

BAB IV
ANALISIS DAN HASIL PENELITIAN

4.1 Hasil Perolehan Data

4.1.1 Data Curah Hujan

Perumahan Sarua Makmur merupakan daerah lokasi dilakukannya penelitian yang berada pada Kawasan Kota Tangerang Selatan. Langkah pertama yang dilakukan dalam mengetahui curah hujan untuk lokasi setempat adalah dengan mengambil data dari BBWS Ciliwung-Cisadane. Pada lokasi penelitian ini terdapat beberapa titik stasiun hujan yang dipilih diantaranya St.K.Bogor, St.H.FT Universitas Indonesia, St. K. Tangerang Selatan, dan St. M. Soekarno Hatta. Terdapat Letak stasiun hujan dan peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Tabel 4.1 data lokasi stasiun hujan yang dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 4. 1 Titik Lokasi Stasiun Hujan

(Pengolahan Penulis, 2023)

Tabel 4. 1 Data Titik Lokasi Stasiun Hujan

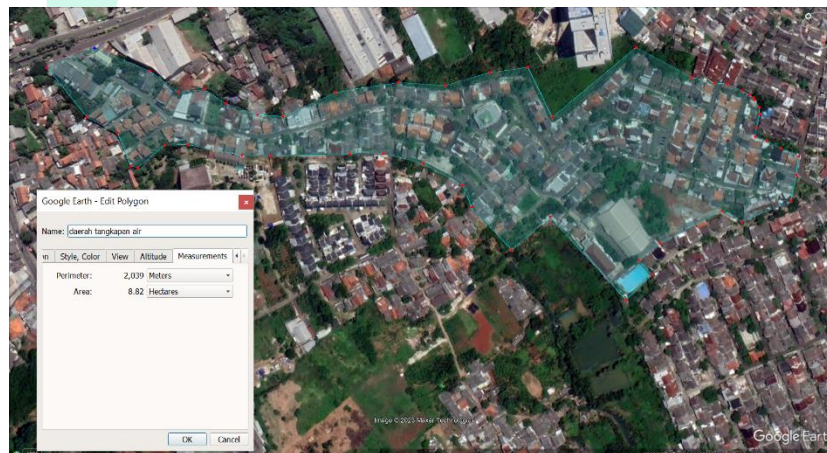
Nama Stasiun / Pos Hujan	Koordinat		Elevasi(Mdpl)	Kab / Kota
	Lintang	Bujur		
St.K.Bogor	-6,50000	106,75000	207	Bogor

St.H_FT Universitas Indonesia	-6,36229	106,82406	69	Depok
St. K. Tangerang Selatan	-6,26151	106,75084	27	Tangerang Selatan
St. M. Soekarno Hatta	-6,12000	106,65000	11	Tangerang

Sumber : Data BMKG dan BBWS Ciliwung-Cisadane

4.1.2 Penelitian Daerah Tangkapan Air

Daerah tangkapan air pada Kawasan Perumahan Sarua Makmur didapatkan dengan menghitung keseluruhan luasan area lokasi penelitian dengan penggunaan aplikasi Google Earth. Luas Perumahan Sarua Makmur sebesar 8,82 ha.



Gambar 4. 2 Daerah Tangkapan Air

(Pengolahan Penulis, 2023)

4.1.3 Survey Lapangan Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi di Perumahan Sarua Makmur yang tergenang air pada 6 oktober 2022. Peristiwa tersebut seringkali terjadi saat tingginya curah hujan yang terjadi di Kawasan ini. Peneliti melakukan survey untuk mengetahui ukuran saluran yang ada pada Perumahan Sarua Makmur. Hasil pengambilan data dimensi saluran terdapat pada tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4. 2 Ukuran Saluran Perumahan Sarua Makmur

Nama Saluran	Ukuran Saluran (m)		Nama Saluran	Ukuran Saluran (m)	
	Lebar	Kedalaman		Lebar	Kedalaman
S1	0,45	0,45	S18	0,3	0,22
S2	0,3	0,3	S19	0,3	0,22
S3	0,45	0,45	S20	0,45	0,45
S4	0,3	0,3	S21	0,5	0,5
S5	0,45	0,45	S22	0,3	0,3
S6	0,45	0,45	S23	0,5	0,5
S7	0,45	0,45	S24	0,3	0,3
S8	0,3	0,3	S25	0,5	0,5
S9	0,3	0,3	S26	0,3	0,3
S10	0,3	0,3	S27	0,5	0,5
S11	0,45	0,45	S28	0,3	0,3
S12	0,45	0,45	S29	0,5	0,5
S13	0,45	0,45	S30	0,3	0,3
S14	0,3	0,3	S31	0,5	0,5
S15	0,3	0,3	S32	0,3	0,3
S16	0,3	0,3	S33	0,3	0,3
S17	0,3	0,22			

