

4. PEMBAHASAN

4.1 Analisa Pengolahan Data

4.1.1. Pengambilan Data

Mengukur kecepatan arus saluran di lapangan Jalan Raya Satelit Indah menggunakan alat *current meter* yang dipinjam dari laboratorium air Universitas Kristen Petra. Untuk luas penampang dilakukan pengukuran menggunakan meteran di lapangan Jalan Raya Satelit Indah. Data Curah hujan didapat dari Pemerintah Kota Surabaya bagian Dinas Sumber Daya Air & Bina Marga. Data mengenai Jalan Medokan Ayu didapat dari pengambilan data yang dilakukan oleh Pemerintah Kota Surabaya bagian Dinas Sumber Daya Air & Bina Marga

Proses untuk permintaan data kepada Pemerintah Kota Surabaya bagian Dinas Sumber Daya Air & Bina Marga adalah pertama membuat surat untuk permohonan data yang dibuat oleh laboratorium air Universitas Kristen Petra. Lalu mengajukan surat proposal penelitian kepada Pemerintah Kota Surabaya bagian Dinas Sumber Daya Air & Bina Marga. Setelah mendapatkan balasan, diundang ke kantor Pemkot Surabaya dan mempresentasikan apa yang diteliti. Setelah semua itu data yang diminta diberikan oleh Pemkot.

4.1.2. Analisis Curah Hujan

Dalam analisis ini, Jalan raya satelit indah termasuk dalam area cakupan stasiun keputih, Gubeng dan Gunung Sari. Analisis ini bertujuan untuk menganalisis curah hujan yang digunakan di daerah Jalan Raya Satelit Indah dan Jalan Medokan Ayu. Data diambil dari data yang disediakan oleh Pemerintah Kota Surabaya bagian Dinas Sumber Daya Air & Bina Marga.

4.1.3. Curah Hujan tahunan

Menghitung tinggi curah hujan tahunan dengan metode curah hujan rata-rata. Metode ini dilakukan dengan mencari rata-rata curah hujan dari data curah hujan tahunan tahun 2012 hingga tahun 2021. Analisis curah hujan tahunan tersebut disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Tabel Curah Hujan Tahunan Stasiun Keputih, Gubeng, dan Gunungsari didapatkan dari Pemkot Surabaya

Tahun	Keputih	Gubeng	Gunungsari
2012	85	90	102
2013	90	99	97
2014	134	109	86
2015	84	101	80
2016	164	98	94
2017	124	116	120
2018	99	95	85
2019	150	96	77
2020	102	102	98
2021	93	110	98

4.1.4 Curah Hujan Rencana

Untuk menghitung debit, dibutuhkan curah hujan rencana dari tahun-tahun yang sudah ditentukan. Pada analisis ini, ditentukan periode ulang rencana sesuai luasan daerah tangkapan air. Curah hujan rencana dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Curah Hujan Rencana didapatkan dari Pemkot Surabaya

No	Tahun	Curah Hujan Maksimum Tahunan (mm)			
		Keputih	Gubeng	Gunungsari	Rata-rata
1	2012	85	90	102	92,33
2	2013	90	99	97	95,33
3	2014	134	109	86	109,66
4	2015	84	101	80	88,33
5	2016	164	98	94	118,66
6	2017	124	116	120	120
7	2018	99	95	85	93
8	2019	150	96	77	107,66
9	2020	102	102	98	100,66
10	2021	93	110	98	100,33
Rata-rata					102,60

4.1.5 Analisa Jenis Sebaran

Untuk menghitung curah hujan rencana, pertama harus menentukan jenis sebaran/distribusi yang terjadi. Perhitungan analisis jenis sebaran dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4. 3 Analisis Jenis Sebaran

i	Tahun	Data Hujan (mm)	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$(X_i - \bar{X})^4$
1	2012	92,33	105,404	-1082,152	11110,097
2	2013	95,33	52,804	-383,712	2788,309
3	2014	109,66	49,938	352,894	2493,782
4	2015	88,33	203,538	-2903,806	41427,627
5	2016	118,66	258,138	4147,414	66635,112
6	2017	120	302,760	5268,024	91663,618
7	2018	93	92,160	-884,736	8493,466
8	2019	107,66	25,671	130,067	659,006
9	2020	100,66	3,738	-7,226	13,971
10	2021	100,33	5,138	-11,646	26,397
Σ		1026	1099,289	4625,120	225311,384
Xbar			102,6		
Jumlah Data (n)			10		
Standar Deviasi (S)			11,052		
Koef, Skewness (Cs)			0,476		
Koef, Kurtosis (Ck)			2,996		
Koef, Variasi (Cv)			0,108		

Jenis Sebaran	Hasil Perhitungan			Persyaratan			keterangan
	Cv	Cs	Ck	Cv	Cs	Ck	
Normal		0,4759	2,996		≈ 0	≈ 3	tidak memenuhi
Log Normal	0,108	0,4759	2,996	$\approx 0,06$	$Cv^2 + 3Cv$	5,838	tidak memenuhi
Log Pearson III		0,4759			$\neq 0$		Memenuhi
Gumbel		0,4759	2,996		1,1369	5,4002	tidak memenuhi

4.1.6 Distribusi Probabilitas

Berdasarkan hasil perhitungan parameter statistik, yaitu nilai Ck dan Cs yang telah diketahui pada analisis jenis sebaran, maka distribusi probabilitas yang dapat digunakan dalam penelitian ini hanya Log Pearson III. Hasil perhitungan Log Pearson III disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan Log Pearson III

i	Tahun	Xi	Log Xi	(Log Xi - Log X) ²	(Log Xi - Log X) ³
1	2012	92,33	1,965	0,0018977	-0,0000827
2	2013	95,33	1,979	0,0008807	-0,0000261
3	2014	109,66	2,040	0,0009706	0,0000302
4	2015	88,33	1,946	0,0039434	-0,0002476
5	2016	118,66	2,074	0,0042782	0,0002798
6	2017	120	2,079	0,0049365	0,0003468
7	2018	93	1,968	0,0016352	-0,0000661
8	2019	107,66	2,032	0,0005364	0,0000124
9	2020	100,66	2,003	0,0000364	-0,0000002
10	2021	100,33	2,001	0,0000559	-0,0000004
Σ		1026	20,089	0,0191709	0,0002461
Log X			2,009		

$$\begin{aligned}
 \text{Log X} &= \frac{\Sigma \log X_i}{n} \\
 &= \frac{20,089}{10} \\
 &= 2,009
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S \text{ Log X} &= \sqrt{\frac{\Sigma (\log X_i - \log X)^2}{n-1}} \\
 &= \sqrt{\frac{0,0191}{10-1}} \\
 &= 0,04615
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s &= \frac{n \Sigma (\log X_i - \log X)^3}{(n-1)(n-2)(S \log X)^3} \\
 &= \frac{10 \times (0,0002461)}{(10-1)(10-2)(0,04615)^3} \\
 &= 0,373
 \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya yaitu mencari nilai K. Hal yang perlu dilakukan adalah interpolasi pada tabel nilai K untuk distribusi Log Pearson III. Nilai K dapat dicari dengan menggunakan nilai Cs dan periode ulang 2 tahun. Tabel nilai K dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 4. 5 Tabel Perhitungan interpolasi nilai K

batas bawah	Cs	K
	-0,3	0,05
batas atas	Cs	K
	-0,4	0,066
K interpolasi	-0,074	

Perhitungan periode ulang (T) 2 tahun dengan menggunakan nilai K berdasarkan hasil interpolasi di atas dan Log X dari Tabel 4.4 menunjukkan hasil perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Log } X_t &= \log X + (k \times S \log X) \\
 &= 2,009 + (0,066 \times 0,04615) \\
 \text{Log } X_t &= 2,0055 \\
 \mathbf{X_t} &= \mathbf{101,274 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, didapat curah hujan R24 101,274 mm,

4.1.7 Uji Kecocokan Distribusi Hujan

Dari data curah hujan yang ada, untuk menentukan distribusi hujan yang terjadi perlu dilakukan uji kecocokan data. Perhitungan uji kecocokan perlu dilakukan karena perhitungan distribusi yang kurang tepat sehingga dapat mengakibatkan kesalahan dalam perkiraan. Pengujian yang digunakan untuk uji kecocokan yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji Chi Kuadrat.

4.1.7.1. Uji Chi Kuadrat

Uji Chi Kuadrat ini dapat menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih, yaitu log pearson III dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis dalam penelitian ini. Data curah hujan yang digunakan untuk perhitungan uji Chi Kuadrat dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Data Hujan untuk Perhitungan Uji Chi-Kuadrat

No	Tahun	Data Hujan (mm)
1	2015	88,333
2	2012	92,333
3	2018	93,000
4	2013	95,333
5	2021	100,333
6	2020	100,667
7	2019	107,667
8	2014	109,667
9	2016	118,667
10	2017	120,000

Contoh perhitungan uji Chi Kuadrat:

Diketahui jumlah data (n) = 10

Perhitungan *sub-group* atau kelompok:

$$G = 1 + 1,33 \ln (n)$$

$$G = 1 + 1,33 \ln (10)$$

$$G = 4,062 \sim 5$$

Derajat Kebebasan

$$dk = G - R - 1$$

$$dk = 5 - 2 - 1$$

$$dk = 2$$

Jumlah nilai teoritis pada *sub-group* ke I

$$E_i = n/G$$

$$E_i = 10/5$$

$$E_i = 2$$

Perhitungan untuk menentukan nilai Chi Kuadrat pada Distribusi Log Pearson III dengan menggunakan nilai batas dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan Uji Chi-Kuadrat

Interval	Nilai Batasan			Ei	Oi	$(O_i - E_i)^2$	Xh^2
1	88,33333	$<X \leq$	94,667	2	1	1	0,5
2	94,667	$<X \leq$	101,000	2	2	0	0
3	101,000	$<X \leq$	107,333	2	2	0	0
4	107,333	$<X \leq$	113,667	2	2	0	0
5	113,667	$<X \leq$	120,000	2	3	1	0,5
Jumlah				10	10		1

Berdasarkan tabel di atas, dapat diketahui bahwa nilai Chi Kuadrat adalah 1.

