang jauh lebih besar dibandingkan dengan ukuran 0,8 m x 0,6 m. Hal ini menunjukkan bahwa *U-ditch* dengan ukuran yang lebih besar mampu menampung dan mengalirkan jumlah air yang lebih banyak.

Dengan demikian, hasil analisis menunjukkan bahwa *U-ditch* dengan ukuran 1,8 m x 2,1 m memiliki kapasitas yang lebih sesuai untuk mengalirkan debit air rencana sebesar 1,4 m<sup>3</sup>/det selama periode 5 tahun, jika dibandingkan dengan *U-ditch* berukuran 0,8 m x 0,6 m. Hanya saja, *U-ditch* ukuran 1,8 meter x 2,1 meter terlalu besar kapasitasnya untuk menampung debit rencana 1,404 m<sup>3</sup>/det. Sehingga perlu dilakukan evaluasi ulang terhadap saluran yang ada.

2) *U-ditch* 1,5 meter x 1,5 meter terhadap *U-ditch* 0,8 meter x 0,6 meter

Dalam analisis ini, ditemukan bahwa *U-ditch* dengan ukuran 1,5 m x 1,5 m memiliki kapasitas air sebesar 2,489 m<sup>3</sup>/det, sedangkan *U-ditch* dengan ukuran 0,8 m x 0,6 m memiliki kapasitas air sebesar 0,325 m<sup>3</sup>/det.

Perbandingan kapasitas antara kedua ukuran *U-ditch* tersebut menunjukkan bahwa *U-ditch* dengan ukuran 1,5 m x 1,5 m memiliki kapasitas yang jauh lebih besar dibandingkan dengan ukuran 0,8 m x 0,6 m. Hal ini menunjukkan bahwa *U-ditch* dengan ukuran yang lebih besar mampu menampung dan mengalirkan jumlah air debit rencana sebesar 1,404 m<sup>3</sup>/det.

3) *U-ditch* 1,5 meter x 1,5 meter terhadap *U-ditch* 1,8 meter x 2,1 meter

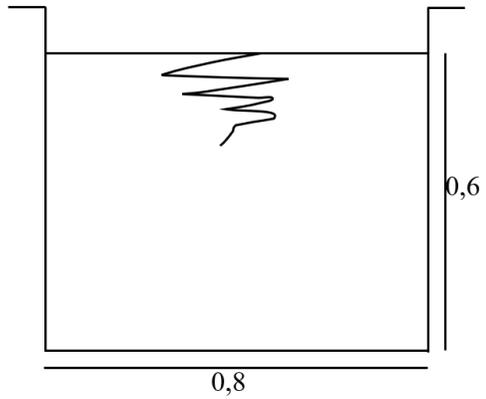
Dalam analisis ini, ditemukan bahwa *U-ditch* ukuran 1,5 m x 1,5 m memiliki jumlah kapasitas sebesar 2,489 m<sup>3</sup>/det. Sedangkan *U-ditch* ukuran 1,8 m x 2,1 m memiliki jumlah kapasitas sebesar 4,88 m<sup>3</sup>/det.

Dari hasil perbandingan tersebut, terlihat bahwa *U-ditch* ukuran 1,8 m x 2,1 m memiliki kapasitas yang jauh lebih besar dibandingkan dengan *U-ditch* ukuran 1,5 m x 1,5 m. Kapasitas *U-ditch* 1,8 m x 2,1 m terlihat terlalu besar jika dibandingkan dengan debit rencana sebesar 1,404 m<sup>3</sup>/det.

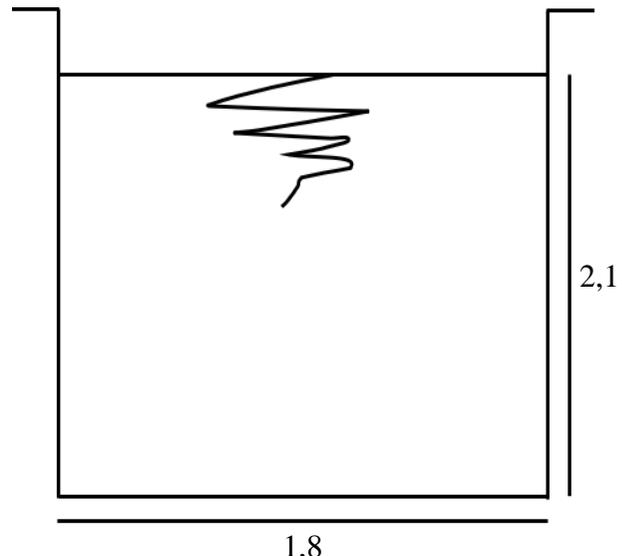
*U-ditch* ukuran 1,5 m x 1,5 m cukup untuk memenuhi kebutuhan debit air yang direncanakan. Dengan kapasitas 2,489 m<sup>3</sup>/det, saluran ini dapat menampung debit air dengan baik tanpa risiko kelebihan kapasitas yang berlebihan.