Sumber : Survey Penulis, 2023



Gambar 4. 3 Lokasi Penelitian Banjir

(Dokumentasi Pribadi, 2023)

4.2 Analisis Data Hujan

4.2.1 Analisa Curah Hujan dengan Metode Aljabar

Analisis curah hujan bertujuan untuk mengetahui curah hujan maksimum rata-rata harian pada daerah tangkapan (*catchment area*) tersebut dengan menganalisis data curah hujan maksimum harian dari ketiga stasiun hujan yang letaknya berdekatan dengan lokasi penelitian. Metode aljabar sesuai untuk digunakan dalam menganalisis curah hujan tersebut. Pemilihan metode tersebut karena luas daerah penelitian sebesar 1.73 km^2 ($<500 \text{ km}^2$).

Dari hasil nilai perbulan yang didapat dicari nilai curah hujan rata-rata maksimum bulanan pertahun dan didapatkan rekapitulasi curah hujan rata-rata maksimum yang dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Rata-Rata Curah Hujan

No	Tahun	Curah hujan maksimum tahunan (mm)				Rerata Regional
		St.K.Bogor	St.H.FT Universitas Indonesia	St. K. Tangerang Selatan	St. M. Soekarno Hatta	
1	2013	97,4	101,7	96	397,4	173,12
2	2014	169,1	151,5	119,5	104,1	136,05
3	2015	155,8	97,2	117	127,7	124,42
4	2016	108,6	141,5	97	147,6	123,67
5	2017	117,6	105,7	80,2	125,5	107,25
6	2018	134,5	95,2	86,3	85,4	100,35
7	2019	141	122,6	77,4	57	99,5
8	2020	122,9	155,2	208,9	147,9	158,72
9	2021	95,9	132,6	118,9	79,4	106,7
10	2022	155,2	119,4	123,8	150,6	137,25

Sumber : Pengolahan Penulis, 2023

Dari hasil perhitungan, nilai terbesar dari curah hujan rata-rata tahunan yaitu pada tahun 2013 sebesar 173,12 mm dan nilai terkecilnya pada desember tahun 2019 sebesar 99,5 mm.

4.2.2 Analisis Frekuensi Curah Hujan Rencana

Perhitungan dari hasil curah hujan rata-rata maksimum harian tahunan diatas selanjutnya perlu menentukan kemungkinan terulangnya

curah hujan maksimum harian yang akan digunakan dalam menghitung besarnya debit banjir rencana. Dalam penentuan curah hujan yang digunakan dalam menghitung besaran debit banjir rencana berdasarkan dari analisis distribusi curah hujan awal dengan pengukuran dispersi. Perhitungan dispersi terdiri dari perhitungan parameter statistik, yang dilanjut dengan perhitungan logaritma untuk melakukan kecocokan dalam pengujian sebaran. Berikut merupakan hasil dari perhitungan disperse statistik dari ketiga stasiun yang digunakan dengan rentang waktu 10 tahun terdapat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 4 Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata Distribusi Normal Dan Gumbel

No	Tahun	Xi (mm)	(Xi-Xr)	(Xi-Xr) ²	(Xi-Xr) ³	(Xi-Xr) ⁴
1	2013	173	46,4200	2154,8164	100026,5773	4643233,7177
2	2014	136	9,3450	87,3290	816,0897	7626,3586
3	2015	124	-2,2800	5,1984	-11,8524	27,0234
4	2016	124	-3,0300	9,1809	-27,8181	84,2889
5	2017	107	-19,4550	378,4970	-7363,6596	143259,9979
6	2018	100	-26,3550	694,5860	-18305,8147	482449,7461
7	2019	100	-27,2050	740,1120	-20134,7476	547765,8095
8	2020	159	32,0200	1025,2804	32829,4784	1051199,8986
9	2021	107	-20,0050	400,2000	-8006,0015	160160,0600
10	2022	137	10,5450	111,1970	1172,5726	12364,7784
	Jumlah	1267,0500	0,0000	5606,3973	80994,8241	7048171,6792

Sumber : Pengolahan Penulis, 2023

Tabel 4. 5 Hasil Parameter Statistik

Hasil Parameter	
Xr	126,70
S	24,95
Cs	0,72
Ck	3,60
Cv	0,19

Sumber : Pengolahan Penulis, 2023

Tabel 4. 6 Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata Distribusi Log Normal dan Log Person III

No	Tahun	Xi (mm)	Log Xi	(Log Xi - Log Xr)	(Log Xi - Log Xr) ²	(Log Xi - Log Xr) ³	(Log Xi - Log Xr) ⁴
----	-------	---------	--------	-------------------	--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------

