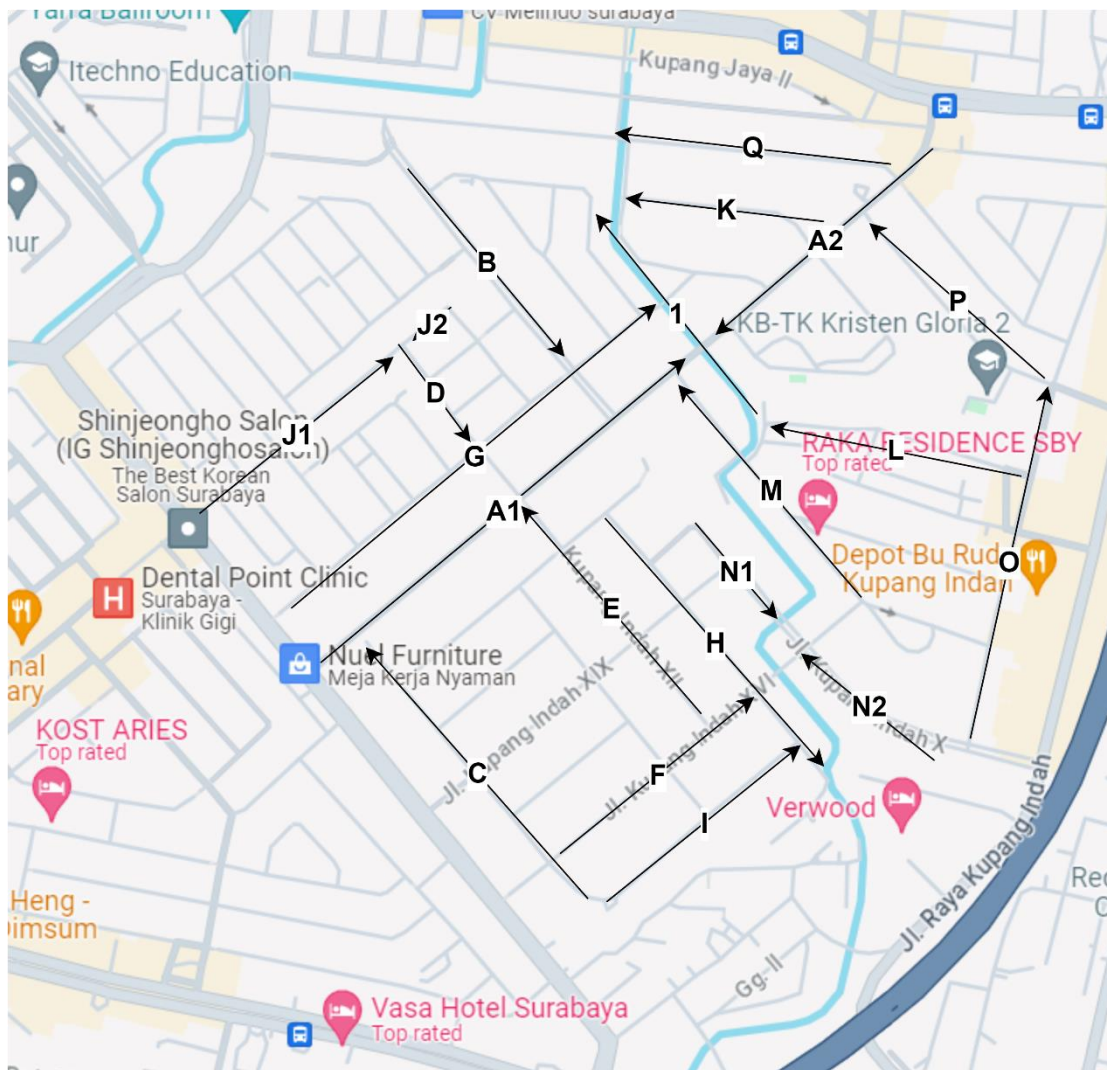


4. PEMBAHASAN

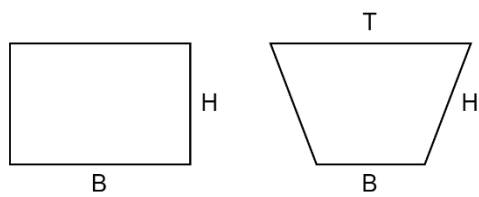
4.1. Data Survei Lapangan

Survei lapangan dilakukan untuk mencari ukuran dan kecepatan dari masing-masing saluran. Untuk peta saluran ini dapat dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 4.1 Peta Saluran

Setelah dilakukan survei lapangan, didapatkan beberapa data yang akan digunakan untuk menghitung debit saluran. Data-data ini dapat dilihat pada Tabel 4.1. Untuk saluran 1 yang berbentuk trapesium terdapat tambahan variabel T untuk panjang atas saluran. Penamaan dimensi saluran ini dapat terlihat pada Gambar 4.2 di bawah ini.



Gambar 4.2 Dimensi Saluran

Tabel 4.1

Data Hasil Survei Lapangan

Saluran	B (cm)	T (cm)	H (cm)
1	600	660	230

Saluran	B (cm)	H (cm)
A	35	35
B	40	70
C	30	30
D	60	40
E	50	20
F	15	35
G	40	100
H	35	60
I	40	40
J	25	25
K	25	35
L	15	20
M	50	20
N	100	90
O	25	50
P	30	30
Q	35	50

Untuk contoh gambar dari survei ini dapat dilihat pada Gambar 4.3 di bawah ini. Untuk sisa gambar survei dapat dilihat pada bab lampiran.



Gambar 4.3 Pengukuran Dimensi dan Kecepatan Aliran

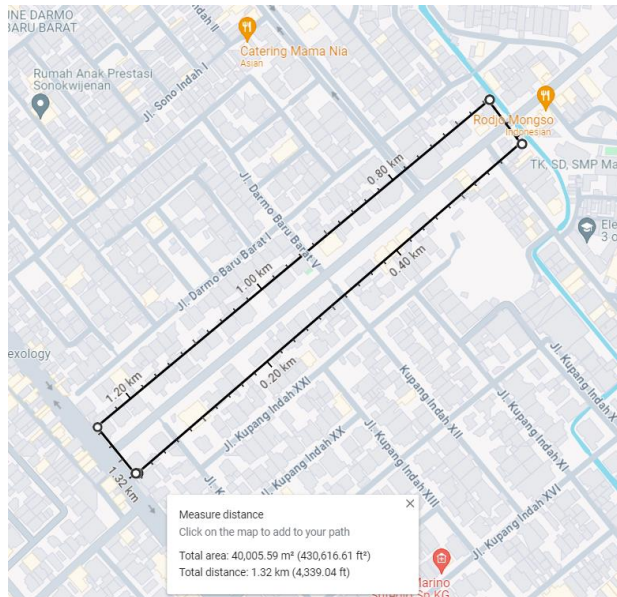
Selain itu ada juga data panjang saluran, dan *catchment area*. Data-data ini semua diambil dari aplikasi *Google Earth Pro*. Semua ini dapat dilihat pada Tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2

Data Panjang Saluran, dan *Catchment Area*

Saluran	L Saluran (m)	Catchment Area (km ²)
1	845	0,680
A		
A1	620	0,040
A2	380	0,021
B	370	0,023
C	406	0,018
D	154	0,008
E	365	0,021
F	322	0,018
G	606	0,031
H	404	0,019
I	300	0,019
J		
J1	320	0,012
J2	90	0,004
K	196	0,013
L	332	0,013
M	360	0,020
N		
N1	200	0,018
N2	223	0,024
O	450	0,028
P	310	0,012
Q	330	0,018

Data *catchment area* didapat melalui aplikasi *Google Earth Pro*. Contoh *catchment area* pada saluran A1 dapat dilihat pada Gambar 4.4 dibawah ini.