1. Nilai Chi Kuadrat teoritis dapat ditentukan dengan diketahui $\alpha = 5\%$ dan $dk = 2$. Dari Tabel 2.2, dapat diketahui nilai Chi Kuadrat kritis adalah 5.991.
2. Persyaratan agar distribusi Chi Kuadrat dapat diterima adalah apabila Chi Kuadrat hitung $<$ Chi Kuadrat kritis. Dari perhitungan, didapatkan hasil yaitu Chi Kuadrat hitung $<$ Chi Kuadrat kritis = 1 $<$ 5.991. Maka rumus Log Pearson III dapat digunakan.

4.2. Analisis Saluran Drainase Eksisting

4.2.1 Perhitungan Kapasitas Saluran Eksisting

Analisis saluran drainase eksisting bertujuan untuk mengetahui besarnya debit tampungan air hujan pada saluran drainase sesuai dengan keadaan di lapangan. Untuk data saluran eksisting dari Jalan Medokan Ayu menggunakan data yang di dapat dari Pemkot, sedangkan data jalan Raya Satelit Indah dari pengukuran di lapangan. Diambil 6 contoh saluran untuk dihitung yaitu 3 dari jalan satelit dan 3 dari jalan medokan. Contoh ini diambil berdasarkan cangkupan daerah yang paling besar dan dimensi saluran paling besar. Data saluran eksisting disajikan dalam tabel

4.8. Sumber mengenai data saluran eksisting jalan medokan dilampirkan di bagian lampiran.

Tabel 4. 8 Saluran Eksisting Jalan Satelit

Saluran	Lebar (m)	Kedalaman (m)	Kecepatan (m/s)
1	0,7	0,5	0,3
2	0,7	0,55	0,3
3	0,7	0,6	0,3
4	0,6	0,5	0,4
5	0,6	0,4	0,2
6	0,6	0,45	0,3
7	0,6	0,5	0,3
8	0,5	0,4	0,1
9	0,5	0,4	0,2
10	0,7	0,4	0,1
11	0,7	0,35	0,1
12	0,5	0,4	0,1
13	0,6	0,45	0,1
14	0,6	0,45	0,1
15	0,5	0,4	0,1
16	0,75	0,35	0,1
17	0,5	0,4	0,1
18	0,4	0,4	0,2
19	0,55	0,5	0,4

Tabel 4. 9 Saluran Eksisting Jalan Medokan Ayu (Bentuk Persegi)

Saluran	Kedalaman (mm)	Lebar (mm)	Q sal	A (m ²)	Kecepatan
A1	64	49	0,221	0,313	0,705
A2	86	36	0,194	0,309	0,628
A3	48	56	0,189	0,268	0,704
A4	31	57	0,110	0,176	0,626
A5	56	46	0,171	0,257	0,667
A6	80	60	0,388	0,4	0,810
A7	59	40	0,148	0,23	0,629
A8	23	39	0,044	0,089	0,499
A9	87	62	0,450	0,539	0,835
A10	23	39	0,044	0,089	0,499
A11	59	40	0,148	0,23	0,629
A12	46	30	0,017	0,13	0,128
A13	59	40	0,148	0,23	0,629
A14	45	45	0,127	0,202	0,631
A15	65	40	0,166	0,2	0,639
A16	62	60	0,286	0,37	0,770
A18	76	40	0,198	0,30	0,654
A19	36	38	0,076	0,136	0,557
A20	60	40	0,15	0,2	0,631
A21	28	34	0,047	0,095	0,5
A22	56	40	0,139	0,22	0,623
A23	80	71	0,016	0,56	0,028
A24	60	50	0,211	0,	0,703
A25	64	84	0,013	0,537	0,024
A26	43	55	0,160	0,236	0,680
A27	56	40	0,108	0,22	0,484
A28	38	56	0,093	0,212	0,438
A29	60	58	0,262	0,34	0,753
A30	60	60	0,27	0,3	0,764
A32	45	34	0,084	0,15	0,554
A33	30	45	0,07	0,13	0,569
A34	61	34	0,12	0,207	0,582
A35	26	56	0,08	0,145	0,587
A36	52	53	0,19	0,275	0,701
A37	30	62	0,11	0,18	0,638
A38	32	27	0,040	0,086	0,465
A39	68	35	0,142	0,23	0,6
A40	35	60	0,139	0,2	0,663
A41	62	34	0,123	0,210	0,583
A42	56	30	0,090	0,16	0,538
A43	25	34	0,041	0,08	0,485
A44	40	25	0,046	0,1	0,463

A45	22	49	0,057	0,107	0,531
A46	60	40	0,15	0,2	0,631
A47	32	35	0,058	0,11	0,523
A48	37	33	0,064	0,122	0,526
A49	32	35	0,059	0,11	0,530
A50	40	38	0,086	0,15	0,570
A51	48	30	0,061	0,14	0,425
A52	48	30	0,039	0,14	0,272
A53	43	30	0,066	0,12	0,517
A54	30	44	0,074	0,13	0,564
A55	34	26	0,040	0,088	0,462
A56	36	28	0,048	0,100	0,484
A57	46	52	0,161	0,239	0,675
A58	26	38	0,050	0,098	0,512
A59	38	33	0,066	0,125	0,528
A60	42	30	0,064	0,126	0,515
A61	21	33	0,031	0,0693	0,456
A62	36	25	0,041	0,09	0,458
A63	21	33	0,031	0,0693	0,456
A64	40	52	0,135	0,208	0,652
A65	38	20	0,031	0,076	0,412
A66	34	40	0,07	0,136	0,561
A68	56	50	0,194	0,28	0,693
A69	18	21	0,013	0,0378	0,366
A70	39	33	0,068	0,1287	0,531
A71	35	35	0,06	0,1225	0,533
A74	48	32	0,083	0,1536	0,544
P108	30	32	0,04	0,096	0,5
P109	50	55	0,19	0,275	0,706
P110	40	20	0,03	0,08	0,412
P111	32	40	0,071	0,128	0,557
P104	28	43	0,06	0,120	0,548
P105	46	37	0,06	0,170	0,387
P112	36	25	0,066	0,09	0,733
P24	44	39	0,043	0,171	0,252
P25	51	69	0,019	0,351	0,055
P44	50	46	0,106	0,23	0,461
P43	38	40	0,244	0,152	1,605
P51	85	77	0,172	0,654	0,268
P47	64	84	0,331	0,537	0,615
P128	41	40	0,068	0,164	0,414
P133	10	47	0,012	0,047	0,268
P131	70	40	0,128	0,28	0,457
P129	30	35	0,038	0,105	0,363

Tabel 4.10 Saluran Eksisting Jalan Medokan ayu (Bentuk Setengah Lingkaran)

Saluran	Diameter (cm)	Q sal (m ³ /s)	A (m ²)	Kecepatan
A17	40	1,03	0,5	2,054
A67	30	0,13	0,28	0,479
A72	32	0,071	0,321	0,22
A73	35	0,1	0,385	0,26
P106	35	0,105	0,385	0,27
P107	30	0,167	0,282	0,59

Tabel 4. 11 Saluran Eksisting Jalan Medokan ayu (Bentuk Trapesium)

Saluran	Panjang atas (cm)	Panjang bawah	kedalaman	Q sal (m ³ /s)
P125	78	42	30	0,1453
P127	44	75	36	0,0475
P130	30	45	30	0,042
P126	84	42	22	0,1301

4.2.2 Perhitungan Bentuk Saluran Eksisting

Bentuk saluran pada saluran 1 Satelit:

Bentuk saluran segi empat

$$b = 0,7 \text{ m}$$

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

$$n = 0,014 \text{ (saluran terbuat dari beton)}$$

$$v = 0,3 \text{ m/s}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} A &= b \times y \\ &= 0,7 \times 0,5 \\ &= 0,35 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= v \times A \\ &= 0,3 \times 0,35 \\ &= 0,105 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= b + 2y \\ &= 0,7 + 1 = 1,7 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R &= A/P \\
 &= 0,35/1,7 = 0,2058 \\
 S &= (V \times n / R^{2/3})^2 \\
 &= (0,3 \times 0,014 / (0,2058)^{2/3})^2 \\
 &= 0,000145
 \end{aligned}$$

4.3. Analisis Curah Hujan Maksimum

4.3.1 Analisis Waktu Konsentrasi

Contoh perhitungan saluran 1 Jalan Raya Satelit Indah

Koefisien Hambatan (nd), dapat dilihat pada Gambar 2,5 :

$$\text{Rumah} = 0,02$$

Kemiringan (S) :

$$\text{Rumah} = 0,001$$

$$\text{Jalan} = 0,02$$

$$N \text{ manning} = 0,014$$

Perhitungan T1 (Overland Flow Time)