Jadi, kesimpulannya adalah, *U-ditch* ukuran 1,5 m x 1,5 m lebih disarankan karena memiliki kapasitas yang sesuai dengan kebutuhan debit air yang direncanakan, yaitu menampung debit rencana sebesar 1,404 m<sup>3</sup>/det.

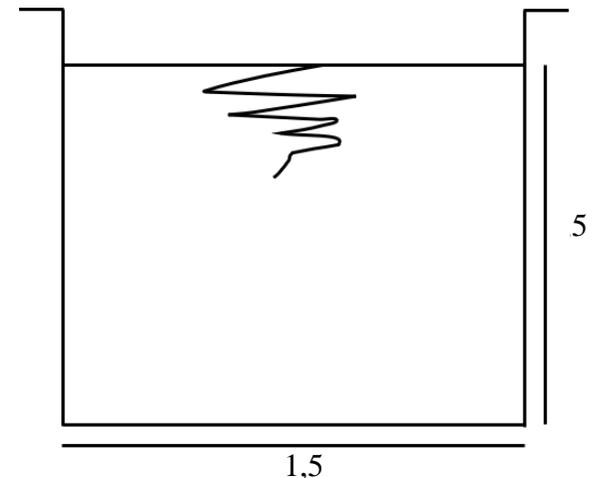
Berikut adalah gambar masing-masing dari ketiga saluran:



Gambar 4.11 Saluran Lama



Gambar 4.12 Saluran Baru



Gambar 4.13 Saluran Rencana

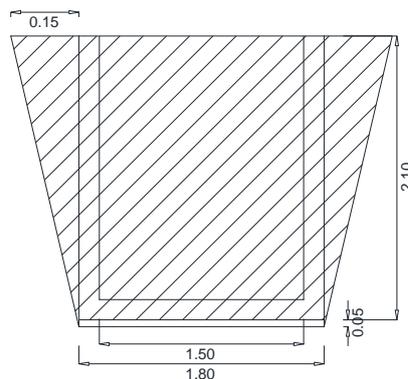
#### 4.14 Tinjauan Terhadap Biaya Pelaksanaan

Saat memulai proyek konstruksi, sangat penting untuk menetapkan desain dan fungsi struktur dengan sangat presisi untuk menjamin penyelesaian proyek tepat waktu dan ekonomis. Biaya pelaksanaan proyek dapat ditentukan dengan memeriksa harga satuan yang terkait dengan tugas yang berbeda. Untuk melakukan analisis ini, penting untuk memiliki harga satuan dasar yang telah disesuaikan dengan kondisi spesifik lokasi proyek. Harga satuan ini harus mencakup tarif sewa peralatan konstruksi harian, tarif tenaga kerja per jam, dan biaya satuan bahan bangunan.

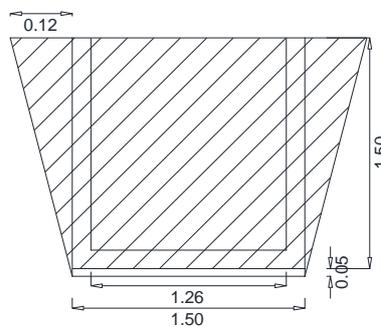
##### 4.14.1 Analisa Volume Perhitungan Pekerjaan

Dalam melakukan analisis volume pekerjaan berdasarkan desain perencanaan saluran drainase, kita akan menggunakan gambar proyek untuk mendapatkan semua dimensi yang diperlukan. Selanjutnya, dimensi-dimensi tersebut akan dihitung secara seksama untuk memperoleh volume yang akurat. Proses ini sangat penting karena akan digunakan dalam menyusun rencana anggaran biaya proyek saluran drainase.

##### a) Pekerjaan Galian Tanah



**Gambar 4.14** Detail Saluran Baru



**Gambar 4.15** Detail Saluran Rencana

Pekerjaan Galian tanah sedalam  $\leq 2$  meter, dengan analisa perhitungan volume sebagai berikut :

Perhitungan Saluran Baru :

- Saluran Baru =  $[(A + b)/2] \times h$   
 $= [(1,80 + 2,10)/2] \times 2,15$   
 $= 2,04 \text{ m}^2$
- Volume Galian = Luas Saluran Baru x Panjang Saluran  
 $= 4,19 \times 710$   
 $= 2,977 \text{ m}^3$