Gambar 4.4 *Catchment Area* Saluran A1

4.2. Data Curah Hujan

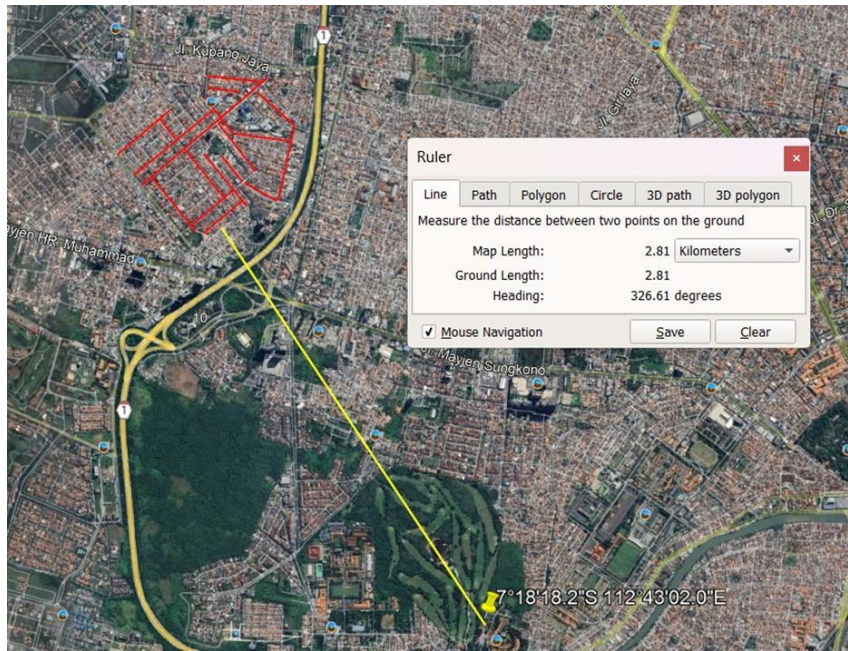
Data hujan yang dipakai akan diambil dari 1 sumber. Sumber data curah hujan yang dipakai adalah dari pematusan. Pada sumber pematusan ini, stasiun yang diambil berasal dari Gunungsari dan Wonokromo. Dari sumber ini, tahun data hujan yang diambil adalah tahun 2004-2023. Untuk data curah hujan maksimum harian ini dapat dilihat pada Tabel 4.3 di bawah ini.

Tabel 4.3

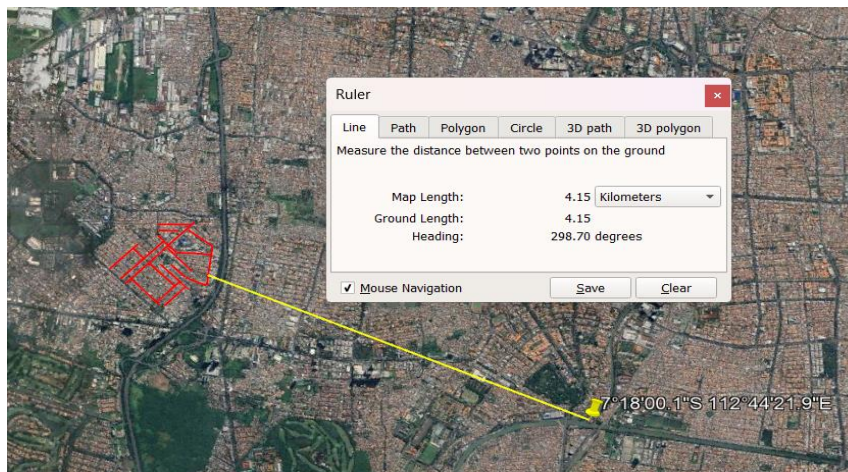
Data Curah Hujan Pematusan

Tahun	Data Curah Hujan Maksimum Harian (mm)		
	Gunungsari	Wonokromo	Rata-Rata
2004	103	-	103
2005	114	-	114
2006	110	-	110
2007	96	-	96
2008	81	-	81
2009	78	-	78
2010	114	110	112
2011	102	98	100
2012	102	106	104
2013	97	87	92
2014	85,5	83	84,25
2015	70	63	66,5
2016	94	108	101
2017	120	114	117
2018	85	73	79
2019	74	76	75
2020	98	107	102,5
2021	98	70	84
2022	73	56	64,5
2023	140	102	121
Rata-Rata			94,2

Terdapat 2 pos stasiun curah hujan untuk pos stasiun curan hujan Gunungsari dan Wonokromo. Lokasi pos curah hujan baik dari Gunungsari dan Wonokromo dapat dilihat di bawah ini.



Gambar 4.5 Lokasi Pos Stasiun Curah Hujan Pematusan Gunungsari



Gambar 4.6 Lokasi Pos Stasiun Curah Hujan Pematusan Wonokromo

4.3. Validasi Kemiringan Saluran

Setelah mengambil sampel data kemiringan saluran pada daerah penelitian, kami melakukan evaluasi data kemiringan dengan perhitungan *RMSE* untuk melihat apakah kemiringan saluran eksisting sudah sesuai dengan standar. Data survei kemiringan dan perhitungan *RMSE* dapat dilihat pada Tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 4.4

Data Kemiringan Saluran & Perhitungan *RMSE*

Saluran	Titik	Tinggi(m)	Delta H(m)	Jarak(m)	Kemiringan (%)	Expected Values	(Actual-Expected)^2
B	1	1,836	0,284	48,34	0,2021	0,2000	0,0000
	2	1,552		92,21			
C	1	1,915	0,377	67,41	0,2757	0,2000	0,0057
	2	1,538		69,34			
D	1	1,392	0,028	14,17	0,0564	0,2000	0,0206
	2	1,364		35,51			
E	1	1,86	0,318	42,67	0,4177	0,2000	0,0474
	2	1,542		33,46			
F	1	2,902	2,007	77,96	1,9480	0,2000	3,0554
	2	0,895		25,07			
G	1	1,257	0,43	19,77	0,6623	0,2000	0,2137
	2	1,687		45,16			
H	1	1,576	0,227	48,85	0,2504	0,2000	0,0025
	2	1,349		41,81			
J1	1	1,422	0,148	36,36	0,1807	0,2000	0,0004
	2	1,274		45,54			
N1	1	1,512	0,264	86,2	0,2299	0,2000	0,0009
	2	1,248		28,64			
O	1	1,493	0,173	27,75	0,1657	0,2000	0,0012
	2	1,32		76,67			
P	1	1,463	0,192	14,92	0,5098	0,2000	0,0960
	2	1,271		22,74			
Q	1	0,834	0,327	44,89	0,3056	0,2000	0,0112
	2	0,507		62,1			
						Total	3,4550
						RMSE	0,5366

Perhitungan *RMSE*:

$$\text{Rumus} = \sqrt{\frac{\sum(\text{aktual} - \text{prediksi})^2}{n}}$$

$$= 0,5366$$

Dari hasil perhitungan *RMSE*, didapatkan hasil 0,5489 yang mendekati angka 0. Dapat disimpulkan bahwa kemiringan saluran benar sesuai standar 0,2% dan dapat digunakan untuk perhitungan selanjutnya.

4.4. Analisis Data Curah Hujan

4.4.1. Analisis Jenis Distribusi

Langkah pertama dalam perhitungan analisis data curah hujan adalah memilih jenis metode distribusi yang akan digunakan. Perhitungan untuk mencari jenis distribusi untuk data curah hujan pematusan dapat dilihat di bawah ini pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5

Perhitungan Analisis Jenis Distribusi Data Curah Hujan Pematusan

Tahun	Data Hujan	$(X_i - \bar{x})^2$	$(X_i - \bar{x})^3$	$(X_i - \bar{x})/S$ ⁴
2004	103	76,78	672,80	0,07
2005	114	390,56	7718,37	1,88
2006	110	248,46	3916,29	0,76
2007	96	3,11	5,48	0,00
2008	81	175,23	-2319,63	0,38
2009	78	263,66	-4281,12	0,86
2010	112	315,51	5604,18	1,23
2011	100	33,21	191,35	0,01
2012	104	95,31	930,43	0,11
2013	92	5,01	-11,20	0,00
2014	84	99,75	-996,25	0,12
2015	67	769,37	-21340,37	7,29
2016	101	45,73	309,26	0,03
2017	117	518,13	11793,97	3,30
2018	79	232,18	-3537,86	0,66
2019	75	370,08	-7119,44	1,69
2020	103	68,27	564,07	0,06
2021	84	104,81	-1072,96	0,14
2022	65	884,32	-26297,43	9,63
2023	121	716,23	19168,14	6,31
Sum	1885	5415,68	-16101,93	34,51
Xbar	94			
N	20			
Standar Deviasi	16,883			
Koef.Kemencengan	-0,196			
Koef.Kurtosis	-1,046			
Koef.Variansi	0,179			

Jenis Distribusi	Hasil Perhitungan			Persyaratan			Keterangan
	Cv	Cs	Ck	Cv	Cs	Ck	
Normal		-0,196	-1,046		0,000	3,000	X
Log Normal	0,179	-0,196	-1,046	0,060	0,570	5,383	X
Log Pearson III	0,179	-0,196	-1,046		≠ 0		O
Gumbel		-0,196	-1,046		1,140	5,400	X

Berdasarkan Tabel 4.5 diketahui bahwa jenis metode distribusi yang dapat digunakan untuk data curah hujan adalah log pearson III. Untuk contoh perhitungan untuk mendapatkan koefisien kemencengan, kurtosis dan variansi dapat dilihat di bawah ini.

$$\text{Standar Deviasi} = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x}_1)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{5415,68}{20-1}} = 16,883$$

$$\text{Koef. Kemencengan} = \frac{n \times \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} = \frac{20 \times -16101,93}{(20-1)(20-2)16,883^3} = -0,196$$

$$\text{Koef. Kurtosis} = \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum \left(\frac{X_i - \bar{X}}{S} \right)^4 - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)} = -1,046$$

$$\text{Koef. Variansi} = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{16,883}{94} = 0,179$$

4.4.2. Distribusi Curah Hujan

Dari analisis jenis distribusi didapatkan bahwa metode distribusi yang akan digunakan adalah log pearson III. Hasil dari perhitungan ini untuk data curah hujan pematusan dapat dilihat pada Tabel 4.6 di bawah ini.