Panjang saluran (L) : 90 m

$$S = 0,3^2 \times 0,014^2 / 0,2058^{4/3} = 0,000145$$

Perhitungan T1

Rumah :

$$\begin{aligned}
 T1 &= (2/3 \times 3,28 \times 90 \times 0,02 / \sqrt{0,000145})^{0,167} \\
 &= 2,629 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Perhitungan T2

$$\begin{aligned}
 T2 &= L / (v \times 60) \\
 &= 90 / (0,3 \times 60) \\
 &= 5 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Perhitungan T (Concentration Time)

$$\begin{aligned}T &= T_1 + T_2 \\&= 2,629 + 5 \\&= 7,629 \text{ menit}\end{aligned}$$

4.3.2 Analisis Intensitas Hujan

Contoh perhitungan saluran A

$$\begin{aligned}R_{24} &= 101,274 \text{ mm} \\I &= R_{24}/24 \times (24/T)^{(2/3)} \\&= 101,274/24 \times (24/7,629/60)^{(2/3)} \\&= 138,8451 \text{ mm/jam}\end{aligned}$$

4.3.3 Analisis Debit Banjir

Contoh perhitungan saluran A

Catchment area (A) dilakukan dengan pengukuran menggunakan google earth

$$A = 0,00515 \text{ km}^2$$



Gambar 4. 1 Foto Penggunaan *Google Earth* untuk *Catchment Area*

$$\begin{aligned}Q &= 0,278 \times C \times I \times A \\&= 0,278 \times 0,713 \times 138,8451 \times 0,00515\end{aligned}$$

$$= 0,139 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Pengecekan pada saluran drainase A :

$Q \text{ Rencana} < Q \text{ total saluran}$

$$0,139 \text{ m}^3/\text{detik} > 0,105 \text{ m}^3/\text{detik}$$

(BANJIR)

Rangkuman kondisi seluruh saluran drainase dengan periode ulang 1 tahun disajikan pada Tabel 4.12, dan 4.13

Tabel 4. 12 Rangkuman Kondisi Saluran 1, 3, dan 16 Eksisting Jalan Satelit

	Q sal (m ³ /s)	L sal (m)	C	nd	t1	t2	tc (menit)	I (mm/jam)
Saluran 1	0,105	90	0,7	0,02	2,629	5	7.629	138.845
Saluran 3	0,126	180	0,7	0,02	2,975	10	12.975	97.448
Saluran 16	0,02625	160	0,7	0,02	3,428	26,667	30.094	55.616
	R	n manning	s	catchment (km ²)	Q Rencana	Status		
Saluran 1	0,205	0,014	0,00014	0,00516	0,139	banjir		
Saluran 3	0,221	0,014	0,00013	0,00249	0,047	aman		
Saluran 16	0,181	0,014	0,000019	0,00312	0,033	banjir		

Tabel 4. 13 Rangkuman Kondisi Saluran A23, A25, P51 Eksisting Jalan Medokan Ayu

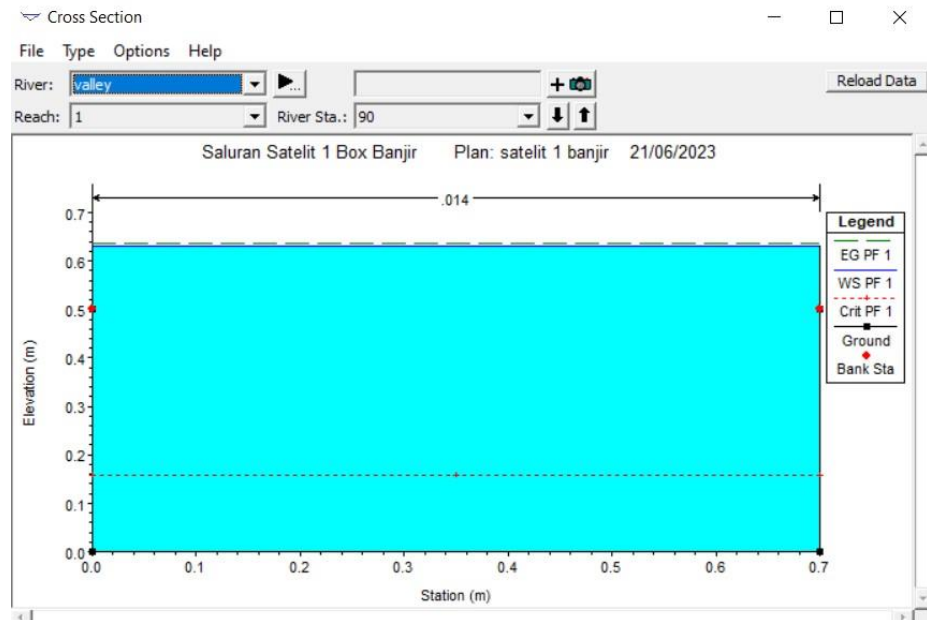
Saluran	Q sal (m ³ /s)	Kecepatan	L sal	C	nd	t1	t2	tc (menit)
A23	0,016	0,0284	93,33	0,7	0,02	3,998	54,606	58,604
A25	0,013	0,0244	94,67	0,7	0,02	4,125	64,505	68,630
P51	0,172	0,2627	90	0,7	0,02	2,764	5,7078	8,472
Saluran	I	catchment (km ²)	R	n manning	s	Q Rencana	Status	
A23	35,665	0,0023	0,245	0,014	0,000001	0,016	banjir	
A25	32,1	0,0012	0,253	0,014	0,0000007	0,008	aman	
P51	129,472	0,0071	0,264	0,014	0,00007	0,18	banjir	

Dari Tabel 4.12 & 4.13, saluran 1, 16 dari Jalan Satelit dan saluran A23 dan P51 Jalan medokan Ayu terjadi banjir. Dilakukan redesain untuk saluran yang mengalami banjir dengan menaikkan luas dimensi dan dilakukan redesain ke saluran yang tidak banjir dengan menggunakan syarat saluran ekonomis.

4.4 Hasil Analisis Saluran menggunakan Aplikasi *He Cras*

4.4.1 Analisa Saluran eksiting menggunakan Aplikasi *He Cras*

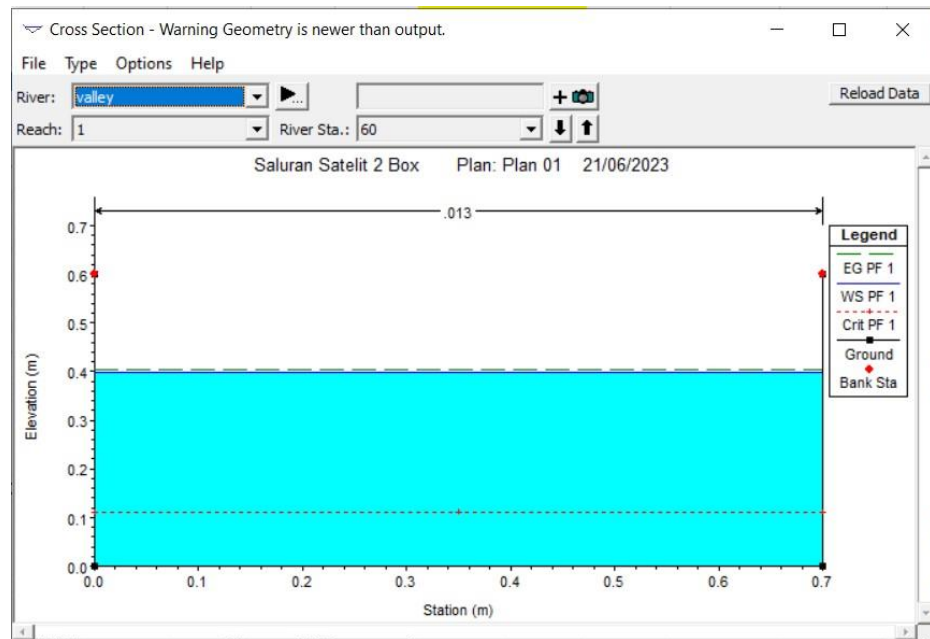
Saluran Satelit 1



Gambar 4. 2 Penampang Persegi Saluran Satelit 1

Dapat dilihat pada gambar diatas, titik merah menunjukan batas elevasi saluran yaitu di angka 0,5 meter. Air yang terdapat pada penampang persegi atas berada di titik diatas 0,6 m, yang dimana saluran ini tidak dapat menampung debit air terjadi sehingga banjir, maka dari itu penampang ini akan diredesain agar dapat menampung debit air terjadi dan juga akan diredesain seefektif mungkin.