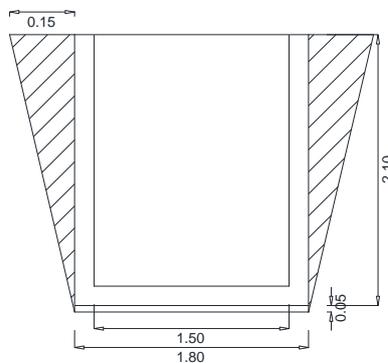
Perhitungan Saluran Rencana :

- Saluran Rencana =  $[(A + b)/2] \times h$   
 $= [(1,50 + 1,50)/2] \times 1,55$   
 $= 2,33 \text{ m}^2$
- Volume Galian = Luas Saluran Rencana x Panjang Saluran  
 $= 2,33 \times 710$   
 $= 1,651 \text{ m}^3$

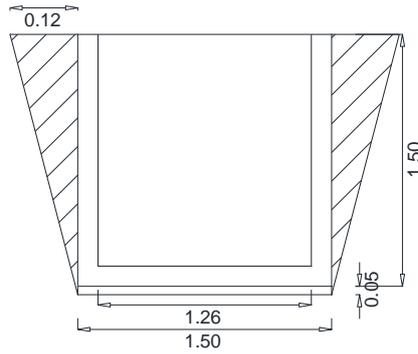
**b) Pekerjaan Pengangkutan Tanah**

- Pengangkutan tanah Saluran Baru kurang keluar dari proyek kurang dari 1 km dengan volume  $3706,2 \text{ m}^3$  (sesuai volume galian tanah)
- Pengangkutan tanah Saluran Rencana kurang keluar dari proyek kurang dari 1 km dengan volume  $1931,2 \text{ m}^3$  (sesuai volume galian tanah)

**c) Pekerjaan Pengurugan Tanah**



**Gambar 4.16** Detail Galian Tanah Saluran Baru



**Gambar 4.17** Detail Galian Tanah Saluran Rencana

Berikut perhitungan pekerjaan pengurugan tanah perhitungan volume pekerjaan:

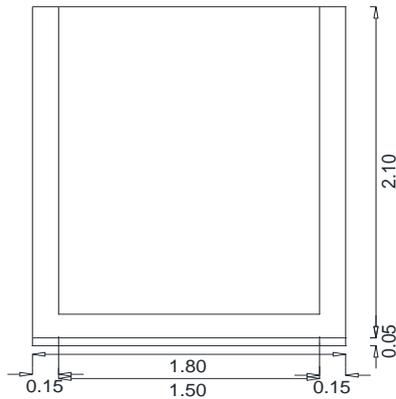
Perhitungan Saluran Baru :

- Luas Saluran Baru = 2 x Luas 1 + Luas 2  
 = 2 x [(2,15 x 0,15)]/2 + [(2,15 x 0,15)]/2  
 = 0,645 m<sup>2</sup>
- Volume Galian = Luas x Panjang Saluran  
 = 0,645 x 710  
 = 458 m<sup>3</sup>
- Volume Urugan = 457,95 m<sup>3</sup>
- Pematatan = 1,2 x Volume Urugan  
 = 1,2 x 457,95  
 = 549,54 m<sup>3</sup>

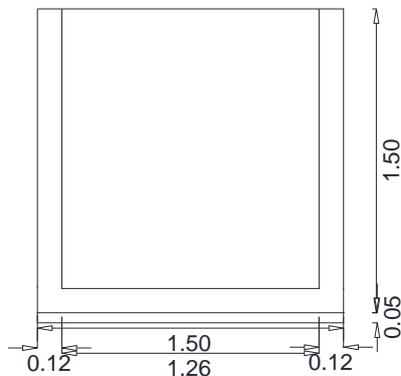
Perhitungan Saluran Rencana :

- Luas Saluran = 2 x Luas 1 + Luas 2  
 = 2 x [(1,55 x 0,12)]/2 + [(1,55 x 0,12)]/2  
 = 0,372 m<sup>2</sup>
- Volume Galian = Luas x Panjang Saluran  
 = 0,372 x 710  
 = 264 m<sup>3</sup>
- Volume Urugan = 264 m<sup>3</sup>
- Pematatan = 1,2 x Volume Urugan  
 = 1,2 x 264  
 = 316,94 m<sup>3</sup>

#### d) Pekerjaan Pemasangan Lantai



**Gambar 4.18** Detail Pemasangan Lantai Saluran Baru



**Gambar 4.19** Detail Pemasangan Lantai Saluran Rencana

Perhitungan volume pemasangan lantai kerja menggunakan K-100 dengan tebal 5 cm dapat dilihat sebagai berikut :