Tabel 4.6

Hasil Perhitungan Log Pearson III Pematusan

Tahun	Data Hujan (mm)	Log Xi	(Log Xi - Log X) ²	(Log Xi - Log X) ³
2004	103,00	2,01	0,00	0,00
2005	114,00	2,06	0,01	0,00
2006	110,00	2,04	0,01	0,00
2007	96,00	1,98	0,00	0,00
2008	81,00	1,91	0,00	0,00
2009	78,00	1,89	0,01	0,00
2010	112,00	2,05	0,01	0,00
2011	100,00	2,00	0,00	0,00
2012	104,00	2,02	0,00	0,00
2013	92,00	1,96	0,00	0,00
2014	84,25	1,93	0,00	0,00
2015	66,50	1,82	0,02	0,00
2016	101,00	2,00	0,00	0,00
2017	117,00	2,07	0,01	0,00
2018	79,00	1,90	0,00	0,00
2019	75,00	1,88	0,01	0,00
2020	102,50	2,01	0,00	0,00
2021	84,00	1,92	0,00	0,00
2022	64,50	1,81	0,02	0,00
2023	121,00	2,08	0,01	0,00
Sum	1884,75	39,34	0,12	0,00
Log X				1,97
S Log X				0,08
CS				-0,44
Periode				
	2	5	10	
k	0,072	0,855	1,225	
Log xt	1,973	2,037	2,067	
xt	93,995	108,777	116,551	

Berdasarkan perhitungan Tabel 4.6 didapatkan tiga data curah hujan pada periode yang berbeda-beda. Daerah DAS berukuran 86,72 ha sehingga menggunakan hujan dengan periode 5 tahun karena Surabaya merupakan kota metropolitan. Maka dari ini didapat curah hujan dengan metode log pearson III adalah 108,777 mm. Contoh perhitungan untuk distribusi log pearson III dapat dilihat di bawah ini.

$$\text{Log } X = \frac{\sum \log x}{n} = \frac{39,34}{20} = 1,97$$

$$S \text{ Log } X = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \overline{\log x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,12}{20-1}} = 0,08$$

$$CS = \frac{n \sum (\log x - \overline{\log x})^3}{(n-1)(n-2)(S \text{ log } X)^3} = \frac{20 \times -0,0042}{(20-1)(20-2)(0,08)^3} = -0,44$$

Berdasarkan hasil Cs yang didapat maka nilai k harus dicari melalui interpolasi. Contoh hasil interpolasi untuk data hujan pematusan dapat dilihat pada Tabel 4.7 di bawah ini.

Tabel 4.7

Interpolasi Hasil Cs

Cs	Periode							
	1,0101	2	5	10	25	50	100	200
Percent Chance	99,00	50	20	10	4	2	1	0,5
-0,4	-2,615	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201
-0,44	-2,641	0,072	0,855	1,225	1,592	1,813	2,002	2,166
-0,5	-2,686	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108

$$K = 0,855$$

$$\text{Log } x_t = \text{Log } X + k(S \text{ Log } X) = 1,98 + 0,855 \times 0,08 = 2,037$$

$$X_t = 10^{2,037} = 108,777 \text{ mm}$$

4.4.3. Uji Kecocokan Metode Distribusi

Dari hasil distribusi curah hujan yang telah dihitung melalui metode log pearson III perlu dilakukan uji kecocokan. Uji ini dilakukan untuk melihat apakah metode distribusi yang dipakai sudah dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Ada 2 jenis uji distribusi yang akan dilakukan yaitu uji chi kuadrat dan uji *kolmogorov smirnov*.

4.4.3.1. Uji Chi Kuadrat

Uji chi kuadrat dilakukan dengan pertama mengurutkan data curah hujan dari yang tertinggi hingga yang terendah. Data hujan ini dapat dilihat di bawah ini pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8

Urutan Data Curah Hujan Maksimum Harian Pematusan

Tahun	Data Hujan (mm)
2023	121,00
2017	117,00
2005	114,00
2010	112,00
2006	110,00
2012	104,00
2004	103,00
2020	102,50
2016	101,00
2011	100,00
2007	96,00
2013	92,00
2014	84,25
2021	84,00
2008	81,00
2018	79,00
2009	78,00
2019	75,00
2015	66,50
2022	64,50

Contoh perhitungan uji chi kuadrat

Jumlah kelompok = 5

$dk = G - R - 1$

$dk = 5 - 2 - 1$

$dk = 2$

$E_i = n/G = 20/5 = 4$

Perhitungan uji chi kuadrat membutuhkan nilai batasan untuk kelima group. Nilai batasan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.9 di bawah ini.

Tabel 4.9

Nilai Batasan Uji Chi Kuadrat

Periode	k	Log Xt	Xt
5,00	0,855	2,037	108,777
2,50	0,203	1,984	96,311
1,67	-0,832	1,900	79,402
1,25	-1,963	1,808	64,304

Setelah nilai batasan telah ditentukan, uji chi kuadrat dapat dilakukan. Hasil dari perhitungan uji chi kuadrat dapat dilihat pada Tabel 4.10 di bawah ini.

Tabel 4.10

Hasil Uji Chi Kuadrat

Interval	Nilai Batasan			Ei	Oi	$(O_i - E_i)^2$	Xh^2
1		>	108,78	4,00	5,00	1,00	0,25
2	108,78	< X <=	96,31	4,00	5,00	1,00	0,25
3	96,31	< X <=	79,40	4,00	5,00	1,00	0,25
4	79,40	< X <=	64,30	4,00	5,00	1,00	0,25
5	64,30	<		4,00	0,00	16,00	4
						Jumlah	5,00

Hasil dari uji chi kuadrat adalah 5. Dalam Tabel 2.4 dapat dilihat bahwa nilai kritis untuk kelompok nilai ini adalah 5,591. Maka dari itu dapat diambil kesimpulan bahwa metode log pearson III lolos uji chi kuadrat.

4.4.3.2. Uji Smirnov Kolmogorov

Uji selanjutnya adalah uji *smirnov kolmogorov*. Untuk hasil perhitungan uji *smirnov kolmogorov* ini dapat dilihat pada Tabel 4.11 di bawah ini.

Tabel 4.11

Hasil Uji *Smirnov Kolmogorov*

Tahun	Curah Hujan (mm)	Log Xi	M	P(x)	K	P'(X)	D
2023	121,00	2,083	1	0,048	1,426	0,064	0,02
2017	117,00	2,068	2	0,095	1,246	0,095	0,00
2005	114,00	2,057	3	0,143	1,107	0,130	0,01
2010	112,00	2,049	4	0,190	1,012	0,157	0,03
2006	110,00	2,041	5	0,238	0,915	0,184	0,05
2012	104,00	2,017	6	0,286	0,615	0,294	0,01
2004	103,00	2,013	7	0,333	0,563	0,314	0,02
2020	102,50	2,011	8	0,381	0,537	0,324	0,06
2016	101,00	2,004	9	0,429	0,458	0,355	0,07
2011	100,00	2,000	10	0,476	0,404	0,375	0,10
2007	96,00	1,982	11	0,524	0,185	0,460	0,06
2013	92,00	1,964	12	0,571	-0,043	0,523	0,05
2014	84,25	1,926	13	0,619	-0,515	0,608	0,01
2021	84,00	1,924	14	0,667	-0,530	0,611	0,06
2008	81,00	1,908	15	0,714	-0,725	0,646	0,07
2018	79,00	1,898	16	0,762	-0,859	0,670	0,09
2009	78,00	1,892	17	0,810	-0,928	0,683	0,13
2019	75,00	1,875	18	0,857	-1,138	0,720	0,14
2015	66,50	1,823	19	0,905	-1,783	0,837	0,07
2022	64,50	1,810	20	0,952	-1,947	0,866	0,09
Average		1,97					
Standar Deviasi		0,08					
D Max							0,14
Do							0,294