Saluran Satelit 3



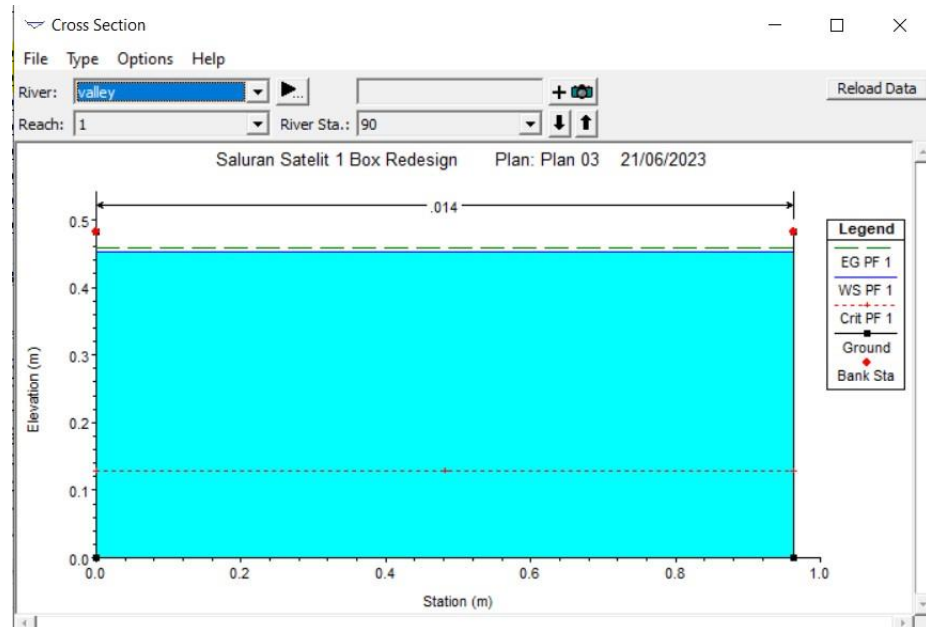
Gambar 4. 3 Penampang Persegi Saluran Satelit 3

Dapat dilihat gambar penampang persegi satelit 3 memiliki batas di elevasi 0,6 meter, dimana volume air pada penampang tersebut berada di titik 0,4 meter. Hal ini berarti saluran ini mampu menampung debit air yang terjadi. Namun, saluran ini akan tetap diredesain untuk melihat bentuk saluran manakah yang paling efisien dalam menampung debit air dilihat dari kapasitas dan biayanya.

Pada 6 saluran yang ditinjau, yaitu 3 saluran Satelit dan 3 saluran Medokan, terdapat 2 saluran Satelit yang banjir dan juga 2 saluran Medokan yang banjir, tetapi semua akan diredesain dengan bentuk persegi, trapezium, dan setengah lingkaran untuk mengetahui saluran mana yang paling efisien terhadap kapasitas dan biayanya.

4.4.2 Analisa Saluran redesain menggunakan Aplikasi *He Cras*

Saluran Satelit 1 Redesain Box



Gambar 4. 4 Penampang Persegi Saluran Redesain Satelit 1

Pada gambar tersebut terlihat bahwa batas elevasi menunjukan pada titik 0,482 meter. Selain itu, air yang terdapat pada penampang persegi tersebut menunjukan ada di tengah-tengah titik 0,4 meter dan 0,5 meter yang tepatnya berada di sekitar 0,46 meter. Dari hal ini dapat disimpulkan bahwa saluran persegi Satelit 1 ini berhasil di redesain dengan bentuk persegi karena saluran ini dapat menampung debit air yang terjadi, berbeda dengan sebelumnya yang terjadi banjir pada saluran tersebut.

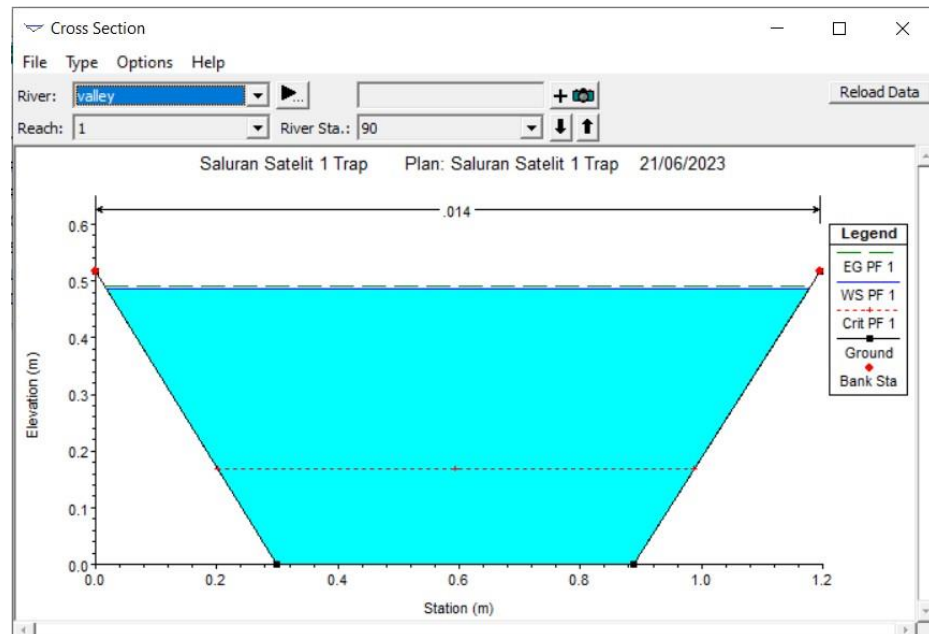
Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: Plan 03 River: valley Reach: 1 Profile: PF 1												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	90	PF 1	0.14	0.00	0.45	0.13	0.46	0.000138	0.32	0.44	0.96	0.15
1	0	PF 1	0.14	0.00	0.44	0.13	0.45	0.000150	0.33	0.42	0.96	0.16

Gambar 4. 5 Data Saluran Persegi Redesain Satelit 1

Saluran Satelit 1 Redesain Trapezium



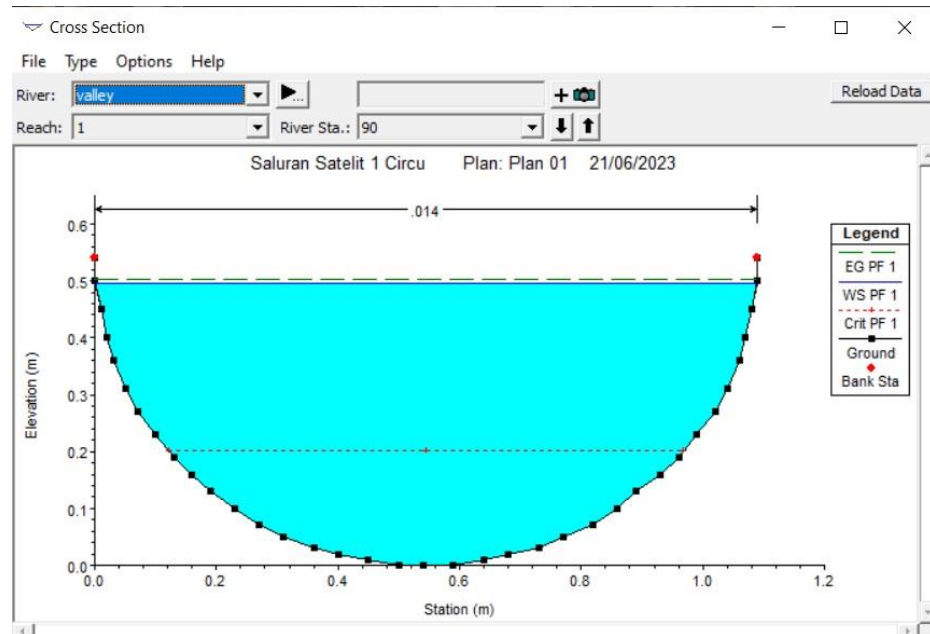
Gambar 4. 6 Penampang Trapezium Saluran Redesain Satelit 1

Pada gambar tersebut terlihat bahwa batas elevasi menunjukan pada titik 0,518 meter. Selain itu, air yang terdapat pada penampang persegi tersebut menunjukan ada hampir di titik 0,5 meter yang tepatnya berada di sekitar 0,49 meter. Dari hal ini dapat disimpulkan bahwa saluran persegi Satelit 1 ini berhasil di redesain dengan bentuk trapezium karena saluran ini dapat menampung debit air yang terjadi.

Profile Output Table - Standard Table 1												
HEC-RAS Plan: SS1T River: valley Reach: 1 Profile: PF 1												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	90	PF 1	0.14	0.00	0.49	0.17	0.49	0.000136	0.33	0.42	1.16	0.17
1	0	PF 1	0.14	0.00	0.47	0.17	0.48	0.000150	0.34	0.41	1.14	0.18

Gambar 4. 7 Data Saluran Trapezium Redesain Satelit 1

Saluran Satelit 1 Redesain Lingkaran



Gambar 4. 8 Penampang Lingkaran Saluran Redesain Satelit 1

Pada gambar tersebut terlihat bahwa batas elevasi menunjukan pada titik 0,544 meter. Selain itu, air yang terdapat pada penampang lingkaran tersebut menunjukan ada hampir di titik 0,5 meter yang tepatnya berada di sekitar 0,49 meter. Dari hal ini dapat disimpulkan bahwa saluran persegi Satelit 1 ini berhasil di redesain dengan bentuk lingkaran karena saluran ini dapat menampung debit air yang terjadi.

Profile Output Table - Standard Table 1												
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: valley Reach: 1 Profile: PF 1												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	90	PF 1	0.14	0.00	0.50	0.20	0.50	0.000136	0.34	0.41	1.09	0.17
1	0	PF 1	0.14	0.00	0.48	0.20	0.49	0.000150	0.35	0.40	1.08	0.18

Gambar 4. 9 Data Saluran Lingkaran Redesain Satelit 1

4.5 Redesain Saluran Eksisting

4.5.1 Saluran Ekonomis

Redesain Saluran yang dihitung tidak dapat menampung debit dari curah hujan (banjir) karena debit maksimum saluran tersebut tidak mencukupi. Pedoman untuk melakukan redesain mengacu pada saluran ekonomis. Jadi untuk membuat saluran dapat menampung debit rencana dari curah hujan, penampang dibesarkan dengan mengacu kepada saluran ekonomis.