1	2013	173	2,2384	0,1428	0,0204	0,0029	0,0004
2	2014	136	2,1337	0,0382	0,0015	0,0001	0,0000
3	2015	124	2,0949	-0,0006	0,0000	0,0000	0,0000
4	2016	124	2,0923	-0,0032	0,0000	0,0000	0,0000
5	2017	107	2,0304	-0,0651	0,0042	-0,0003	0,0000
6	2018	100	2,0015	-0,0940	0,0088	-0,0008	0,0001
7	2019	100	1,9978	-0,0977	0,0095	-0,0009	0,0001
8	2020	159	2,2006	0,1051	0,0110	0,0012	0,0001
9	2021	107	2,0282	-0,0674	0,0045	-0,0003	0,0000
10	2022	137	2,1375	0,0420	0,0018	0,0001	0,0000
Jumlah			20,9553	0,0000	0,0618	0,0019	0,0008

Sumber : Pengolahan Penulis, 2023

Tabel 4. 7 Hasil Parameter Statistik

Hasil Parameter	
Xr	2,09
S	0,08
Cs	0,45
Ck	3,15
Cv	0,03

Sumber : Pengolahan Penulis, 2023

Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan Uji Distribusi

No.	Jenis Sebaran	Hasil Perhitungan	Syarat	Keterangan
1	Normal	0,7235	$C_s = 0$	Mendekati
		3,6038	$C_k = 3$	
2	Log Normal	0,4532	$C_s = C_v^2 + 3C_v = 0,292$	Tidak mendekati
		3,1570	$C_k = 5,383$	
		0,0396	$C_v \sim 0,06$	
3	Log Pearson type III	0,4532	$C_s \neq 0$	Tidak mendekati
		3,1570	$C_k = 5,383$	
		0,0396	$C_v \sim 0,3$	
4	Gumbel	0,7235	$C_s = 1,14$	Tidak mendekati
		3,6038	$C_k = 5,4$	

Sumber : Pengolahan Penulis, 2023

Berdasarkan dari Tabel 4.8 dari hasil perhitungan uji distribusi yang paling mendekati syarat dari pemilihan uji distribusi adalah distribusi Normal, sedangkan untuk distribusi Log Normal, Log Person Tipe III, dan Gumbel tidak mendekati atau memenuhi persyaratan. Distribusi Normal mendekati syarat dikarenakan memiliki nilai selisih terkecil dibandingkan ditribusi lainnya. Nilai data curah hujan secara statistik akan dilakukan pengecekan ulang dengan kertas probabilitas sebagai acuan dalam kesesuaian penggunaan jenis distribusi.

4.2.3 Plotting Data Menggunakan Kertas Grafik

Plotting data pada kertas grafik probabilitas dengan cara membuat plot titik-titik curah hujan seusai data yang diurutkan dari terkecil hingga terbesar sebagai sumbu ordinat, dan nilai probabilitas sebagai sumbu axisnya. Kemudian dibuat garis linier teoritis sebagai penghubung antara titik yang terjauh untuk mengetahui besarnya jarak titik curah hujan berdasarkan pada sumbu x sehingga akan didapatkan nilai probabilitasnya.

Pada kertas probabilitas membuat plotting data menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

$$P(X_1) = \frac{1}{(10+1)} \times 100\% = 9,09\%$$

Dari persamaan diatas contoh dari hasil perhitungan dari probabilitas curah hujan nomor urut 1, dimana nilai tersebut telah diurutkan dari yang terkecil hingga terbesar.

Tabel 4. 9 Hasil Perhitungan Probabilitas Curah Hujan

Sumbu y Xi (mm)	y = ln Rmax	Ranking (m)	Sumbu x $\frac{P=m/(n+1)}{\%}$	T= 1/P (Tahun)
100	5	1	9,09	0,11
100	5	2	18,18	0,06
107	5	3	27,27	0,04
107	5	4	36,36	0,03
124	5	5	45,45	0,02
124	5	6	54,55	0,02