Berdasarkan Tabel 4.11 ini dapat dilihat bahwa Dmax adalah 0,14. Do kritis diketahui 0,294 jika dilihat pada Tabel 2.5. Dari sini dapat diambil kesimpulan bahwa dalam uji *smirnov kolmogorov* metode distribusi log pearson III dapat dipakai untuk data curah hujan ini. Untuk contoh perhitungan untuk uji *smirnov kolmogorov* ini dapat dilihat di bawah ini.

$$\text{Log Xi} = \text{Log}_{10}(121) = 2,083$$

$$P(x) = M/(n+1) = 1/(20+1) = 0,048$$

$$K = (X - \bar{X})/S = (2,083 - 1,97)/0,08 = 1,426$$

$$P'(x) = 0,064 \text{ (Diambil dari interpolasi Tabel 4.7)}$$

$$D = P(x) - P'(x) = 0,048 - 0,064 = 0,02$$

4.5. Validasi Data Curah Hujan Menggunakan *Hec-ras*

4.5.1. Data Saluran Eksisting dan Curah Hujan

Validasi yang akan dilakukan ini berfungsi untuk menjamin model *Hec-Ras* dengan eksisting sudah benar. Untuk validasi kali ini akan diambil saluran A sampai saluran Q. Semua saluran ini akan disimulasi *Hec-Ras* dengan data hujan sehari sebelum pengukuran untuk melihat apakah hasil perhitungan sama dengan hasil *Hec-Ras*. Untuk data hujan ini diambil dari website nasa, pada tanggal 28 Maret 2024 curah hujan untuk hari itu adalah 66,21 mm sehingga termasuk hujan lebat sesuai dari klasifikasi dari bab 2. Cara mendapatkan data curah hujan melalui web dari nasa dapat dilihat pada lampiran. Setelah data hujan didapatkan maka perhitungan saluran dapat dilakukan dengan menggunakan rumus mononobe dan rumus metode rasional. Hasil dari perhitungan ini dapat dilihat pada Tabel 4.12 di bawah ini.

Tabel 4.12

Data Curah Hujan Untuk Validasi

t (jam)	I (mm/jam)	C	QA1	QA2	QB	QC	QD	QE	QF	QG	QH	QI
1	22,954	0,500	0,128	0,067	0,073	0,057	0,026	0,068	0,058	0,098	0,061	0,061
2	221,616	0,500	1,232	0,647	0,709	0,554	0,246	0,653	0,558	0,946	0,585	0,588
3	169,124	0,500	0,940	0,494	0,541	0,423	0,188	0,498	0,426	0,722	0,447	0,449
4	139,609	0,500	0,776	0,408	0,446	0,349	0,155	0,411	0,351	0,596	0,369	0,371
5	120,312	0,500	0,669	0,351	0,385	0,301	0,134	0,355	0,303	0,513	0,318	0,319
6	106,542	0,500	0,592	0,311	0,341	0,267	0,118	0,314	0,268	0,455	0,281	0,283
7	96,137	0,500	0,535	0,281	0,307	0,241	0,107	0,283	0,242	0,410	0,254	0,255
8	87,948	0,500	0,489	0,257	0,281	0,220	0,098	0,259	0,221	0,375	0,232	0,233
9	81,307	0,500	0,452	0,237	0,260	0,203	0,090	0,240	0,205	0,347	0,215	0,216
10	75,792	0,500	0,421	0,221	0,242	0,190	0,084	0,223	0,191	0,323	0,200	0,201
11	71,126	0,500	0,395	0,208	0,227	0,178	0,079	0,210	0,179	0,304	0,188	0,189
12	67,117	0,500	0,373	0,196	0,215	0,168	0,075	0,198	0,169	0,286	0,177	0,178
13	63,629	0,500	0,354	0,186	0,203	0,159	0,071	0,188	0,160	0,272	0,168	0,169
14	60,562	0,500	0,337	0,177	0,194	0,152	0,067	0,178	0,152	0,258	0,160	0,161
15	57,840	0,500	0,322	0,169	0,185	0,145	0,064	0,170	0,146	0,247	0,153	0,154
16	55,404	0,500	0,308	0,162	0,177	0,139	0,062	0,163	0,139	0,236	0,146	0,147
17	53,209	0,500	0,296	0,155	0,170	0,133	0,059	0,157	0,134	0,227	0,141	0,141
18	51,220	0,500	0,285	0,150	0,164	0,128	0,057	0,151	0,129	0,219	0,135	0,136
19	49,407	0,500	0,275	0,144	0,158	0,124	0,055	0,146	0,124	0,211	0,130	0,131
20	47,746	0,500	0,265	0,139	0,153	0,119	0,053	0,141	0,120	0,204	0,126	0,127
21	46,218	0,500	0,257	0,135	0,148	0,116	0,051	0,136	0,116	0,197	0,122	0,123
22	44,806	0,500	0,249	0,131	0,143	0,112	0,050	0,132	0,113	0,191	0,118	0,119
23	43,498	0,500	0,242	0,127	0,139	0,109	0,048	0,128	0,109	0,186	0,115	0,115
24	42,281	0,500	0,235	0,123	0,135	0,106	0,047	0,125	0,106	0,180	0,112	0,112

t (jam)	I (mm/jam)	C	QJ1	QJ2	QK	QL	QM	QN1	QN2	QO	QP	QQ
1	22,954	0,500	0,038	0,012	0,041	0,041	0,064	0,059	0,077	0,088	0,039	0,057
2	221,616	0,500	0,370	0,117	0,400	0,394	0,622	0,567	0,739	0,850	0,379	0,551
3	169,124	0,500	0,282	0,089	0,306	0,301	0,475	0,433	0,564	0,649	0,289	0,421
4	139,609	0,500	0,233	0,074	0,252	0,248	0,392	0,357	0,466	0,536	0,239	0,347
5	120,312	0,500	0,201	0,064	0,217	0,214	0,338	0,308	0,401	0,462	0,206	0,299
6	106,542	0,500	0,178	0,056	0,193	0,190	0,299	0,272	0,355	0,409	0,182	0,265
7	96,137	0,500	0,160	0,051	0,174	0,171	0,270	0,246	0,321	0,369	0,164	0,239
8	87,948	0,500	0,147	0,046	0,159	0,156	0,247	0,225	0,293	0,337	0,150	0,219
9	81,307	0,500	0,136	0,043	0,147	0,145	0,228	0,208	0,271	0,312	0,139	0,202
10	75,792	0,500	0,126	0,040	0,137	0,135	0,213	0,194	0,253	0,291	0,130	0,189
11	71,126	0,500	0,119	0,038	0,129	0,127	0,200	0,182	0,237	0,273	0,122	0,177
12	67,117	0,500	0,112	0,035	0,121	0,119	0,188	0,172	0,224	0,257	0,115	0,167
13	63,629	0,500	0,106	0,034	0,115	0,113	0,179	0,163	0,212	0,244	0,109	0,158
14	60,562	0,500	0,101	0,032	0,109	0,108	0,170	0,155	0,202	0,232	0,104	0,151
15	57,840	0,500	0,096	0,031	0,105	0,103	0,162	0,148	0,193	0,222	0,099	0,144
16	55,404	0,500	0,092	0,029	0,100	0,099	0,156	0,142	0,185	0,213	0,095	0,138
17	53,209	0,500	0,089	0,028	0,096	0,095	0,149	0,136	0,178	0,204	0,091	0,132
18	51,220	0,500	0,085	0,027	0,093	0,091	0,144	0,131	0,171	0,197	0,088	0,127
19	49,407	0,500	0,082	0,026	0,089	0,088	0,139	0,126	0,165	0,190	0,084	0,123
20	47,746	0,500	0,080	0,025	0,086	0,085	0,134	0,122	0,159	0,183	0,082	0,119
21	46,218	0,500	0,077	0,024	0,084	0,082	0,130	0,118	0,154	0,177	0,079	0,115
22	44,806	0,500	0,075	0,024	0,081	0,080	0,126	0,115	0,149	0,172	0,077	0,111
23	43,498	0,500	0,073	0,023	0,079	0,077	0,122	0,111	0,145	0,167	0,074	0,108
24	42,281	0,500	0,071	0,022	0,076	0,075	0,119	0,108	0,141	0,162	0,072	0,105

Contoh perhitungan untuk mendapatkan data pada Tabel 4.13 dapat dilihat di bawah ini.