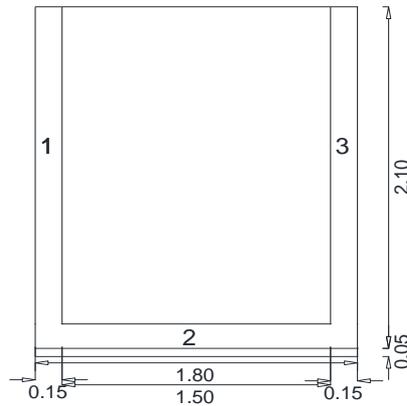
Perhitungan Saluran Baru :

$$\begin{aligned} - \text{Volume lantai kerja} &= \text{Luas Saluran} \times \text{Luas Lantai Kerja} \\ &= 710 \times 0,05 \\ &= 35,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

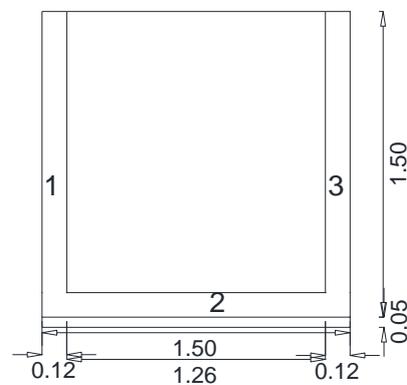
Perhitungan Saluran Rencana :

$$\begin{aligned} - \text{Volume lantai kerja} &= \text{Luas Saluran} \times \text{Luas Lantai Kerja} \\ &= 710 \times 0,05 \\ &= 35,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

e) Pekerjaan Pemasangan Pracetak *U-ditch*



**Gambar 4.20** Detail Pemasangan U-dith Saluran baru



**Gambar 4.21** Detail Pemasangan U-dith Saluran Rencana

Pada perhitungan volume pemasangan saluran U ditch K-350 dapat dilihat sebagai berikut :

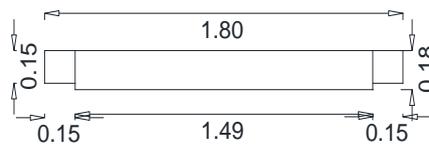
Perhitungan Saluran Baru :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume } U\text{-ditch} &= \frac{\text{Panjang Saluran}}{\text{Panjang per } U\text{-ditch}} \\
 &= \frac{710}{1,2} \\
 &= 592 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Saluran Rencana :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume } U\text{-ditch} &= \frac{\text{Panjang Saluran}}{\text{Panjang per } U\text{-ditch}} \\
 &= \frac{710}{1,2} \\
 &= 592 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

**f) Pemasangan Penutup Saluran**



**Gambar 4.22** Detail Pemasangan Penutup Saluran Baru



**Gambar 4.23** Detail Pemasangan Penutup Saluran Rencana

Pada perhitungan volume pemasangan penutup saluran U-ditch K-350 dapat dilihat sebagai berikut :

Perhitungan Saluran Baru :

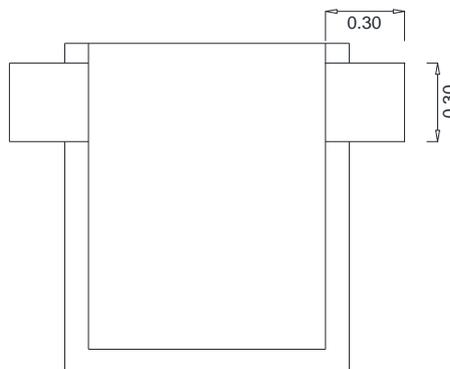
$$\begin{aligned} - \text{ Volume U-ditch} &= \frac{\text{Panjang Saluran}}{\text{Panjang per U-ditch}} \\ &= \frac{710}{1,2} \\ &= 592 \text{ buah} \end{aligned}$$

Perhitungan Saluran Rencana :

$$\begin{aligned} - \text{ Volume U-ditch} &= \frac{\text{Panjang Saluran}}{\text{Panjang per U-ditch}} \\ &= \frac{710}{1,2} \\ &= 592 \text{ buah} \end{aligned}$$

**g) Pemasangan Masuk Air**

Dalam perhitungan volume pemasangan saluran masuk air 30 x 30 cm dengan antar saluran 5 meter dapat dilihat sebagai berikut :



**Gambar 4.24** Detail Pemasangan Masuk Air

Perhitungan Saluran Baru :

$$\begin{aligned}
 - \text{Volume Saluran} &= \text{Luas Saluran Masuk Air} \times \text{Panjang Saluran} \\
 &= (0,30 \times 30) \times 710 = 63,9 \text{ m}^3 \\
 &= \frac{\text{Volume Saluran}}{\text{Jarak Antar Saluran}} = \frac{63,9}{5} = 13 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan Saluran Rencana :

$$\begin{aligned}
 - \text{Volume Saluran} &= \text{Luas Saluran Masuk Air} \times \text{Panjang Saluran} \\
 &= (0,30 \times 30) \times 710 = 63,9 \text{ m}^3 \\
 &= \frac{\text{Volume Saluran}}{\text{Jarak Antar Saluran}} = \frac{63,9}{5} = 13 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