Properties of optimum open-channel sections (From Fox and McDonald)

Shape	Section	Optimum Geometry	Normal Depth, y_n	Cross-Sectional Area, A
Trapezoidal		$\alpha = 60^\circ$ $b = \frac{2}{\sqrt{3}} y_n$	$0.968 \left[\frac{Qn}{S^{1/2}} \right]^{3/8}$	$1.622 \left[\frac{Qn}{S^{1/2}} \right]^{3/8}$
Rectangular		$b = 2y_n$	$0.917 \left[\frac{Qn}{S^{1/2}} \right]^{3/8}$	$1.682 \left[\frac{Qn}{S^{1/2}} \right]^{3/8}$
Triangular		$\alpha = 45^\circ$	$1.297 \left[\frac{Qn}{S^{1/2}} \right]^{3/8}$	$1.682 \left[\frac{Qn}{S^{1/2}} \right]^{3/8}$
Wide Flat		None	$1.00 \left[\frac{(Q/b)n}{S^{1/2}} \right]^{3/8}$	---
Circular		$D = 2y_n$	$1.00 \left[\frac{Qn}{S^{1/2}} \right]^{3/8}$	$1.583 \left[\frac{Qn}{S^{1/2}} \right]^{3/8}$

Gambar 4. 10 Saluran Ekonomis Dalam 5 Macam Bentuk

4.5.2 Perhitungan Redesain

Contoh: Saluran 1 Jalan Satelit

Q rencana curah hujan = $0,139 \text{ m}^3/\text{s}$

Kecepatan = $0,3 \text{ m/s}$

Luas redesain = $0,139/0,3 = 0,463 \text{ m}^2 \Rightarrow 0,47 \text{ m}^2$

Saluran ekonomis persegi

$$B=2y$$

$$A = bxy$$

$$0,47 = 2y^2$$

$$Y = 0,485 \text{ m}$$

$$B = 0,97 \text{ m}$$

Dengan menggunakan A (luas) yang sama dilakukan perhitungan untuk 3 bentuk lain

Saluran Ekonomis Setengah Lingkaran

$$A = \pi \times r \times r$$

$$R = (A/\pi)^{0,5}$$

$$R = (0,47/3,14)^{0,5} = 0,544 \text{ m}$$

$$D = 2R = 1,088 \text{ m}$$

Saluran Ekonomis Segitiga

$$A = 0,5 \times a \times t$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$t = \frac{1}{2} \times a$$

$$a = (A/4)^{1/2} = 1,363 \text{ m}$$

$$t = 0,682 \text{ m}$$

Saluran Ekonomis Trapesium

$$\alpha = 60^\circ$$

$$t = (3^{1/2}/3 \times A)^{1/2} = 0,518 \text{ m}$$

$$a \text{ bawah} = 0,518 \times 2 / 3^{1/2} = 0,598 \text{ m}$$

$$a \text{ atas} = 2 \times a \text{ bawah} = 1,196 \text{ m}$$

Analisa Saluran redesain bentuk ekonomis dapat dilihat pada tabel 4.13

Tabel 4. 14 Analisa Redesain Saluran Bentuk Persegi

	A	b	y
Saluran 1	0,47	0,970	0,485
Saluran 3	0,16	0,566	0,283
Saluran 16	0,35	0,837	0,418
Saluran A23	0,58	1,077	0,539
Saluran A25	0,54	1,039	0,520
Saluran P51	0,7	1,183	0,592

Tabel 4. 15 Analisa Redesain Saluran Bentuk Setengah Lingkaran

	R	D
Saluran 1	0,547	1,094
Saluran 3	0,319	0,638
Saluran 16	0,472	0,944
Saluran A23	0,608	1,216
Saluran A25	0,586	1,173
Saluran P51	0,668	1,335

Tabel 4. 16 Analisa Redesain Saluran Bentuk Trapesium

	panjang atas	panjang bawah	y
Saluran 1	1,203	0,602	0,521
Saluran 3	0,702	0,351	0,304
Saluran 16	1,038	0,519	0,450
Saluran A23	1,336	0,668	0,579
Saluran A25	1,289	0,645	0,558
Saluran P51	1,468	0,734	0,636

Tabel 4. 17 Analisa Redesain Saluran Bentuk Segitiga

	a	t
Saluran 1	1,371	0,686
Saluran 3	0,800	0,400
Saluran 16	1,183	0,592
Saluran A23	1,523	0,762
Saluran A25	1,470	0,735
Saluran P51	1,673	0,837

4.5.3 Perhitungan Bentuk Saluran Dengan Debit Terbesar

Setelah mengetahui berapa ukuran penampang tiap bentuk saluran dengan luas yang sama, dilakukan perhitungan untuk menentukan debit maksimum yang terjadi di setiap saluran. Karena bentuk berbeda maka dengan luas yang sama setiap bentuk pasti memiliki keliling yang berbeda. Dengan begitu maka jari-jari hidrolis akan berbeda sehingga hasil debit juga berbeda. Perhitungan ini dilakukan untuk membandingkan setiap bentuk saluran dengan harga pembuatannya untuk menentukan saluran mana yang paling efisien.

Saluran Persegi

$$P = 2 \times (0,964 + 0,482) = 1,928 \text{ m}$$

$$R = A/P = 0,464 / 1,928 = 0,241 \text{ m}$$

$$V = 1/n \times r^{2/3} \times s^{1/2} = 1/0,014 \times 0,241^{2/3} \times 0,000145^{1/2} = 0,333 \text{ m/s}$$

$$Q = V \times A = 0,333 \times 0,464 = 0,154 \text{ m}^3/\text{s}$$

Saluran Setengah Lingkaran

$$P = 0,5 \times \pi \times D = 1,708 \text{ m}$$

$$R = 0,464 / 1,708 = 0,272 \text{ m}$$

$$V = 1/0,014 \times 0,272^{2/3} \times 0,000145^{1/2} = 0,361 \text{ m/s}$$

$$Q = 0,361 \times 0,464 = 0,168 \text{ m}^3/\text{s}$$

Saluran Trapesium

$$P = 3 \times \text{panjang bawah} = 1,794 \text{ m}$$

$$R = 0,464 / 1,794 = 0,259 \text{ m}$$

$$V = 1/0,014 \times 0,259^{2/3} \times 0,000145^{1/2} = 0,35 \text{ m/s}$$

$$Q = 0,35 \times 0,464 = 0,162 \text{ m}^3/\text{s}$$

Saluran Segitiga

$$P = 2 \times \text{sisi miring} = 2 \times 0,964 = 1,928 \text{ m}$$

$$R = 0,464 / 1,928 = 0,241 \text{ m}$$

$$V = 1/0,014 \times 0,241^{2/3} \times 0,000145^{1/2} = 0,333 \text{ m/s}$$

$$Q = 0,333 \times 0,464 = 0,154 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dari hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa dengan luas yang sama saluran bentuk setengah lingkaran memiliki debit yang paling besar lalu disusul dengan trapesium, persegi, dan segitiga. Perhitungan dari saluran lainnya dapat dilihat di tabel 4.17 & 4.18.

Tabel 4. 18 Perhitungan Debit masing-masing bentuk Saluran Satelit

	Persegi				Setengah Lingkaran			
	P	R	V	Q	P	R	V	Q
Sal 1	1,928	0,241	0,333	0,155	1,708	0,272	0,361	0,168
Sal 3	1,122	0,140	0,222	0,035	0,994	0,158	0,240	0,038
Sal 16	1,644	0,205	0,109	0,037	1,456	0,232	0,118	0,040
	Trapeسيوم				Segitiga			
	P	R	V	Q	P	R	V	Q
Sal 1	1,794	0,259	0,350	0,162	1,928	0,241	0,333	0,155
Sal 3	1,044	0,151	0,232	0,037	1,122	0,140	0,222	0,035
Sal 16	1,530	0,221	0,114	0,039	1,642	0,206	0,109	0,037

Tabel 4. 19 Perhitungan Debit masing-masing bentuk Saluran Medokan

	Persegi				Setengah Lingkaran			
	P	R	V	Q	P	R	V	Q
Sal A23	2,137	0,267	0,030	0,017	1,893	0,301	0,033	0,019
Sal A25	2,074	0,259	0,025	0,013	1,837	0,293	0,027	0,014
Sal P51	2,341	0,293	0,281	0,192	2,074	0,330	0,304	0,209
	Trapeسيوم				Segitiga			
	P	R	V	Q	P	R	V	Q
Sal A23	1,989	0,287	0,032	0,018	2,136	0,267	0,030	0,017
Sal A25	1,930	0,279	0,026	0,014	2,072	0,259	0,025	0,013
Sal P51	2,179	0,314	0,295	0,202	2,340	0,293	0,281	0,192

4.5.4 Tinggi Jagaan

Setelah melakukan perhitungan kapasitas debit, kedalaman saluran harus diberi tinggi jagaan. Untuk perhitungan biaya, dimensi penampang sudah diberi tinggi jagaan. Tinggi jagaan saluran dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 4.20. Tinggi Jagaan Minimum Saluran