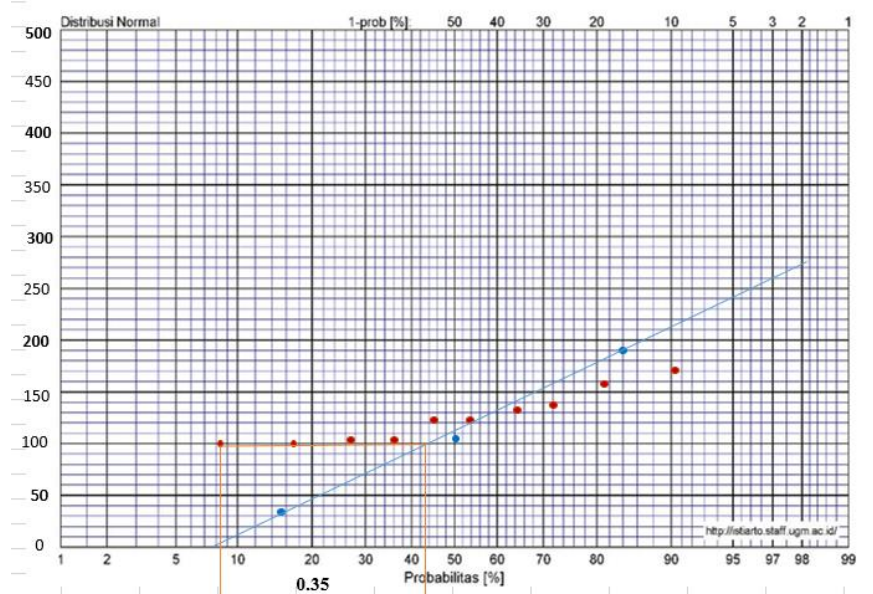
	136	5	7	63,64	0,02
	137	5	8	72,73	0,01
	159	5	9	81,82	0,01
	173	5	10	90,91	0,01
Jumlah	1267	48		500	

Sumber : Pengolahan Penulis, 2023

Tabel 4. 10 Garis Teoritis

Persyaratan	$R_{max} = \text{arc ln } y$ Sumbu Y	Probabilitas (%) Sumbu X
$P(X_{rt-s}) = 15,87\%$	34,611	15,87
$P(X_{rt}) = 50\%$	105,140	50
$P(X_{rt+S}) = 84,14\%$	183,499	84,14

Sumber : Pengolahan Penulis, 2023



Gambar 4. 4 Hasil Plotting Data Curah Hujan Metode Distribusi Normal
(Pengolahan Penulis, 2023)

Dari Grafik kertas probabilitas pada Gambar 4.4 di atas, dapat dicari jarak penyimpanan tiap titik data terhadap garis teoritis. Didapatkan nilai Δ_{maks} sebesar 0,35%, sehingga distribusi normal yang digunakan telah memenuhi syarat yaitu syarat $\Delta_{maks} (0,35) < \Delta_{kritis} (0,41)$.

4.2.4 Pengujian Distribusi Menggunakan Metode *Smirnov-Kolmogorof*

Pada pengujian sebaran dengan metode *Smirnov-Kolmogorof* yang dilakukan yaitu dengan mengurutkan data curah hujan rata-rata maksimum

dari yang terkecil hingga terbesar, dan dilanjutkan dengan menentukan nilai Δ_{Max} . Berikut merupakan tabel hasil dari perhitungan uji distribusi metode Smirnov-Kolmogorof.

Tabel 4. 11 Hasil Uji Distribusi Metode Smirnov-Kolmogorof

Tahun	R max	m	$P=m/n+1$	$P(x<)$	$P' = m/n-1$	$P'(x)$	$D = P'(x) - P(x<)$
2018	100	1	0,091	0,909	0,11111111	0,888889	0,020
2019	100	2	0,182	0,818	0,22222222	0,777778	0,040
2017	107	3	0,273	0,727	0,33333333	0,666667	0,061
2021	107	4	0,364	0,636	0,44444444	0,555556	0,081
2015	124	5	0,455	0,545	0,55555556	0,444444	0,101
2016	124	6	0,545	0,455	0,66666667	0,333333	0,121
2014	136	7	0,636	0,364	0,77777778	0,222222	0,141
2022	137	8	0,727	0,273	0,88888889	0,111111	0,162
2020	159	9	0,818	0,182	1	0	0,182
20	173	10	0,909	0,091	1,11111111	-0,111111	0,202
Jumlah	729					Dmax	0,202
Rata-rata	126,7						
SD	24,95						

Sumber : Pengolahan Penulis, 2023

Perhitungan dari uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorof* dengan jumlah data (n) sebanyak 10 dan nilai derajat kepercayaan (α) adalah 0,05 maka dari tabel 2.8 nilai DKritis sebesar 0,41. Dari hasil tersebut dapat dinyatakan bahwa uji kecocokan distribusi dengan metode *Smirnov-Kolmogorof* telah memenuhi syarat dikarenakan D_{Max} (0,202) < DKritis (0,41).