Sebagai contoh debit pada saluran A1 di jam pertama akan dihitung.

$$R24 = 66,21 \text{ mm}$$

$$t = 1 \text{ jam}$$

$$I = \frac{R24}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}} = \frac{66,21}{24} \left[\frac{24}{(1)} \right]^{\frac{2}{3}} = 22.954 \text{ mm/jam}$$

$$C = 0,5$$

$$A = 0,04 \text{ Km}^2$$

$$Qa = 0,278 \times C \times I \times A = 0,278 \times 0,5 \times 22,954 \times 0,04 = 0,128 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.5.2. Pengecekan Saluran Eksisting Menggunakan *Hec-ras*

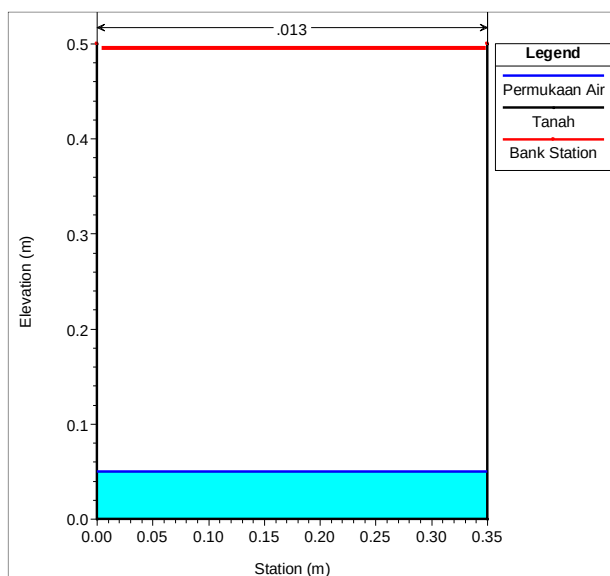
Setelah perhitungan debit curah hujan untuk validasi telah didapatkan, langkah selanjutnya adalah validasi data saluran menggunakan aplikasi *hec-ras*. Untuk validasi ini data yang digunakan sama dengan perhitungan di bab 4.5.1. Jika data saluran dan data curah hujan telah dimasukkan ke dalam program *hec-ras*, maka hasil simulasi saluran akan keluar seperti dibawah ini pada Tabel 4.13 di bawah ini.

Tabel 4.13

Hasil Validasi Saluran dengan *Hec-Ras*

	Tinggi Air <i>Hec-Ras</i> (m)
A1	0,085
A2	0,055
B	0,078
C	0,057
D	0,028
E	0,061
F	0,084
G	0,060
H	0,074
I	0,067
J1	0,052
J2	0,018
K	0,078
L	0,096
M	0,060
N1	0,030
N2	0,030
O	0,139
P	0,066
Q	0,050

Tabel 4.13 ini didapatkan dari melihat hasil *cross section* dari masing-masing saluran setelah 24 jam. Contoh dari hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.7 di bawah ini. Untuk *cross section* saluran sisanya dapat dilihat pada lampiran.



Gambar 4.7 *Cross Section* Saluran Q pada Waktu 24 Jam

4.5.3. Kesimpulan Validasi

Setelah kedua perhitungan dilakukan maka tinggi air pada saat 24 jam setelah hujan dapat dilihat pada Tabel 4.14 di bawah ini. Dari data tersebut dapat dilakukan perbandingan menggunakan rumus *RMSE* (*Root Mean Square Error*).

Tabel 4.14

Hasil Perhitungan *RMSE*

	Tinggi Air <i>Hec-Ras</i> (m)	Tinggi Air Eksisting (m)	(Predicted-Actual)^2
A1	0,085	0,050	0,001
A2	0,055	0,050	0,000
B	0,078	0,050	0,001
C	0,057	0,050	0,000
D	0,028	0,030	0,000
E	0,061	0,100	0,001
F	0,084	0,050	0,001
G	0,060	0,010	0,003
H	0,074	0,050	0,001
I	0,067	0,030	0,001
J1	0,052	0,100	0,002
J2	0,018	0,100	0,007
K	0,078	0,070	0,000
L	0,096	0,030	0,004
M	0,060	0,050	0,000
N1	0,030	0,030	0,000
N2	0,030	0,030	0,000
O	0,139	0,030	0,012
P	0,066	0,050	0,000
Q	0,050	0,050	0,000
		RMSE	0,042

Contoh perhitungan saluran A1

$$(\text{Predicted}-\text{Actual})^2 = (0,055-0,05)^2 = 0,001$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\text{Total}}{\text{Jumlah Data}}} = 0,042$$

Dari hasil perhitungan *RMSE* ini dapat dilihat bahwa nilai *RMSE* adalah 0,042 mendekati 0. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa model *hec-ras* dapat digunakan untuk analisis selanjutnya.

4.6. Analisis Saluran Drainase Eksisting

4.6.1. Analisis Debit Maksimum Saluran

Tahap pertama dalam analisis saluran drainase eksisting adalah menghitung debit maksimum saluran. Dalam tahap ini debit maksimum saluran akan dihitung untuk dibandingkan dengan debit curah hujan maksimum. Hasil perhitungan ini dapat dilihat pada Tabel 4.15 di bawah ini.

Tabel 4.15

Hasil Debit Maksimum Saluran

Saluran	B (cm)	T(cm)	H (cm)	n	Kemiringan	A(m ²)	P(m)	R(m)	v(m/s)	Q (m ³ /s)
1	600	660	230	0,023	0,002	14,490	10,639	1,362	2,389	34,618

Saluran	B (cm)	H (cm)	n	Kemiringan	A(m ²)	P(m)	R(m)	v(m/s)	Q (m ³ /s)
A									
A1	35	35	0,013	0,002	0,123	1,050	0,117	0,821	0,101
A2	35	35	0,013	0,002	0,123	1,050	0,117	0,821	0,101
B	40	70	0,023	0,002	0,280	1,800	0,156	0,562	0,157
C	30	30	0,013	0,002	0,090	0,900	0,100	0,741	0,067
D	60	40	0,023	0,002	0,240	1,400	0,171	0,600	0,144
E	50	25	0,023	0,002	0,125	1,000	0,125	0,486	0,061
F	30	35	0,023	0,002	0,105	1,000	0,105	0,433	0,045
G	40	100	0,013	0,002	0,400	2,400	0,167	1,042	0,417
H	35	60	0,023	0,002	0,210	1,550	0,135	0,513	0,108
I	40	40	0,023	0,002	0,160	1,200	0,133	0,507	0,081
J									
J1	25	25	0,013	0,002	0,063	0,750	0,083	0,656	0,041
J2	25	25	0,013	0,002	0,063	0,750	0,083	0,656	0,041
K	25	35	0,023	0,002	0,088	0,950	0,092	0,397	0,035
L	20	20	0,023	0,002	0,040	0,600	0,067	0,320	0,013
M	50	50	0,023	0,002	0,250	1,500	0,167	0,589	0,147
N									
N1	100	90	0,013	0,002	0,900	2,800	0,321	1,614	1,453
N2	100	90	0,013	0,002	0,900	2,800	0,321	1,614	1,453
O	25	50	0,023	0,002	0,125	1,250	0,100	0,419	0,052
P	30	30	0,023	0,002	0,090	0,900	0,100	0,419	0,038
Q	35	50	0,013	0,002	0,175	1,350	0,130	0,881	0,154

Contoh perhitungan dapat dilihat di bawah ini. Saluran A1 akan digunakan untuk contoh perhitungan debit saluran.

$$B = 0,35 \text{ m}$$

$$H = 0,35 \text{ m}$$

$$n = 0,013 \text{ (Beton)}$$

$$S = 0,002$$

$$A = B \times H = 0,35 \times 0,35 = 0,123 \text{ m}^2$$

$$P = B + 2 \times H = 0,35 + 0,35 \times 2 = 1,05 \text{ m}$$

$$R = A/P = 0,123/1,05 = 0,117 \text{ m}$$

$$v = v = \frac{1}{n} S^{0.5} R^{2/3} = \frac{1}{0,013} 0,002^{0.5} 0,117^{2/3} = 0,821 \text{ m/s}$$

$$Q_{\text{max}} = v \times A = 0,821 \times 0,123 = 0,101 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.6.2. Analisis Debit Curah Hujan Maksimum

Langkah selanjutnya dalam perhitungan saluran adalah menghitung debit curah hujan. Hal pertama yang dilakukan adalah mencari waktu konsentrasi masing-masing saluran. Setelah itu adalah mencari intensitas hujan berdasarkan waktu konsentrasi yang didapatkan. Ketiga adalah memasukkan *catchment area* pada masing-masing saluran. Setelah semua itu telah dilakukan maka debit curah hujan akan dapat dihitung. Perhitungan ini dapat dilihat di bawah ini pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16

Debit Curah Hujan Eksisting

Saluran	B (cm)	T(cm)	H (cm)	L Saluran (m)	C	nd	to	td	tc (menit)	l(mm/jam)	Catchment Area (km2)	Q Curah Hujan	Q Hec Ras	Q Max	Hasil
1	600	660	230	845	0,5	0,2	4,510	5,895	10,405	121,268	0,680	11,462	15,000	15,000	Aman