#### 4.14.2 Analisis Harga Satuan Pekerjaan

Untuk memperkirakan biaya pelaksanaan proyek secara tepat, diperlukan analisis menyeluruh terhadap biaya satuan untuk berbagai tugas. Pemeriksaan ini memerlukan penentuan biaya satuan penting untuk tenaga kerja, bahan, dan peralatan yang disesuaikan dengan keadaan tertentu di lokasi proyek. Dengan melakukan analisis tersebut, dapat dihasilkan perkiraan biaya yang lebih akurat dan sesuai dengan spesifikasi proyek.

Berikut ini adalah tabel-tabel harga satuan pekerjaan berdasarkan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya Tahun 2023 :

##### a) Tabel Harga Satuan Pekerjaan Saluran Baru

**Tabel 4.24** Pekerjaan Galian Tanah Keras Per m<sup>3</sup> dan pengangkutan sejauh ≤ 2 m

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>A</b>	<b>Tenaga Kerja</b>				
1	Kepala Tukang/Mandor	OH	0,007	120.000	840
2	Pembantu Tukang	OH	0,022 6	99.000	2.237
<b>B</b>	<b>Peralatan</b>				
1	Escavator pc200	Jam	0,067	132.200	8.857
2	Dump Truck 5 ton	Jam	0,067	66.100	4.429
<b>Total</b>					<b>16.364</b>

*Sumber : HSPK Surabaya, 2023*

**Tabel 4.25** Pekerjaan Pengurugan dan Pematatan per m<sup>3</sup>

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>A</b>	<b>Tenaga Kerja</b>				
1	Kepala Tukang/Mandor	OH	0,01	120.000	1.200
2	Pembantu Tukang	OH	0,3	99.000	29.700
<b>B</b>	<b>Bahan</b>				
1	Tanah Urug	m3	1,2	100.000	120.000
<b>C</b>	<b>Sewa Peralatan</b>				
1	Sewa Alat Bantu 1 set	m3	8	1.100	8.800
<b>Total</b>					<b>159.700</b>

Sumber : HSPK Surabaya, 2023

**Tabel 4.26** Pekerjaan Pemasangan Lantai K-100 per m<sup>3</sup>

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>A</b>	<b>Tenaga Kerja</b>				
1	Tukang Batu	OH	0,2	105.000	21.000
2	Kepala Tukang/Mandor	OH	0,06	120.000	7.200
3	Pembantu Tukang	OH	1,2	99.000	118.800
<b>B</b>	<b>Bahan</b>				
1	Semen PC 40 kg	Zak	5,75	63.000	362.250
2	Pasir Cor/Beton	m3	0,558	232.000	129.512
3	Batu Pecah	m3	0,54	466.000	251.640
<b>Total</b>					<b>890.402</b>

Sumber : HSPK Surabaya, 2023

**Tabel 4.27** Pemasangan Saluran *U-dith* 180 x 210 x 120 cm per<sup>1</sup>

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Koef.	Harga Satuan (Rp)	JumlahHarga (Rp)
<b>A</b>	<b>Tenaga Kerja</b>				
1	Operator	OH	0,825	105.000	86.625
2	Kepala Tukang/Mandor	OH	0,195	120.000	23.400
3	Pembantu Tukang	OH	0,38	99.000	37.620
<b>B</b>	<b>Bahan</b>				
1	180 x 210 x x 120 cm	Bh	1	6.755.000	6.755.000
<b>C</b>	<b>Sewa Peralatan</b>				
1	Crane 30 Ton -Min, 8 jam	Jam	0,85	139.800	118.380
<b>Total</b>					<b>7.021.025</b>

*Sumber : HSPK Surabaya, 2023*

**Tabel 4.28** Pemasangan Penutup Saluran 120 x 180 x 15 cm per m<sup>1</sup>

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Koef.	Harga Satuan (Rp)	JumlahHarga (Rp)
<b>A</b>	<b>Tenaga Kerja</b>				
1	Operator	OH	0,2	105.000	86.625
2	Kepala Tukang/Mandor	OH	0,06	120.000	23.400
3	Pembantu Tukang	OH	0,25	99.000	37.620
<b>B</b>	<b>Bahan</b>				
1	120 x 180 x 15 cm	Bh	1	975.000	975.000
<b>C</b>	<b>Sewa Peralatan</b>				
1	Crane 30 Ton -Min, 8 jam	Jam	0,85	139.800	118.380
<b>Total</b>					<b>1.241.025</b>