4.2.5 Pengujian Distribusi Menggunakan Metode Chi-Kuadrat

Pengujian distribusi dengan metode Chi-Kuadrat digunakan untuk mengetahui data yang akan digunakan untuk perencanaan telah memenuhi ketentuan sesuai syarat. Pengujian ini juga dapat melihat kesesuaian data tersebut dengan sebaran empirisnya. Dalam pengujian ini terdiri atas perhitungan jumlah sub kelompok, derajat kebebasan, Ef (jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-i).

$$\begin{aligned}
 K \text{ (Jumlah Sub Kelompok)} &= 1 + 3,3 \text{ Log}(n) \\
 &= 1 + 3,3 \text{ Log} (10)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 4,3 \approx \text{diambil } 4 \\
\text{DK (Derajat Kepercayaan)} &= K - (p+1) \\
&= 4,3 - (2+1) \\
&= 1,3 \approx \text{diambil } 1 \\
\text{Ef} &= \frac{n}{k} = \frac{10}{4} = 2,5 \\
\Delta X &= \frac{X_{max} - X_{min}}{K-1} \\
&= \frac{173-137}{(4-1)} = 12,3 \\
X_{awal} &= X_{min} - \frac{1}{2}\Delta X \\
&= 137 - \frac{1}{2}(12,3) = 94,2
\end{aligned}$$

Berikut merupakan tabel dari hasil uji distribusi dengan metode Chi-Kuadrat.

Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Distribusi Metode Chi-Kuadrat

Kemungkinan	FO	Fe	fo-fe	(fo-fe) ² /fe
94,2 - 106,5	3	2,5	0,5	0,1
106,5 - 118,8	1	2,5	-1,5	0,9
118,8 - 131,1	2	2,5	-0,5	0,1
131,1 - INFINITY	4	2,5	1,5	0,9
Jumlah				2

Sumber : Pengolahan Penulis, 2023

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai X_h^2 adalah 2. Dilihat dari Tabel 2.9 nilai X^2 dengan nilai DK adalah 1, maka nilai X^2 adalah 3,841. Sehingga dari nilai tersebut dinyatakan bahwa uji kecocokan distribusi Metode Chi-Kuadrat telah memenuhi syarat dikarenakan nilai $X_h^2 (2) < X^2 (3,841)$.

4.2.6 Curah Hujan Rencana

Dari hasil perhitungan statistik yang didapat dengan penggunaan distribusi normal, hasil perhitungan curah hujan rata-rata dengan periode kala ulang 2 tahun dan 5 tahun digunakan untuk menghitung curah hujan rencana sesuai dengan acuan Peraturan Menteri PUPR No 12/PRT/M/2014. Berikut merupakan hasil perhitungannya dari rumus 2.9 hujan periode ulang dengan metode distribusi normal.

Tabel 4. 13 Nilai Faktor Frekuensi (K_t)

Periode	T = 2 tahun	T = 5 tahun
K_t	-0,116	0,790

Tabel 4. 14 Perhitungan Curah Hujan rencana

Tr (tahun)	Xr (mm)	K_t	S (mm)	Xt (mm)
2		-0,116		123,8098
5	126,705	0,790	24,9586263	146,4223

Sumber : Pengolahan Penulis, 2023

Hasil dari perhitungan curah hujan rencana ini akan digunakan dalam perhitungan intensitas curah hujan yang akan dimasukkan sebagai parameter dalam software SWMM 5.0.

4.2.7 Intensitas Curah Hujan

Hujan memiliki sifat umum dimana singkatnya durasi ketika hujan berlangsung maka intensitasnya cenderung semakin tinggi dan semakin besar kala ulangnya juga semakin tinggi intensitas hujan yang terjadi. Hubungan antara intensitas, lama hujan dan frekuensi hujan dinyatakan dalam bentuk lengkung IDF (*Intensity-Duration-Frequency Curve*). Dalam melakukan perhitungan intensitas hujan dengan rumus mononobe diperlukan data curah hujan jangka pendek. Mengacu pada SNI 2415:2016 bahwa metode mononobe baik digunakan dalam perhitungan intensitas hujan sesuai pada rumus 2.21. Berikut merupakan hasil perhitungan intensitas hujan metode mononobe pada daerah tangkapan air Perumahan Sarua Makmur untuk periode ulang 2 dan 5 tahun dapat dilihat pada tabel 4.15, beserta grafik kurva IDF pada gambar 4.5.