Saluran	B (cm)	H (cm)	L Saluran (m)	C	nd	to	td	tc (menit)	l(mm/jam)	Catchment Area (km2)	Q Curah Hujan	Q total	Q Hec Ras	Q Max	Hasil
A															
A1	35	35	620	0,5	0,02	2,915	12,581	15,496	92,986	0,040	0,517	1,369	1,750	1,750	Banjir
A2	35	35	380	0,5	0,02	2,687	7,711	10,397	121,326	0,021	0,354	0,812	1,340	1,340	Banjir
B	40	70	370	0,5	0,02	2,675	10,965	13,640	101,243	0,023	0,324	0,324	0,430	0,430	Banjir
C	30	30	406	0,5	0,02	2,716	9,130	11,846	111,218	0,018	0,278	0,278	0,380	0,380	Banjir
D	60	40	154	0,5	0,02	2,310	4,278	6,588	164,462	0,008	0,183	0,495	0,690	0,690	Banjir
E	50	25	365	0,5	0,02	2,669	12,515	15,183	94,260	0,021	0,278	0,278	0,400	0,400	Banjir
F	30	35	322	0,5	0,02	2,613	12,401	15,014	94,965	0,018	0,239	0,239	0,320	0,320	Banjir
G	40	100	606	0,5	0,02	2,904	9,694	12,599	106,746	0,031	0,456	0,950	1,070	1,070	Banjir
H	35	60	404	0,5	0,02	2,714	13,128	15,842	91,629	0,019	0,242	0,242	0,330	0,330	Banjir
I	40	40	300	0,5	0,02	2,583	9,853	12,435	107,678	0,019	0,286	0,286	0,390	0,390	Banjir
J															
J1	25	25	320	0,5	0,02	2,611	8,126	10,737	118,756	0,012	0,198	0,198	0,260	0,260	Banjir
J2	25	25	90	0,5	0,02	2,112	2,285	4,398	215,320	0,004	0,114	0,114	0,140	0,140	Banjir
K	25	35	196	0,5	0,02	2,405	8,237	10,643	119,452	0,013	0,216	0,216	0,270	0,270	Banjir
L	20	20	332	0,5	0,02	2,627	17,309	19,935	78,612	0,013	0,140	0,140	0,190	0,190	Banjir
M	50	50	360	0,5	0,02	2,662	10,189	12,851	105,341	0,020	0,296	0,296	0,410	0,410	Banjir
N															
N1	100	90	200	0,5	0,02	2,414	2,065	4,479	212,722	0,018	0,544	0,544	0,670	0,670	Aman
N2	100	90	223	0,5	0,02	2,458	2,302	4,760	204,243	0,024	0,681	0,681	0,800	0,800	Aman
O	25	50	450	0,5	0,02	2,764	17,904	20,667	76,744	0,028	0,294	0,294	0,400	0,400	Banjir
P	30	30	310	0,5	0,02	2,597	12,334	14,930	95,321	0,012	0,163	0,457	0,700	0,700	Banjir
Q	35	50	330	0,5	0,02	2,624	6,242	8,866	134,922	0,018	0,336	0,336	0,430	0,430	Banjir

Dari Tabel 4.16 dapat terlihat mayoritas dari saluran mengalami banjir dalam perhitungan. Untuk contoh perhitungan dapat dilihat di bawah ini untuk saluran A1.

$R_{24} = 108,777 \text{ mm}$ (Tabel 4.6 Periode Hujan 5 Tahun)

$S = 0,002$

$v = 0,821 \text{ m/s}$ (Dari perhitungan di Tabel 4.15)

$L = 620 \text{ m}$ (Tabel 4.2)

$C = 0,5$ (Tabel 2.9)

$N_d = 0,02$ (Tabel 2.10)

$$t_o = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{N_d}{\sqrt{i}} \right)^{0,167} = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 620 \times \frac{0,02}{\sqrt{0,002}} \right)^{0,167} = 2,915 \text{ menit}$$

$$t_d = \frac{Ls}{60V} = \frac{620}{60 \times 0,821} = 12,581 \text{ menit}$$

$$t_c = t_o + t_d = 2,915 + 12,581 = 15,496 \text{ menit}$$

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}} = \frac{108,777}{24} \left[\frac{24}{15,496/60} \right]^{\frac{2}{3}} = 92,986 \text{ mm/jam}$$

Catchment Area = $0,040 \text{ km}^2$ (Tabel 4.2)

$$Q_{\text{Curah Hujan}} = 0,278 \times C \times I \times A = 0,278 \times 0,5 \times 92,986 \times 0,04 = 0,517 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{total}} = Q_{A1} + Q_C + Q_E + Q_M = 0,517 + 0,278 + 0,278 + 0,296 = 1,369 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (Total diambil dari arah saluran pada Gambar 4.1)}$$

$$Q_{\text{Hec-ras}} = 1,75 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (Dari Analisis Unsteady Flow Hec-ras Bab 4.6.3)}$$

Untuk debit *hec-ras* ini cara pencariannya dapat dilihat pada bab 4.6.3 di Tabel 4.19. Tabel 4.19 merupakan hasil simulasi *hec-ras* dengan dimensi eksisting. Dalam tabel tersebut diambil debit terbesar pada waktu konsentrasi yang terjadi pada masing-masing saluran. Setelah debit hujan didapat maka akan dibandingkan dengan debit saluran eksisting. Hal ini akan dilakukan untuk semua saluran sehingga didapatkan Tabel 4.16.

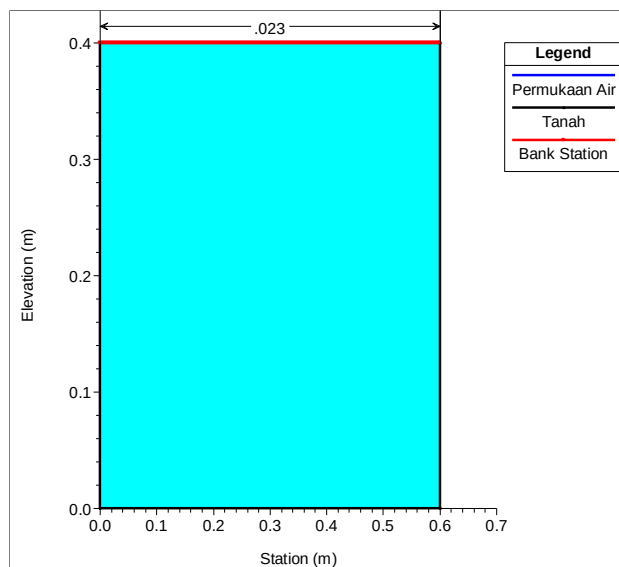
4.6.3. Pengecekan Saluran Drainase Menggunakan *Hec-ras*

Langkah terakhir dalam pengecekan saluran drainase eksisting adalah pengecekan menggunakan *hec-ras*. Dalam aplikasi akan dimasukkan dimensi saluran dengan kemiringan yang sudah dicari. Setelah itu akan dimasukkan debit hujan untuk masing-masing saluran. Debit hujan yang dimasukkan akan menggunakan curah hujan dengan periode 5 tahun sebesar 108,777 mm. Tabel debit hujan ini dapat dilihat pada Tabel 4.17 di bawah ini. Jika semua ini telah dilakukan maka *hec-ras* dapat dijalankan sehingga mengeluarkan hasil saluran eksisting. Contoh hasil untuk saluran D dapat terlihat di potongan pada waktu konsentrasi saluran D tersebut. Konsentrasi pada saluran D adalah 6,588 menit sehingga diambil potongan pada menit ke 6 yang mendekati sehingga didapat Gambar 4.8 di bawah ini.

Tabel 4.17

Data Debit Hujan Saluran D

t (menit)	I (mm/jam)	C	Area (Km2)	Q(m3/s)
1	577,964	0,500	0,018	1,446
2	364,095	0,500	0,018	0,911
3	277,856	0,500	0,018	0,695
4	229,365	0,500	0,018	0,574
5	197,661	0,500	0,018	0,495
6	175,038	0,500	0,018	0,438
7	157,944	0,500	0,018	0,395
8	144,491	0,500	0,018	0,362
9	133,579	0,500	0,018	0,334
10	124,519	0,500	0,018	0,312
11	116,853	0,500	0,018	0,292
12	110,267	0,500	0,018	0,276
13	104,537	0,500	0,018	0,262
14	99,498	0,500	0,018	0,249
15	95,025	0,500	0,018	0,238



Gambar 4.8 Potongan Saluran D Menit ke 6

Dalam potongan ini dapat dilihat bahwa saluran D mengalami banjir. Hasil dari perhitungan saluran D dari *hec-ras* sendiri dapat dilihat pada Tabel 4.18 di bawah ini.