*Sumber : HSPK Surabaya, 2023*

**Tabel 4.29** Pemasangan Masuk Air per m<sup>3</sup>

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>A</b>	<b>Tenaga Kerja</b>				
1	Kepala Tukang/Mandor	OH	0,2	120.000	24.000
2	Tukang	OH	0,06	105.000	6.300
3	Pembantu Tukang	OH	0,25	99.000	24.750
<b>B</b>	<b>Bahan</b>				
1	Precast Lubang Masuk air 30 x 30 cm	Bh	1	234.500	234.500
<b>Total</b>					<b>289.550</b>

*Sumber : HSPK Surabaya, 2023*

**Tabel 4.30** Anggaran Biaya Pekerjaan Saluran Baru

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	Pekerjaan Persiapan				
1	Persiapan (Mobilisasi & Demobilisasi)	Ls	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
2	SMK3	Ls	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
	Jumlah				Rp12.000.000
	Jumlah di bulatkan				Rp6.000.000
	Pajak PPN 10%				Rp1.320.000
	<b>Total</b>				<b>Rp7.320.000</b>
<b>B</b>	<b>Pekerjaan Tanah Saluran Baru Demak</b>	<b>Satuan</b>	<b>Volume</b>	<b>Harga Satuan (Rp)</b>	<b>Jumlah Harga (Rp)</b>
3	Galian Tanah Keras sedalam ≤ 2 m dan Pengangkutan Tanah Keluran Proyek	m3	2.977	Rp16.364	Rp48.715.628
4	Urugan dan Pematatan	m3	550	Rp159.700	Rp87.835.000
<b>C</b>	<b>Pekerjaan Pemasangan Saluran Demak</b>				
5	Pemasangan Lantai Kerja P 3 m, L 20 cm, 5 m, K-100	m3	36	Rp890.402	Rp32.054.472

Lanjutan tabel 4.33→

6	Pemasangan Pracetak U-ditch 180 x 210 x 120 cm, K-350	bh	592	Rp7.021.025	Rp4.156.446.800
7	Pemasangan Penutup Saluran L=180	bh	592	Rp1.241.025	Rp734.686.800
8	Pemasangan Saluran Masuk Air	m2	13	Rp289.550	Rp3.764.150
	Jumlah				Rp5.063.502.850
	Jumlah di bulatkan				Rp5.063.502.850
	Pajak PPN 11%				Rp556.985.314
	<b>Total</b>				<b>Rp5.620.488.164</b>
<b>Jumlah Total</b>					<b>Rp5.627.808.164</b>

Sumber : HSPK Hasil perhitungan, 2023

b) Tabel Harga Satuan Pekerjaan Saluran Rencana

**Tabel 4.31** Pekerjaan Galian Tanah Keras per m<sup>3</sup> dan pengangkutan sejauh ≤ 2 m

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	Tenaga Kerja				
1	Kepala Tukang/Mandor	OH	0,007	120.000	840
2	Pembantu Tukang	OH	0,0226	99.000	2.237
B	Peralatan				
1	Escavator pc200	Jam	0,067	132.200	8.857
2	Dump Truck 5 ton	Jam	0,067	66.100	4.429
<b>Total</b>					<b>16.364</b>

Sumber : HSPK Surabaya, 2023

**Tabel 4.32** Pekerjaan Pegurugan Tanah dan Pematatan per m<sup>3</sup>

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>A</b>	<b>Tenaga Kerja</b>				
1	Kepala Tukang/Mandor	OH	0,01	120.000	1.200
2	Pembantu Tukang	OH	0,3	99.000	29.700
<b>B</b>	<b>Bahan</b>				
1	Tanah Urug	m3	1,2	100.000	120.000
<b>C</b>	<b>Sewa Peralatan</b>				
1	Sewa Alat Bantu 1 set	m3	8	1.100	8.800
<b>Total</b>					<b>159.700</b>

Sumber : HSPK Surabaya, 2023

**Tabel 4.33** Pekerjaan Pemasangan Lantai K-350 per m<sup>3</sup>

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>A</b>	<b>Tenaga Kerja</b>				
1	Tukang Batu	OH	0,2	105.000	21.000
2	Kepala Tukang/Mandor	OH	0,06	120.000	7.200
3	Pembantu Tukang	OH	1,2	99.000	118.800
<b>B</b>	<b>Bahan</b>				
1	Semen PC 40 kg	Zak	5,75	63.000	362.250
2	Pasir Cor/Beton	m3	0,558	232.000	129.512
3	Batu Pecah	m3	0,54	466.000	251.640
<b>Total</b>					<b>890.402</b>