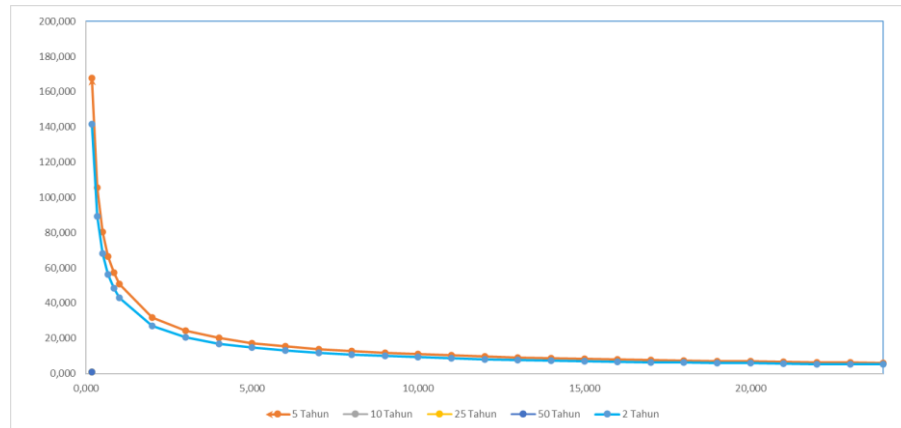
Tabel 4. 15 Perhitungan Intensitas Curah Hujan Rumus Mononobe

Time (jam)	R24	
	R2	R5
	123,810	146,422
0,167	141,727	167,612
0,333	89,282	105,589
0,500	68,135	80,579
0,667	56,244	66,517

0,833	48,470	57,322
1	42,922	50,762
2	27,039	31,978
3	20,635	24,404
4	17,034	20,145
5	14,679	17,360
6	12,999	15,373
7	11,730	13,872
8	10,731	12,690
9	9,920	11,732
10	9,247	10,936
11	8,678	10,263
12	8,189	9,685
13	7,763	9,181
14	7,389	8,739
15	7,057	8,346
16	6,760	7,994
17	6,492	7,678
18	6,249	7,391
19	6,028	7,129
20	5,825	6,889
21	5,639	6,669
22	5,467	6,465
23	5,307	6,277
24	5,159	6,101

Sumber : Pengolahan Penulis, 2023

Dengan lamanya curah hujan (t) dalam 24 jam, tabel dari hasil perhitungan nilai R_{24} dan intensitas curah hujan untuk kala ulang 2 tahun dan 5 tahun sesuai dengan tabel 4.15 sehingga dihasilkan grafik intensitas hujan seperti gambar 4.5 dimana bahwa semakin cepat waktu hujan yang terjadi, maka semakin tinggi intensitas hujannya dan apabila semakin panjang waktu hujannya maka akan semakin rendah nilai intensitas hujannya.



Gambar 4. 5 Kurva IDF Rumus Mononobe Berbagai Periode Ulang
(Pengolahan Penulis, 2023)

4.2.8 Heterograf Hujan Rencana

Dalam mencari besarnya nilai intensitas curah hujan dibutuhkan data curah hujan rencana sebagai dasar perhitungan. Perhitungan intensitas curah hujan yaitu dengan cara pendekatan dengan diagram heterograf, sehingga berdasarkan literatur yang ada bahwa curah hujan rencana yang digunakan adalah dalam periode kala ulang 5 tahun untuk Perumahan Sarua Makmur. Berikut merupakan perhitungan waktu konsentrasi (t_c) yang dibutuhkan oleh air hujan yang jatuh dan mengalir dari titik terjauh perumahan hingga ketempat keluaran saluran dengan persamaan 2.27.

$$t_o = \frac{2}{3} \times 3,28 \times 1730 \times 0,015 / (0,009^{0,5})$$

$$= 0,996 \text{ jam}$$

$$t_d = 1730 / (60 \times 19,154)$$

$$= 0,025 \text{ jam}$$

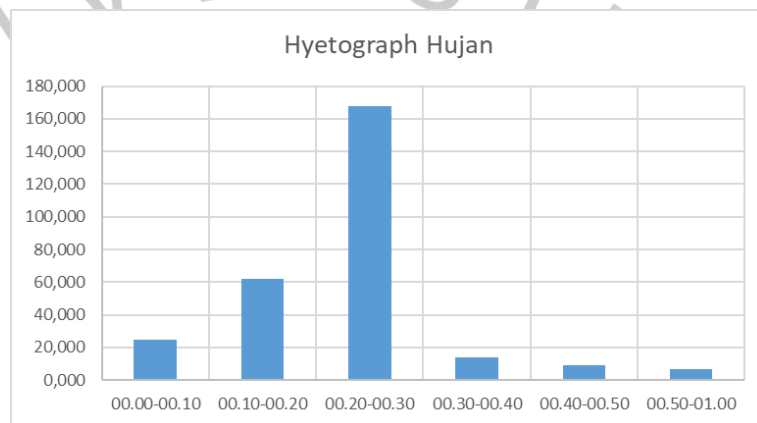
Sehingga, nilai $t_c = 0,996 + 0,025 = 1,02 \text{ jam}$, dibulatkan 1 jam

Berikut merupakan tabel heterograf hujan rancangan periode ulang 5 tahun pada tabel 4.16 dan grafik heterograf periode ulang 5 tahun pada gambar 4.6.