Tabel 4.18

Data Saluran D

Reach	River Station	Q Total	Min Ch El	W,S, Elev	Flow Area	Top Width	Invert Slope
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m ²)	(m)	
D	154	0,59	0,31	1,84	0,92	0,6	0,0019
D	0	0,69	0	1,57	0,94	0,6	

Perhitungan saluran lainnya, cara pengecekan sama dengan metode pada saluran D. Perhitungan saluran lainnya menggunakan cara pengecekan yang sama dengan metode perhitungan pada saluran D. Tabel rangkuman untuk saluran eksisting dapat dilihat pada Tabel 4.19 di bawah ini. Pada Tabel 4.19 telah terangkum hasil simulasi saluran eksisting menggunakan aplikasi *hec-ras* pada waktu konsentrasi masing-masing saluran. Dan untuk gambar potongan saluran sisanya dapat dilihat di lampiran.

Tabel 4.19

Data *Hec-Ras* Saluran Eksisting

Reach	River Station	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Invert Slope
1	845	12	1,69	2,87	7,26	6,31	0,002
	0	15	0	1,31	8,07	6,34	
A1	620	1,34	1,24	6	1,66	0,35	0,002
	0	1,75	0	4,99	1,75	0,35	
A2	380	1,07	0,76	4,47	1,3	0,35	0,002
	0	1,34	0	3,83	1,34	0,35	
B	370	0,32	0,74	2,37	0,65	0,4	0,002
	0	0,43	0	1,76	0,7	0,4	
C	406	0,28	0,81	2,09	0,38	0,3	0,002
	0	0,38	0	1,42	0,43	0,3	
D	154	0,59	0,31	1,84	0,92	0,6	0,0019
	0	0,69	0	1,57	0,94	0,6	
E	365	0,29	0,73	1,87	0,57	0,5	0,002
	0	0,4	0	1,27	0,64	0,5	
F	322	0,24	0,64	2,63	0,6	0,3	0,002
	0	0,32	0	2,11	0,63	0,3	
G	606	0,81	1,21	3,43	0,89	0,4	0,002
	0	1,07	0	2,42	0,97	0,4	
H	404	0,25	0,81	2,35	0,54	0,35	0,002
	0	0,33	0	1,69	0,59	0,35	
I	300	0,3	0,6	2,13	0,61	0,4	0,002
	0	0,39	0	1,63	0,65	0,4	
J1	320	0,2	0,64	1,88	0,31	0,25	0,002
	0	0,26	0	1,35	0,34	0,25	
J2	90	0,12	0,18	0,89	0,18	0,25	0,002
	0	0,14	0	0,73	0,18	0,25	
K	196	0,21	0,39	2,69	0,57	0,25	0,002
	0	0,27	0	2,37	0,59	0,25	
L	332	0,14	0,66	3,02	0,47	0,2	0,002
	0	0,19	0	2,49	0,5	0,2	
M	360	0,3	0,72	1,81	0,54	0,5	0,002
	0	0,41	0	1,21	0,61	0,5	
N1	200	0,6	0,4	0,86	0,46	1	0,002
	0	0,67	0	0,49	0,49	1	
N2	223	0,67	0,45	0,97	0,52	1	0,0019
	0	0,8	0	0,57	0,57	1	
O	450	0,3	0,9	4,13	0,81	0,25	0,002
	0	0,4	0	3,41	0,85	0,25	
P	310	0,54	0,62	5	1,31	0,3	0,002
	0	0,7	0	4,49	1,35	0,3	
Q	330	0,34	0,66	1,83	0,41	0,35	0,002
	0	0,43	0	1,27	0,44	0,35	

4.7. Perencanaan Ulang Saluran Drainase

4.7.1. Desain Saluran Drainase Baru

Dari data-data yang didapat ini, maka desain saluran baru dapat dibuat untuk mencegah banjir. Hal yang dilakukan dalam 2 tahap, pertama yaitu dengan melakukan asumsi ukuran dimensi baru saluran dan menghitung maksimum debit yang dapat dialirkan oleh saluran. Tahap ini dilakukan dengan perhitungan yang dapat dilihat pada Tabel 4.20 di bawah ini.

Tabel 4.20

Perhitungan Desain Saluran *Redesign*

Saluran	B (cm)	H (cm)	n	Kemiringan	A(m ²)	P(m)	R(m)	v(m/s)	Q (m ³ /s)
A1	120	120	0,013	0,002	1,440	3,600	0,400	1,868	2,689
A2	105	105	0,013	0,002	1,103	3,150	0,350	1,709	1,884
B	60	90	0,013	0,002	0,540	2,400	0,225	1,273	0,687
C	60	70	0,013	0,002	0,420	2,000	0,210	1,215	0,510
D	90	80	0,013	0,002	0,720	2,500	0,288	1,500	1,080
E	100	50	0,013	0,002	0,500	2,000	0,250	1,365	0,683
F	60	75	0,013	0,002	0,450	2,100	0,214	1,232	0,554
G	80	110	0,013	0,002	0,880	3,000	0,293	1,519	1,336
H	50	90	0,013	0,002	0,450	2,300	0,196	1,159	0,522
I	70	70	0,013	0,002	0,490	2,100	0,233	1,304	0,639
J1	60	60	0,013	0,002	0,360	1,800	0,200	1,176	0,424
J2	45	45	0,013	0,002	0,203	1,350	0,150	0,971	0,197
K	60	70	0,013	0,002	0,420	2,000	0,210	1,215	0,510
L	60	60	0,013	0,002	0,360	1,800	0,200	1,176	0,424
M	70	70	0,013	0,002	0,490	2,100	0,233	1,304	0,639
O	60	100	0,013	0,002	0,600	2,600	0,231	1,294	0,777
P	100	90	0,013	0,002	0,900	2,800	0,321	1,614	1,453
Q	70	70	0,013	0,002	0,490	2,100	0,233	1,304	0,639

Contoh perhitungan dapat dilihat untuk saluran A1 di bawah ini.

$$B = 120 \text{ cm}$$

$$H = 120 \text{ cm}$$

$$n = 0,013 \text{ (Beton)}$$

$$S = 0,002$$

$$A = B \times H = 1,2 \times 1,2 = 1,440 \text{ m}^2$$

$$P = B + 2 \times H = 1,2 + 1,2 \times 2 = 3,6 \text{ m}$$

$$R = A/P = 1,44/3,6 = 0,4 \text{ m}$$

$$v = v = \frac{1}{n} S^{0.5} R^{2/3} = \frac{1}{0,013} 0,002^{0.5} 0,4^{2/3} = 1,868 \text{ m/s}$$

$$Q_{\max} = v \times A = 1,868 \times 1,44 = 2,689 \text{ m}^3/\text{s}$$

Untuk saluran lainnya cara perhitungannya sama dengan contoh perhitungan saluran A1.

Tahap kedua dari *redesign* ini adalah menghitung debit hujan yang akan terjadi dengan desain saluran yang baru ini. Perhitungan ini dapat dilihat pada Tabel 4.21 di bawah ini.

Tabel 4.21

Perhitungan Rencana Debit Hujan Saluran *Redesign*

Saluran	B (cm)	H (cm)	L Saluran (m)	C	nd	to	td	tc (menit)	I(mm/jam)	Catchment Area (km ²)	Q Curah Hujan	Q total	Q Hec Ras	Q max	Hasil
A1	120	120	620	0,5	0,02	2,915	5,533	8,448	139,331	0,040	0,775	2,021	2,370	2,370	Aman
A2	105	105	380	0,5	0,02	2,687	3,707	6,394	167,780	0,021	0,490	1,326	1,790	1,790	Aman
B	60	90	370	0,5	0,02	2,675	4,846	7,520	150,571	0,023	0,481	0,481	0,600	0,600	Aman
C	60	70	406	0,5	0,02	2,716	5,567	8,284	141,170	0,018	0,353	0,353	0,460	0,460	Aman
D	90	80	154	0,5	0,02	2,310	1,711	4,021	228,556	0,008	0,254	0,643	0,970	0,970	Aman
E	100	50	365	0,5	0,02	2,669	4,456	7,125	156,097	0,021	0,460	0,460	0,590	0,590	Aman
F	60	75	322	0,5	0,02	2,613	4,356	6,970	158,399	0,018	0,399	0,399	0,500	0,500	Aman
G	80	110	606	0,5	0,02	2,904	6,650	9,555	128,358	0,031	0,548	1,190	1,240	1,240	Aman
H	50	90	404	0,5	0,02	2,714	5,808	8,522	138,530	0,019	0,366	0,366	0,460	0,460	Aman
I	70	70	300	0,5	0,02	2,583	3,835	6,417	167,363	0,019	0,444	0,444	0,500	0,500	Aman
J1	60	60	320	0,5	0,02	2,611	4,533	7,144	155,817	0,012	0,260	0,260	0,330	0,330	Aman
J2	45	45	90	0,5	0,02	2,112	1,545	3,657	243,504	0,004	0,129	0,129	0,160	0,160	Aman
K	60	70	196	0,5	0,02	2,405	2,688	5,093	195,244	0,013	0,353	0,353	0,440	0,440	Aman
L	60	60	332	0,5	0,02	2,627	4,703	7,330	153,168	0,013	0,273	0,273	0,350	0,350	Aman
M	70	70	360	0,5	0,02	2,662	4,602	7,264	154,090	0,020	0,433	0,433	0,560	0,560	Aman
O	60	100	450	0,5	0,02	2,764	5,795	8,558	138,136	0,028	0,530	0,530	0,670	0,670	Aman
P	100	90	310	0,5	0,02	2,597	3,201	5,798	179,090	0,012	0,306	0,836	1,210	1,210	Aman
Q	70	70	330	0,5	0,02	2,624	4,218	6,842	160,360	0,018	0,399	0,399	0,500	0,500	Aman