Sumber : HSPK Surabaya, 2023

**Tabel 4.34** Pemasangan Saluran U-ditch 150 x 150 x 120 cm per m<sup>1</sup>

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>A</b>	<b>Tenaga Kerja</b>				
1	Operator	OH	0,825	105.000	86.625
2	Kepala Tukang/Mandor	OH	0,195	120.000	23.400
3	Pembantu Tukang	OH	0,38	99.000	37.620
<b>B</b>	<b>Bahan</b>				
1	180 x 210 x x 120 cm	Bh	1	4.525.000	4.525.000
<b>C</b>	<b>Sewa Peralatan</b>				
1	Crane 30 Ton - Min, 8 jam	Jam	0,85	139.800	118.380
<b>Total</b>					<b>4.791.025</b>

Sumber : HSPK Surabaya, 2023

**Tabel 4.35** Pemasangan Penutup Saluran 120 x 150 x 15 cm per m<sup>1</sup>

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>A</b>	<b>Tenaga Kerja</b>				
1	Operator	OH	0,2	105.000	86.625
2	Kepala Tukang/Mandor	OH	0,06	120.000	23.400
3	Pembantu Tukang	OH	0,25	99.000	37.620
<b>B</b>	<b>Bahan</b>				
1	120 x 150 x 15 cm	Bh	1	840.000	840.000
<b>C</b>	<b>Sewa Peralatan</b>				
1	Crane 30 Ton - Min, 8 jam	Jam	0,85	139.800	118.380
<b>Total</b>					<b>1.106.025</b>

Sumber : HSPK Surabaya, 2023

**Tabel 4.36** Pemasangan Masuk Air per m<sup>3</sup>

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>A</b>	<b>Tenaga Kerja</b>				
1	Kepala Tukang/Mandor	OH	0,2	120.000	24.000
2	Tukang	OH	0,06	105.000	6.300
3	Pembantu Tukang	OH	0,25	99.000	24.750
<b>B</b>	<b>Bahan</b>				
1	Precast Lubang Masuk air 30 x 30 cm	Bh	1	234.500	234.500
<b>Total</b>					<b>289.550</b>

*Sumber : HSPK Surabaya, 2023*

**Tabel 4.37** Rencana Anggaran Biaya Saluran Rencana

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	Pekerjaan Persiapan				
1	Persiapan (Mobilisasi & Demobilisasi)	Ls	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
2	SMK3	Ls	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
	Jumlah				Rp12.000.000
	Jumlah di bulatkan				Rp6.000.000
	Pajak PPN 10%				Rp1.320.000
	<b>Total</b>				<b>Rp7.320.000</b>
<b>B</b>	<b>Pekerjaan Tanah Saluran Baru Demak</b>	<b>Satuan</b>	<b>Volume</b>	<b>Harga Satuan (Rp)</b>	<b>Jumlah Harga (Rp)</b>
3	Galian Tanah Keras sedalam ≤ 2 m dan Pengangkutan Tanah Keluran Proyek	m3	2.977	Rp16.364	Rp48.715.628
4	Urugan dan Pematatan	m3	550	Rp159.700	Rp87.835.000

Lanjutan tabel 4.40 →

C	Pekerjaan Pemasangan Saluran Demak				
5	Pemasangan Lantai Kerja P 3 m, L 20 cm, 5 m, K-100	m3	36	Rp890.402	Rp32.054.472
6	Pemasangan Pracetak U-ditch 180 x 210 x 120 cm, K-350	bh	592	Rp4.791.025	Rp2.836.286.800
7	Pemasangan Penutup Saluran L=180	bh	592	Rp1.106.025	Rp654.766.800
8	Pemasangan Saluran Masuk Air	m2	13	Rp289.550	Rp3.764.150
	Jumlah				Rp3.663.422.850
	Jumlah di bulatkan				Rp3.663.422.850
	Pajak PPN 11%				Rp402.976.514
	<b>Total</b>				<b>Rp4.066.399.364</b>
<b>Jumlah Total</b>					<b>Rp4.073.719.364</b>

Sumber : Hasil Perhitungan, 2023

#### 4.14.3 Analisis Perbandingan Anggaran Biaya Kontruksi

Dilakukan analisis perbandingan anggaran biaya antara saluran baru dan saluran rencana ini untuk mengetahui perbedaan jumlah anggaran biaya antara saluran lama dan saluran rencana. Tujuan dari perbandingan anggaran biaya ini adalah untuk mengevaluasi pembangunan yang dilakukan oleh Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Surabaya. Hal ini karena saluran yang telah dibangun memiliki dimensi yang tidak proporsional dengan kebutuhan sebenarnya. Saluran yang terlalu besar dapat menyebabkan masalah seperti pemborosan sumber daya, biaya konstruksi yang tinggi, dan dampak lingkungan yang negatif.