Debit (m ³ /detik)	Tinggi jagaan (m)
< 0,5	0,2
0,5 - 1,5	0,2
1,5 - 5,0	0,25
5,0 - 10,0	0,3
10,0 - 15,0	0,4

Sumber : Anggrahini, 1997

4.6 Analisis Saluran Redesign

4.6.1 Analisis Volume Pekerjaan (*Bill of Quantity*) Saluran Redesign

Perhitungan volume pekerjaan berdasarkan dimensi tiap bentuk saluran yang telah ditentukan. Semua dimensi diperoleh dari hasil perhitungan saluran ekonomis, kemudian diperhitungkan untuk menghitung volume. Proses ini, digunakan untuk mendapatkan rencana anggaran biaya. Berikut ini adalah bagian yang akan diperhitungkan untuk memperoleh volume:

1. Analisa perhitungan volume galian saluran

Persegi

Saluran Satelit 1

Diketahui $a = 0,964 \text{ m}$; $b = 0,482 \text{ m}$

Panjang Saluran = 90 m

Total Volume Galian Saluran :

$$a \times b \times \text{panjang saluran} = 38,347 \text{ m}^3$$

2, Analisa perhitungan volume lantai kerja saluran

Diketahui lebar = 0,964 m ; tebal = 0,05 m

$$\text{Lebar Saluran} = 0,964 + 0,15 + 0,15 = 0,1264 \text{ m}$$

$$\text{Luas Lantai Kerja} = \text{Lebar} \times \text{Tebal}$$

$$= 0,1264 \times 0,05$$

$$= 0,00632 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume} = \text{Panjang Saluran} \times \text{Luas Lantai Kerja}$$

$$= 90 \times 0,00632$$

$$= 0,5688 \text{ m}^3$$

3, Analisa perhitungan volume saluran drainase

a, Tulangan utama

Diameter = 1,3 cm ; Jarak = 10 cm

Kebutuhan Besi

$B = 0,482 \text{ m} = 48,2 \text{ cm}$

$48,2/10 = 4,8 \sim 5$ Tulangan

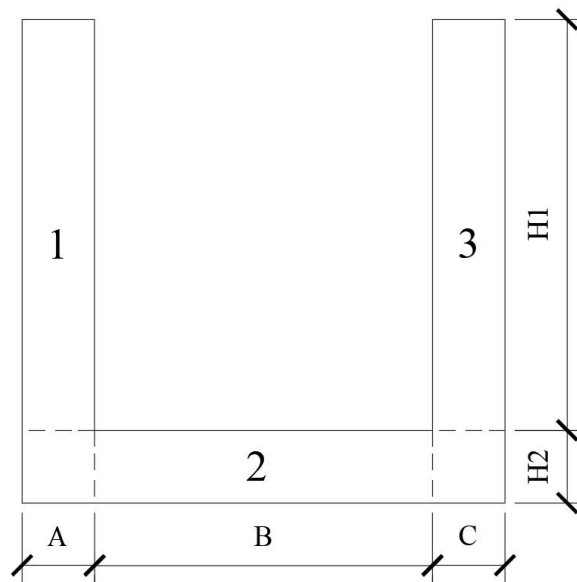
$A = 0,964 \text{ m} = 96,4 \text{ cm}$

$96,4/10 = 9,64 \sim 10$ Tulangan

Total Tulangan yang dibutuhkan tiap persegi = $5 \times 2 + 10 - 2 = 18$ Tulangan

Berat Tulangan total yang dibutuhkan = $18 \times 1,04 \times 90 = 1684,8 \text{ kg}$

4. Kebutuhan Beton



Gambar 4. 11 Bentuk Saluran Penampang Persegi

Diketahui : $a = 0,15 \text{ m}$; $b = 0,664 \text{ m}$; $c = 0,15 \text{ m}$

$h1 = 0,332 \text{ m}$; $h2 = 0,15 \text{ m}$; $h3 = 0,1 \text{ m}$

Luas = Luas 1 + Luas 2 + Luas 3 + Luas 4

$= (a \times (h1+h2)) + (b \times h2) + ((c \times (h1+h2)) + (d \times h3))$

Luas = $(0,15 \times (0,664+0,15)) + (0,664 \times 0,15) + ((0,15 \times (0,664+0,15))$

$+ (0,1 \times 0,1))$

$$= 0,1992 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume} = (\text{Luas}) \times \text{Panjang}$$

$$= (0,1992) \times 90$$

$$= 17,928 \text{ m}^3$$

5, Kebutuhan Bekisting

$$\text{Diketahui } a = 0,964 \text{ m ; } b = 0,482 \text{ m}$$

$$\text{Panjang Saluran} = 90 \text{ m}$$

$$\text{Luas permukaan} = (\text{Tinggi} - 0,15) \times \text{Panjang} \times 2 + \text{Lebar} - 0,3 \times 2 \times 90$$

$$= (0,482 - 0,15) \times 90 \times 2 + (0,964 - 0,3) \times 90$$

$$= 119,52 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas satuan bekisting} = 2 \text{ m}^2$$

$$\text{Total Bekisting dibutuhkan} = \text{Luas permukaan} / \text{Luas bekisting}$$

$$= 119,52 / 2 = 59,76 \sim 60 \text{ Papan bekisting}$$

Trapezium

Saluran Satelit 1

1, Analisa perhitungan volume galian saluran

$$\text{Diketahui } a = 1,196 \text{ m ; } b = 0,548 \text{ m ; } y = 0,518 \text{ m}$$

$$\text{Panjang Saluran} = 90 \text{ m}$$

$$\text{Total Volume Galian Saluran :}$$

$$0,5 \times (a+b) \times y \times \text{panjang saluran} = 40,65264 \text{ m}^3$$

2, Analisa perhitungan volume lantai kerja saluran

$$\text{Diketahui lebar} = 1,196 \text{ m ; tebal} = 0,05 \text{ m}$$

$$\text{Luas Lantai Kerja} = \text{Lebar} \times \text{Tebal}$$

$$= 1,196 \times 0,05$$

$$= 0,00598 \text{ m}^2$$

Volume = Panjang Saluran x Luas Lantai Kerja

$$= 90 \times 0,00598$$

$$= 0,5382 \text{ m}^3$$

3, Analisa perhitungan volume saluran drainase

a, Tulangan utama

Diameter = 1,3 cm ; Jarak = 10 cm

Kebutuhan Besi

$$A = 1,196 \text{ m}$$

$$B = 0,548 \text{ m}$$

$$Y = 0,518 \text{ m}$$

Kebutuhan Tul b:

$$0,548 \text{ m} = 54,8 \text{ cm}$$

$$54,8 / 10 = 5,48 \sim 6 \text{ Tulangan}$$

Kebutuhan Tul y:

Mencari panjang sisi miring trapezium,

$$\sqrt{\left(\frac{A-B}{2}\right)^2 + Y^2} = 61,098 \text{ cm}$$

Kebutuhan tulangan =

$$61,098 / 10 = 6,1098 \sim 7 \text{ Tulangan}$$

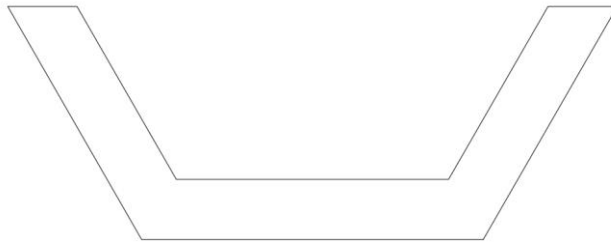
Kebutuhan Tulangan total:

$$7 \times 2 + (6-2) = 18 \text{ Tulangan}$$

Total Tulangan yang dibutuhkan tiap trapezium = $7 \times 2 + (6-2) = 18$ Tulangan

$$\text{Berat Tulangan total yang dibutuhkan} = 18 \times 1,04 \times 90 = 1684,8 \text{ kg}$$