Contoh perhitungan dapat dilihat untuk saluran A1 di bawah ini.

$$R_{24} = 108,777 \text{ mm (Tabel 4.6 Periode Hujan 5 Tahun)}$$

$$S = 0,002$$

$$v = 1,868 \text{ m/s (Dari perhitungan di Tabel 4.20)}$$

$$L = 620 \text{ m (Tabel 4.2)}$$

$$C = 0,5 \text{ (Tabel 2.9)}$$

$$Nd = 0,02 \text{ (Tabel 2.10)}$$

$$t_o = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{nd}{\sqrt{i}} \right)^{0,167} = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 620 \times \frac{0,02}{\sqrt{0,002}} \right)^{0,167} = 2,915 \text{ menit}$$

$$t_d = \frac{Ls}{60V} = \frac{620}{60 \times 1,868} = 5,533 \text{ menit}$$

$$t_c = t_o + t_d = 2,915 + 5,533 = 8,448 \text{ menit}$$

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}} = \frac{108,777}{24} \left[\frac{24}{8,448/60} \right]^{\frac{2}{3}} = 139,331 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Catchment Area} = 0,040 \text{ km}^2 \text{ (Tabel 4.2)}$$

$$Q_{\text{Curah Hujan}} = 0,278 \times C \times I \times A = 0,278 \times 0,5 \times 139,331 \times 0,04 = 0,775 \text{ m}^3/\text{s}$$

$Q_{\text{total}} = Q_{A1} + Q_C + Q_E + Q_M = 0,775 + 0,353 + 0,460 + 0,433 = 2,021 \text{ m}^3/\text{s}$ (Total diambil dari arah saluran pada Gambar 4.1)

$Q_{\text{Hec-ras}} = 2,37 \text{ m}^3/\text{s}$ (Dari Analisis Unsteady Flow *Hec-ras* Bab 4.7.2)

Untuk debit *hec-ras* ini cara pencariannya dapat dilihat pada bab 4.7.2 di Tabel 4.23. Tabel 4.23 merupakan hasil simulasi *hec-ras* dengan dimensi *redesign*. Dalam tabel tersebut diambil debit terbesar pada waktu konsentrasi yang terjadi pada masing-masing saluran. Setelah debit hujan didapat maka akan dibandingkan dengan debit saluran *redesign*. Jika debit hujan yang disimulasikan *hec-ras* masih besar daripada kemampuan saluran *redesign*, maka dimensi saluran akan diperbesar dan simulasi *hec-ras* diulang hingga saluran dapat mengalirkan debit yang dikeluarkan oleh *hec-ras*.

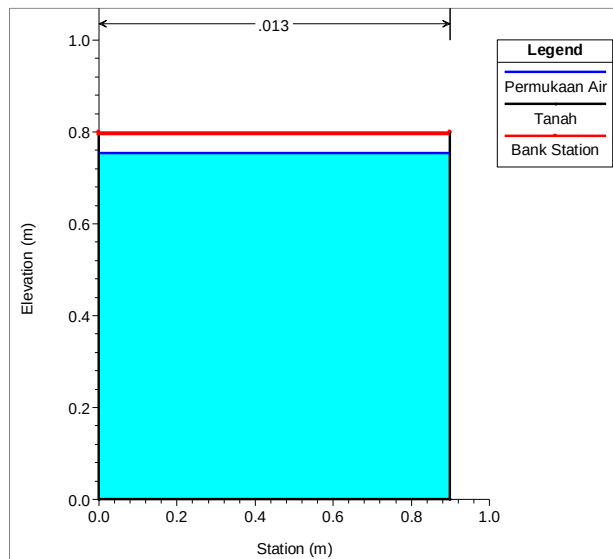
4.7.2. Pengecekan Saluran Drainase Alternatif Menggunakan *Hec-ras*

Perhitungan desain yang dilakukan ini akan di tes menggunakan *hec-ras* sesuai dengan metode yang dilakukan untuk mengecek saluran eksisting. Dalam pengecekan ini hal yang diganti adalah dimensi dari saluran yang telah dibuat. Data debit air yang digunakan diambil dari Tabel 4.21 dan data dimensi saluran diambil dari Tabel 4.20. Dari ini dapat dilihat bahwa desain baru yang telah dihitung mampu mengalirkan debit air hujan tersebut. Contoh dari data dan gambar tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.22 dan Gambar 4.9 di bawah ini.

Tabel 4.22

Data *Redesign* Saluran D

Reach	River Station	Q Total	Min Ch El	W,S, Elev	Flow Area	Top Width	Invert Slope
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m ²)	(m)	
D	154	0,77	0,31	1,03	0,65	0,9	0,002
D	0	0,97	0	0,75	0,68	0,9	



Gambar 4.9 Potongan Saluran D *Redesign* Menit ke 4

Dapat dilihat pada Gambar 4.9 di atas bahwa saluran *redesign* D tidak banjir saat dialiri debit hujan. Untuk tabel data *hec-ras* sisanya dapat dilihat pada Tabel 4.23 di bawah ini. Dan untuk sisa dari gambar potongan dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.23

Data *Hec-Ras* Saluran *Redesign*

Reach	River Station	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Invert Slope
A1	620	1,88	1,24	2,29	1,26	1,2	0,002
	0	2,37	0	1,17	1,41	1,2	
A2	380	1,51	0,76	1,75	1,04	1,05	0,002
	0	1,79	0	1,07	1,13	1,05	
B	370	0,47	0,74	1,46	0,43	0,6	0,002
	0	0,6	0	0,8	0,48	0,6	
C	406	0,37	0,81	1,39	0,35	0,6	0,002
	0	0,46	0	0,65	0,39	0,6	
D	154	0,77	0,31	1,03	0,65	0,9	0,002
	0	0,97	0	0,75	0,68	0,9	
E	365	0,47	0,73	1,14	0,41	1	0,002
	0	0,59	0	0,46	0,46	1	
F	322	0,41	0,64	1,28	0,38	0,6	0,002
	0	0,51	0	0,7	0,42	0,6	
G	606	0,96	1,21	2,13	0,74	0,8	0,002
	0	1,24	0	1,04	0,83	0,8	
H	404	0,36	0,81	1,54	0,37	0,5	0,002
	0	0,47	0	0,82	0,41	0,5	
I	300	0,47	0,6	1,19	0,42	0,7	0,002
	0	0,57	0	0,65	0,45	0,7	
J1	320	0,27	0,64	1,1	0,27	0,6	0,002
	0	0,33	0	0,51	0,31	0,6	
J2	90	0,12	0,18	0,54	0,16	0,45	0,002
	0	0,16	0	0,38	0,17	0,45	
K	196	0,36	0,39	0,98	0,35	0,6	0,002
	0	0,45	0	0,63	0,38	0,6	
L	332	0,29	0,66	1,16	0,3	0,6	0,002
	0	0,35	0	0,55	0,33	0,6	
M	360	0,45	0,72	1,29	0,4	0,7	0,002
	0	0,56	0	0,63	0,44	0,7	
O	450	0,52	0,9	1,69	0,48	0,6	0,002
	0	0,67	0	0,89	0,53	0,6	
P	310	0,99	0,62	1,36	0,74	1	0,002
	0	1,21	0	0,81	0,81	1	
Q	330	0,4	0,66	1,18	0,36	0,7	0,002
	0	0,5	0	0,58	0,4	0,7	