Dengan melakukan analisis perbandingan ini, diharapkan dapat ditemukan solusi yang lebih efisien dan sesuai dengan kebutuhan proyek. Evaluasi ini penting dalam memastikan bahwa penggunaan sumber daya yang optimal dan pembangunan saluran drainase dapat berkontribusi secara positif terhadap lingkungan dan keberlanjutan pembangunan di Kota Surabaya.

Berikut dapat dilihat pada **tabel 4.37** perbandingan anggaran biaya saluran baru dan saluran rencana :

**Tabel 4.38** Selisih Anggaran Biaya Saluran Baru Dengan Saluran Rencana

No	Saluran Demak	Jumlah Total Anggaran Biaya	Selisih Anggaran Biaya
1	Baru	Rp5.627.808.164	Rp1.554.088.800
2	Rencana	Rp4.073.719.364	

*Sumber : Hasil Perhitungan, 2023*

#### 4.15 Pembahasan

Dalam penelitian ini, dilakukan analisis terhadap sistem drainase dengan fokus pada aspek hidrologi dan permasalahan ketidaksesuaian pembangunan saluran drainase yang memiliki dimensi terlalu besar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan evaluasi terhadap kinerja sistem drainase serta mengidentifikasi faktor-faktor yang berkontribusi terhadap ketidaksesuaian tersebut.

Dalam analisis hidrologi, digunakan data curah hujan historis untuk mengestimasi debit aliran di daerah penelitian. Hasil analisis menunjukkan bahwa curah hujan yang tinggi dapat menyebabkan peningkatan debit aliran pada saluran drainase. Namun, sistem drainase yang ada tidak mampu menampung volume air yang dihasilkan oleh hujan intensitas tinggi. Hal ini mengakibatkan terjadinya genangan air di jalan-jalan dan lingkungan sekitar, yang dapat mengganggu aktivitas masyarakat dan merusak infrastruktur.

Selain itu, terdapat ketidaksesuaian antara dimensi saluran drainase yang dibangun oleh Badan Pembangunan Daerah Kota Surabaya dengan kebutuhan sebenarnya. *Review desain* ini menunjukkan bahwa saluran drainase yang dibangun memiliki dimensi yang terlalu besar (*over size*) dibandingkan dengan debit aliran yang sebenarnya terjadi. Hal ini menyebabkan saluran drainase bekerja di bawah kapasitasnya dan tidak efektif dalam menampung air hujan. Dengan adanya ketidaksesuaian ini, diperlukan perbaikan dalam perencanaan dan perancangan saluran drainase agar sesuai dengan kondisi hidrologi setempat.

Selanjutnya, dalam pembahasan ini juga dibahas mengenai dampak dari ketidaksesuaian pembangunan saluran drainase yang terlalu besar. Salah satu dampaknya adalah tingginya biaya pembangunan dan pemeliharaan saluran drainase yang tidak sesuai dengan kebutuhan sebenarnya. Selain itu, saluran drainase yang terlalu besar juga dapat menyebabkan pemborosan lahan dan sumber daya yang ada. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi dan perbaikan dalam perencanaan dan pembangunan saluran drainase oleh pemerintah Surabaya agar sesuai dengan kondisi hidrologi dan kebutuhan sebenarnya.

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan tersebut, beberapa rekomendasi dapat diberikan. Pertama, perlu dilakukan pemetaan ulang terhadap kondisi hidrologi di daerah penelitian untuk mengidentifikasi debit aliran yang sebenarnya terjadi. Kedua, perlu dilakukan penyesuaian dimensi saluran drainase dengan kebutuhan sebenarnya agar saluran dapat beroperasi dengan efektif. Ketiga, perlu dilakukan pemantauan dan perawatan rutin terhadap saluran drainase guna menjaga kinerjanya dan mencegah terjadinya genangan air. Jadi, kesimpulan dari pembahasn penelitian ini adalah:

Dalam penelitian ini, ditemukan adanya ketidaksesuaian antara hidrologi dan pembangunan saluran drainase di jalan Demak yang terlalu besar (*over size*). Curah hujan yang tinggi menyebabkan peningkatan debit aliran, namun saluran drainase yang ada tidak mampu menampung volume air yang dihasilkan. Ketidaksesuaian pembangunan saluran drainase tersebut menyebabkan dampak negatif, seperti biaya yang tinggi dan pemborosan sumber daya. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan dalam perencanaan dan perancangan saluran drainase agar sesuai dengan kondisi hidrologi dan kebutuhan sebenarnya.