Tabel 4. 16 Perhitungan Heterograf Hujan

Tc	Δt (jam)	It (mm)	Δp (mm)	Heterograf (mm)
0,167	00.00-00.10	167,61	167,61	25,009
0,333	00.10-00.20	105,58	62,02	62,02
0,500	00.20-00.30	80,57	25,009	167,61
0,667	00.30-00.40	66,55	14,06	14,06
0,833	00.40-00.50	57,32	9,19	9,19
1,000	00.50-01.00	50,76	6,56	6,56

Sumber : Pengolahan Penulis, 2023

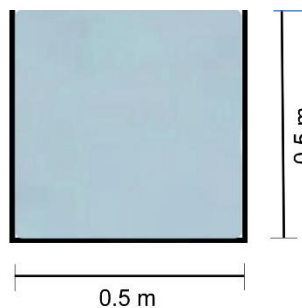


Gambar 4. 6 Grafik Heterograf Hujan

(Pengolahan Penulis, 2023)

4.2.9 Analisis Debit Banjir Metode *Flood Marking*

Analisis debit banjir metode *flood marking* merupakan metode berdasarkan kondisi pada saat banjir pada tanggal 6 oktober 2022 seperti gambar 4.3, diambil sampel pada saluran dengan ukuran 0,5 m x 0,5 m yang terisi penuh seperti ilustrasi pada gambar 4.7.



Gambar 4. 7 Saluran Ukuran 0,5m x 0,5 m Terisi Penuh

(Sumber : Pengolahan Penulis, 2023)

Sehingga debit saluran (Q) untuk saluran terbuka persegi panjang dapat dihitung dengan persamaan manning rumus dari 2.35.

➤ Luas Penampang Saluran (A)

$$\begin{aligned} A &= B \times h \\ &= 0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \\ &= 0,25 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

➤ Keliling Basah Saluran (P)

$$\begin{aligned} P &= B + 2 \times h \\ &= 0,5 + (2 \times 0,5 \text{ m}) \\ &= 1,5 \text{ m} \end{aligned}$$

➤ Jari-Jari Hidrolis

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,25 \text{ m}^2}{1,5 \text{ m}} = 0,166667 \text{ m}$$

➤ Kecepatan Aliran (V)

$$V = 2,855 \text{ m/s (pengukuran lapangan)}$$

➤ Debit Saluran

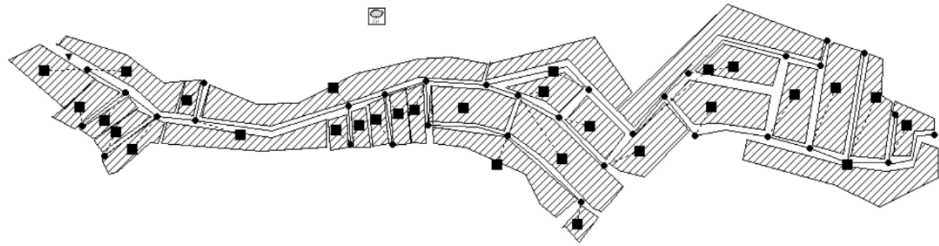
$$\begin{aligned} Q &= V \times A \\ &= 2,855 \text{ m/s} \times 0,25 \text{ m}^2 \\ &= 0,713 \text{ m}^3/\text{s}. \end{aligned}$$

Jadi, pada saluran dengan ukuran 0,5 m x 0,5 m nilai debit saluran (Q) menggunakan metode *flood marking* sebesar 0,713 m³/s.

4.3 Analisis Debit Banjir dengan SWMM 5.0

4.3.1 Pembagian Subcatchment

Perumahan Sarua Makmur terdiri dari 30 subcatchment area yang berdasarkan arah aliran saluran dan elevasinya. Sebagian dari pembangian *subcatchmentnya* memiliki daerah *impervious* 60% karena merupakan daerah pemukiman dan memiliki sedikit daerah *pervious* yang berupa halaman rumah dan taman.