4. Kebutuhan Beton



Gambar 4. 12 Bentuk Saluran Penampang Trapezium

Diketahui : A = 1,196 m ; B = 0,548 m ; Y = 0,518 m ; Tebal = 0,15 m

Luas = Luas 1 + Luas 2 + Luas 3

$$= (0,548 + (0,548 + 0,3)) \times 0,5 \times 0,15 + \sqrt{\left(\frac{A-B}{2}\right)^2 + Y^2} \times 0,15 \text{ m} + \sqrt{\left(\frac{A-B}{2}\right)^2 + Y^2} \times 0,15 \text{ m}$$

$$= 0,1842 \text{ m}^2$$

Volume = (Luas) x Panjang

$$= (0,1842) \times 90$$

$$= 16,578 \text{ m}^3$$

5, Kebutuhan Bekisting

Diketahui a = 1,196 m ; b = 0,548 m ; y = 0,518 m

Panjang Saluran = 90 m

Luas permukaan = (Sisi miring-0,15) x 90 x 2 + Alas - 0,3 x 90

$$= (0,611 - 0,15) \times 90 \times 2 + (0,548 - 0,3) \times 90$$

$$= 105,30 \text{ m}^2$$

Luas satuan bekisting = 2 m^2

Total Bekisting dibutuhkan = Luas permukaan/Luas bekisting

$$= 105,3/2 = 52,65 \sim 53 \text{ Papan bekisting}$$

Setengah Lingkaran

Diketahui $D = 1,088 \text{ m}$

Panjang Saluran = 90 m

1. Analisa perhitungan volume galian saluran

Luas setengah lingkaran x panjang saluran =

$$0,5 \times \pi \times 0,544^2 \times 90 = 41,815 \text{ m}^3$$

2. Analisa perhitungan volume lantai kerja saluran

Diketahui $D = 1,088 \text{ m}$; tebal = $0,05 \text{ m}$

Panjang Saluran = 90 m

Luas Lantai Kerja = Keliling setengah lingkaran x Tebal

$$= 0,5 \times \pi \times 1,088 \times 0,05$$

$$= 0,0853 \text{ m}^2$$

Volume = Panjang Saluran x Luas Lantai Kerja

$$= 0,0853 \times 90$$

$$= 7,687 \text{ m}^3$$

3. Analisa perhitungan volume saluran drainase

a, Tulangan utama

Diameter = $1,3 \text{ cm}$; Jarak = 5 cm

Kebutuhan Besi

= Keliling setengah lingkaran / jarak antar tulangan

$$= (0,5 \times \pi \times 1,088) / 10$$

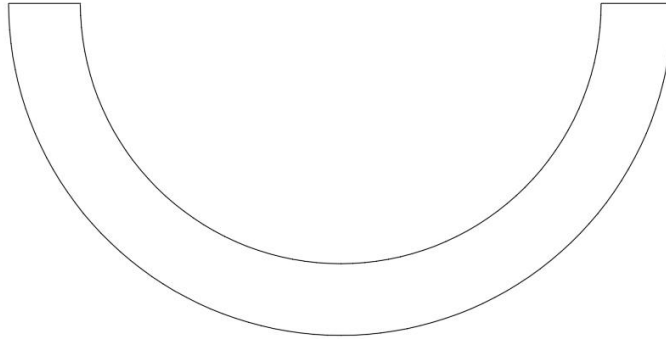
$$= 17,0816 \sim 18 \text{ Tulangan}$$

Total Kebutuhan Tulangan Lingkaran:

Total Tulangan yang dibutuhkan tiap lingkaran = 18 Tulangan

Berat Tulangan total yang dibutuhkan = $18 \times 1,04 \times 90 = 1684,8 \text{ kg}$

4. Kebutuhan Beton



Gambar 4. 13 Bentuk Saluran Penampang Lingkaran

Diketahui : $D = 1,088 \text{ m}$

Luas total = Luas Setengah Lingkaran 1 - Luas Setengah Lingkaran 2

$$= 0,5 \times \pi \times 0,544^2 - \left(0,5 \times \pi \times \left(\frac{1,088 - 0,3}{2} \right)^2 \right) = 0,2208 \text{ m}^2$$

Volume = (Luas total) x Panjang

$$= (0,2208) \times 90$$

$$= 19,889 \text{ m}^3$$

5. Kebutuhan Bekisting

Diketahui $D = 1.088 \text{ m}$

Panjang Saluran = 90 m

$$\text{Luas permukaan} = (0,5 \times \pi \times (1,088 - 0,3)) \times 90$$

$$= 111,54624 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas satuan bekisting} = 2 \text{ m}^2$$

Total Bekisting dibutuhkan = Luas permukaan / Luas bekisting

$$= 105,3 / 2 = 52,65 \sim 53 \text{ Papan bekisting}$$

4.6.2 Perhitungan Analisis Harga Satuan Pekerjaan

Dalam perhitungan analisa harga satuan berikut beracuan pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 28 Tahun 2016. Berikut merupakan tabel-tabel analisa harga satuan pekerjaan per m³ ataupun per 100 kg untuk perhitungan beton, pengurugan tanah, dan pembesian.

Berikut analisa harga satuan pekerjaan :

1. . Harga Satuan Galian Tanah Biasa Sedalam >1 m s.d. 2 m

Tabel 4. 21 Analisa Harga Satuan Pekerjaan 1m³ Galian Tanah Biasa

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan	Jumlah Harga (Rp)
1	2	3	4	5	6	7
A	Tenaga Kerja					
1	Pekerja	L.01	OH	0,75	80.000	60.000
2	Mandor	L.04	OH	0,025	150.000	3750
Jumlah Harga Tenaga kerja						63.750
B	Bahan					
						-
Jumlah Harga Bahan						-
C	Jumlah Harga Tenaga Kerja, Bahan dan Peralatan (A+B)					63.750
E	<i>Overhead + Profit (15%)</i>					73.312,5
F	Harga Satuan Pekerjaan per -m3					73.312,5

2. Harga Satuan Pekerjaan Beton K100 Untuk Lantai Kerja

Tabel 4. 22 Analisa Harga Satuan Pekerjaan 1m³ Lantai Kerja

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan	Jumlah Harga (Rp)
1	2	3	4	5	6	7
A	Tenaga Kerja					
1	Pekerja	L.01	OH	1,65	80.000	132.000
2	Tukang Batu	L.02	OH	0,275	90.000	24.750
3	Kepala Tukang	L.03	OH	0,028	110.000	3.080
4	Mandor	L.04	OH	0,165	150.000	24.750
Jumlah Harga Tenaga kerja						184.580
B	Bahan					
1	PC / <i>Portland Cement</i>	M.15	Kg	247	1.250	308.750
2	PB/ Pasir Beton	M.14.a	m3	0,621	210.000	130.410
3	Kr/ Krikil	M.12	m3	0,74	205.000	151.700
4	Air	M.02	Liter	215	5	1.075
Jumlah Harga Bahan						591.935
C	Jumlah Harga Tenaga Kerja, Bahan dan Peralatan (A+B)					776.515
E	<i>Overhead + Profit (15%)</i>					892.992,25
F	Harga Satuan Pekerjaan per -m3					892.992,25

3. . Harga Satuan Pekerjaan Pembesian

Tabel 4. 23 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pembesian 100 kg

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan	Jumlah Harga (Rp)
1	2	3	4	5	6	7
A	Tenaga Kerja					
1	Pekerja	L.01	OH	0,7	80.000	56.000
2	Tukang Batu	L.02	OH	0,7	90.000	63.000
3	Kepala Tukang	L.03	OH	0,07	110.000	7.700
4	Mandor	L.04	OH	0,07	150.000	10.500
Jumlah Harga Tenaga kerja						
B	Bahan					
1	Besi Beton Ulir	M.55	Kg	105	6.848	719.040
2	Kawat Ikat	M.67	kg	1,5	17.000	25.500
Jumlah Harga Bahan						881.740
C	Jumlah Harga Tenaga Kerja. Bahan dan Peralatan (A+B)					-
E	<i>Overhead + Profit (15%)</i>					1.014.001
F	Harga Satuan Pekerjaan per -100 kg					1.014.001

4. Harga Satuan Pekerjaan Beton K 350

Tabel 4. 24 Analisa Harga Satuan Pekerjaan 1m³ Beton K 350

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan	Jumlah Harga (Rp)
1	2	3	4	5	6	7
A	Tenaga Kerja					
1	Pekerja	L.01	OH	2,1	80.000	168.000
2	Tukang Batu	L.02	OH	0,35	90.000	31.500
3	Kepala Tukang	L.03	OH	0,035	110.000	3.850
4	Mandor	L.04	OH	0,21	150.000	31.500
Jumlah Harga Tenaga kerja						234.850
B	Bahan					
1	PC / <i>Portland Cement</i>	M.15	Kg	448	1.250	560.000
2	PB/ Pasir Beton	M.14.a	m3	0,515	210,000	108.150
3	Kr/ Krikil	M.12	m3	0,744	205,000	152.520
4	Air	M.02	Liter	215	5	1.075
Jumlah Harga Bahan						821.745
C	Jumlah Harga Tenaga Kerja. Bahan dan Peralatan (A+B)					1.056.595
E	<i>Overhead + Profit (15%)</i>					1.215.084,25
F	Harga Satuan Pekerjaan per -m3					1.215.084,25

5. Harga Satuan Pekerjaan Bekisting

Tabel 4. 25 Analisa Harga Satuan Pekerjaan 1m³ Bekisting

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan	Jumlah Harga (Rp)
1	2	3	4	5	6	7
A	Tenaga Kerja					
1	Pekerja	L.01	OH	0,3	80.000	24.000
2	Tukang Kayu	L.02	OH	0,15	90.000	13.500
3	Kepala Tukang	L.03	OH	0,015	110.000	1.650
4	Mandor	L.04	OH	0,03	150.000	4.500
Jumlah Harga Tenaga kerja						43.650
B	Bahan					
1	Papan 3/20 cm	M.35.e	m3	0,04	180.0000	72.000
2	Kaso 5/7 cm	M.37.a	m3	0,023	180.0000	41.400
3	Paku 5 cm dan 7 cm	M.71.b	Kg	0,4	18.000	7.200
4	Minyak Bekisting	M.129	Liter	0,2	25.000	5.000
Jumlah Harga Bahan						125.600
C	Jumlah Harga Tenaga Kerja, Bahan dan Peralatan (A+B)					169.250
E	<i>Overhead + Profit (15%)</i>					194.637,5
F	Harga Satuan Pekerjaan per -m3					194.637,5

4.6.3 *Bill of Quantity Saluran Redesign*

Tabel 4. 26 Dimensi Setiap Saluran

Saluran	b(m)	y(m)	A(m)	B(m)	Y(m)	D(m)	L sal(m)
Satelit 1	0,964	0,482	1,196	0,548	0,518	1,088	90
Satelit 3	0,734	0,367	0,91	0,455	0,394	0,828	60
Satelit 16	0,822	0,411	1,02	0,51	0,442	0,928	160
Medokan A23	1,069	0,534	1,326	0,663	0,574	1,206	93,33
Medokan A25	1,037	0,518	1,287	0,643	0,557	1,17	94,67
Medokan P51	1,171	0,585	1,452	0,726	0,629	1,321	90

Tabel 4. 27 *Bill of Quantity* Pengerjaan Saluran *Redesign* Persegi

Saluran	Volume Galian (m3)	Lantai Kerja (m3)	Pembesian (Kg)	Kebutuhan Beton(m3)	Kebutuhan Tul b	Kebutuhan Tul y	Bekisting
Satelit 1	41,818	4,33	1684,8	17,928	10	5	60
Satelit 3	16,162	2,20	873,6	7,812	8	4	27
Satelit 16	54,054	6,57	2828,8	25,056	9	5	84
Medokan A23	53,27	4,985	2038,32	21,517	11	6	72
Medokan A25	50,853	4,9	2067,592	20,917	11	6	70
Medokan P51	61,653	5,269	2059,2	23,5035	12	6	79

Tabel 4. 28 *Bill of Quantity* Pengerjaan Saluran *Redesign* Trapezium

Saluran	Volume Galian (m3)	Lantai Kerja (m3)	Pembesian (Kg)	Kebutuhan Beton (m3)	Kebutuhan Tul b	Kebutuhan Tul y	Bekisting
Satelit 1	40,652	5,382	1684,8	16,578	7	6	53
Satelit 3	16,134	2,73	811,2	8,257	5	5	23
Satelit 16	54,100	8,16	2662,4	24,57	6	6	75
Medokan A23	53,276	6,189	1844,2008	18,65	7	7	65
Medokan A25	50,885	6,092	1870,6792	18,36	7	7	62

Medokan P51	61,648	6,534	2059,2	19,717	8	8	72
--------------------	--------	-------	--------	--------	---	---	----

Tabel 4. 29 *Bill of Quantity* Pengerjaan Saluran *Redesign* Lingkaran

Saluran	Volume Galian (m3)	Lantai Kerja (m3)	Pembesian (Kg)	Kebutuhan Beton (m3)	Kebutuhan Tul	Bekisting
Satelit 1	41,816	7,69	1684,8	19,881	17	56
Satelit 3	16,146	3,90	811,2	9,580	13	25
Satelit 16	54,082	11,66	2496	29,315	15	79
Medokan A23	53,279	8,84	1844,2008	23,210	19	66
Medokan A25	50,866	8,69	1870,6792	22,741	18	65
Medokan P51	61,644	9,33	1965,6	24,819	21	72

4.6.4 Rancangan Anggaran Biaya Saluran *Redesign*

Tabel 4. 30 Rancangan Anggaran Biaya Saluran Persegi

Saluran	Volume Galian	Lantai Kerja	Pembesian	Kebutuhan Beton	Bekisting	Harga Total
Satelit 1	Rp3.065.806	Rp3.873.800	Rp17.083.889	Rp21.784.030	Rp11.678.250	Rp57.485.775
Satelit 3	Rp1.184.926	Rp1.966.369	Rp8.858.313	Rp9.492.238	Rp5.255.213	Rp26.757.059

Satelit 16	Rp3.962.887	Rp5.872.317	Rp28.684.060	Rp30.445.151	Rp16.349.550	Rp85.313.965
Medokan A23	Rp3.905.874	Rp4.454.682	Rp20.668.658	Rp26.145.249	Rp14.013.900	Rp69.188.363
Medokan A25	Rp3.728.198	Rp4.383.377	Rp20.965.412	Rp25.416.326	Rp13.624.625	Rp68.117.937
Medokan P51	Rp4.519.947	Rp4.705.623	Rp20.880.309	Rp28.558.733	Rp15.376.363	Rp74.040.973

Tabel 4. 31 Rancangan Anggaran Biaya Saluran Trapezium

Saluran	Volume Galian	Lantai Kerja	Pembesian	Kebutuhan Beton	Bekisting	Harga Total
Satelit 1	Rp2.980.347	Rp4.806.084	Rp17.083.889	Rp20.144.561	Rp10.315.788	Rp55.330.668
Satelit 3	Rp1.182.846	Rp2.437.869	Rp8.225.576	Rp10.033.682	Rp4.476.663	Rp26.356.636
Satelit 16	Rp3.966.265	Rp7.286.817	Rp26.996.763	Rp29.854.737	Rp14.597.813	Rp82.702.394
Medokan A23	Rp3.905.854	Rp5.525.639	Rp18.700.215	Rp22.671.707	Rp12.651.438	Rp63.454.852
Medokan A25	Rp3.730.550	Rp5.440.122	Rp18.968.706	Rp22.319.857	Rp12.262.163	Rp62.721.397
Medokan P51	Rp4.519.590	Rp5.834.811	Rp20.880.309	Rp23.957.950	Rp14.013.900	Rp69.206.560

Tabel 4. 32 Rancangan Anggaran Biaya Saluran Lingkaran

Saluran	Volume Galian	Lantai Kerja	Pembesian	Kebutuhan Beton	Bekisting	Harga Total
Satelit 1	Rp3.065.618	Rp6.864.181	Rp17.083.889	Rp24.156.981	Rp10.899.700	Rp62.070.369
Satelit 3	Rp1.183.667	Rp3.482.563	Rp8.225.576	Rp11.640.677	Rp4.865.938	Rp29.398.421
Satelit 16	Rp3.964.913	Rp10.408.432	Rp25.309.465	Rp35.620.243	Rp15.376.363	Rp90.679.415
Medokan A23	Rp3.906.012	Rp7.890.162	Rp18.700.215	Rp28.202.167	Rp13.040.713	Rp71.739.269
Medokan A25	Rp3.729.081	Rp7.764.537	Rp18.968.706	Rp27.631.843	Rp12.651.438	Rp70.745.604
Medokan P51	Rp4.519.244	Rp8.334.176	Rp19.931.204	Rp30.157.595	Rp14.208.538	Rp77.150.757

Melalui tabel 4.28-4.30, dapat dilihat bahwa harga total bentuk trapesium rata-rata paling murah lalu

4.6.5 Perhitungan Efisiensi Antara Kapasitas dan Biaya

Setelah mendapatkan perhitungan debit dan biaya dari setiap saluran, dengan menggunakan perbandingan debit dengan biayanya diambil saluran mana yang paling efisien. Cara membandingkannya adalah dengan membandingkan debit yang terjadi dengan harga pembuatan salurannya lalu dibandingkan jika debit tersebut adalah $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Sehingga bisa dilihat harga yang dibutuhkan untuk setiap bentuk saluran per debit $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan satuan harga juta rupiah. Karena saluran bentuk segitiga jarang pemakaiannya maka tidak diperhitungkan dalam biaya salurannya.

Contoh perhitungan saluran 1 jalan satelit

Persegi

$$Q = 0.154 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Biaya} = \text{Rp}57.490.000,00$$

$$\text{Biaya Per } 0,1 \text{ m}^3/\text{s} \text{ debit (Juta Rupiah)} = \text{biaya}/Q = 57,49 \times 0,1/0,154 = 37,12$$

Lalu diambil rata-rata dari semua saluran nilai yang bentuknya sama dan dihitung rata-rata seperti tabel 4.31

Tabel 4. 33 Perhitungan Nilai Efisiensi

Trapesium	Q	Biaya (Juta Rupiah)	Biaya Per 0.1 m ³ /s debit (Juta Rupiah)	Rata-rata (Juta Rupiah)
Sal 1	0,1625	55,33	55,33	192,49
Sal 3	0,0366	26,36	26,36	
Sal 16	0,0385	82,70	82,70	
Sal A23	0,0180	63,45	63,45	
Sal A25	0,0140	62,72	62,72	
Sal P51	0,2018	69,21	69,21	
Persegi	Q	Biaya (Juta Rupiah)	Biaya Per 0.1 m ³ /s debit (Juta Rupiah)	Rata-rata (Juta Rupiah)
Sal 1	0,1549	57,49	37,12	216,27
Sal 3	0,0349	26,76	76,74	
Sal 16	0,0367	85,31	232,22	
Sal A23	0,0172	69,19	402,61	
Sal A25	0,0133	68,12	510,46	
Sal P51	0,1924	74,04	38,49	
Lingkaran	Q	Biaya (Juta Rupiah)	Biaya Per 0.1 m ³ /s debit (Juta Rupiah)	Rata-rata (Juta Rupiah)
Sal 1	0,1679	62,07	36,97	208,93
Sal 3	0,0378	29,40	77,78	
Sal 16	0,0398	90,68	227,69	
Sal A23	0,0186	71,74	385,09	
Sal A25	0,0145	70,75	489,05	
Sal P51	0,2085	77,15	37,00	

Dari Tabel 4.31 dapat dilihat bahwa saluran Trapesium untuk menghasilkan $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ debit memerlukan Rp. 155.630.000, Persegi memerlukan Rp. 173.147.000, dan lingkaran memerlukan Rp. 171.889.000. Trapesium memiliki harga paling murah sedangkan persegi memiliki harga paling mahal.