Gambar 4. 8 Pembagian Subcatchment Perumahan Sarua Makmur
(SWMM 5.0 Pengolahan Penulis, 2023)

Tabel 4. 17 Parameter Subcatchment

Nama	Luas (ha)	Outlet	% Impervious	Nama	Luas (ha)	Outlet	% Impervious
S1	0,22	17.	60%	S16	0,1	33.	60%
S2	0,1	26.	60%	S17	0,1	16.	60%
S3	0,46	13.	60%	S18	0,1	32.	60%
S4	0,28	25.	60%	S19	0,1	15.	60%
S5	0,42	24.	60%	S20	0,26	14.	60%
S6	0,24	4.	60%	S21	0,1	31.	60%
S7	0,19	3.	60%	S22	0,1	31.	60%
S8	0,1	2.	60%	S23	0,1	30.	60%
S9	0,17	5.	60%	S24	0,1	12.	60%
S10	0,16	22.	60%	S25	0,1	11.	60%
S11	0,25	6.	60%	S26	0,22	10.	60%
S12	0,19	7.	60%	S27	0,33	9.	60%
S13	0,14	8.	60%	S28	0,25	28.	60%
S14	0,12	9.	60%	S29	0,1	27.	60%
S15	0,1	17.	60%	S30	0,33	3.	60%

Sumber : Pengolahan Penulis, 2023

4.3.2 Pembuatan Model Jaringan

Dalam mensimulasikan SWMM dibutuhkan pemodelan jaringan yang sesuai dengan kondisi lapangan. Parameter jaringan drainase yang dimasukkan dalam permodelan diantaranya adalah *subcatchment area*, *junction*, *conduit*, *outfall* dan *rain gage*. Pada Perumahan Sarua Makmur terdapat 30 *subcatchment*, 34 *junction*, 33 *conduit*, 1 *outfall* dan 1 *rain gage*.

Dilakukan survey dalam pembuatan model jaringan untuk memperhatikan kondisi eksisting jaringan drainase yang dimana data tersebut akan menjadi parameter dalam permodelan SWMM 5.0. Beberapa parameter lain yang digunakan dalam pengimputan permodelan SWMM 5.0 diantaranya kemiringan suatu wilayah subcatchment (*%slope*), 0,013 nilai konstanta manning untuk daerah *pervious (N-pervious)* dan 0,1 *impervious (N-Impervious)*, 0,05 kedalaman *depression storage* pada daerah *pervious (Dstore-perv)* dan *impervious (Dstore-imperv)*, dan 25% daerah *impervious* yang tidak memiliki *depression storage (%zero impervious)*.

Untuk mencari nilai kemiringan suatu wilayah *subcatchment (% slope)* dengan menggunakan rumus ((elevasi tertinggi-elevasi terendah)/ jarak) x 100%. Berdasarkan nilai parameter *subcatchment* Perumahan Sarua Makmur nilai *N-Impervious* yang digunakan sebesar 0,013 dikarenakan Sebagian lahan tertutup plesteran semen sedangkan nilai *N-pervious* yang digunakan sebesar 0,1 dikarenakan beberapa lahan tertutup tanaman dan rumput. Setelah itu nilai parameter tersebut diinput kedalam SWMM 5.0 untuk menjalankan simulasinya.

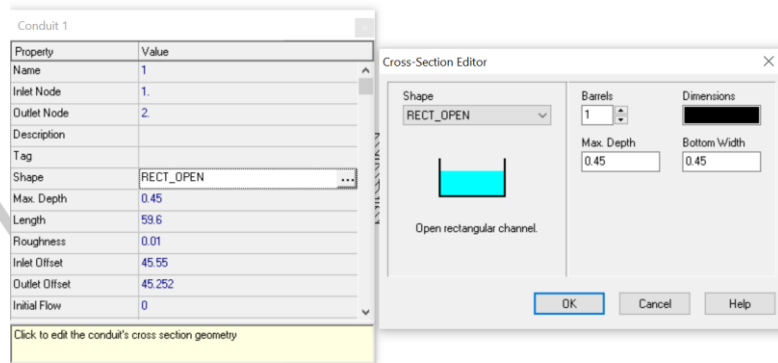
Pada *Junction* parameter yang dimasukan adalah *invert elevation*, yaitu elevasi dari saluran drainase eksisting. Nilai *invert.el* dimasukan dari elevasi tertinggi hingga terendah pada *junction*. Nilai elevasi tertinggi pada *junction 35*. sebesar 45,55 m, sedangkan elevasi terendahnya pada *junction 17*. sebesar 40,5 m.

Property	Value
Name	35
X-Coordinate	13979.592
Y-Coordinate	4768.089
Description	
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert El	45.55
Max. Depth	0
Initial Depth	0
Surcharge Depth	0
Ponded Area	0
Elevation of junction's invert (m)	

Gambar 4. 9 Parameter *Junction 35*.

(SWMM 5.0 Pengolahan Penulis, 2023)

Parameter *conduit* yang dimasukkan dalam simulasi adalah bentuk saluran (*shape*) dan panjang saluran (*length*). Bentuk saluran kondisi eksisting dilapangan yang ada pada Perumahan Sarua Makmur yaitu persegi panjang terbuka (*Rectangular open*).

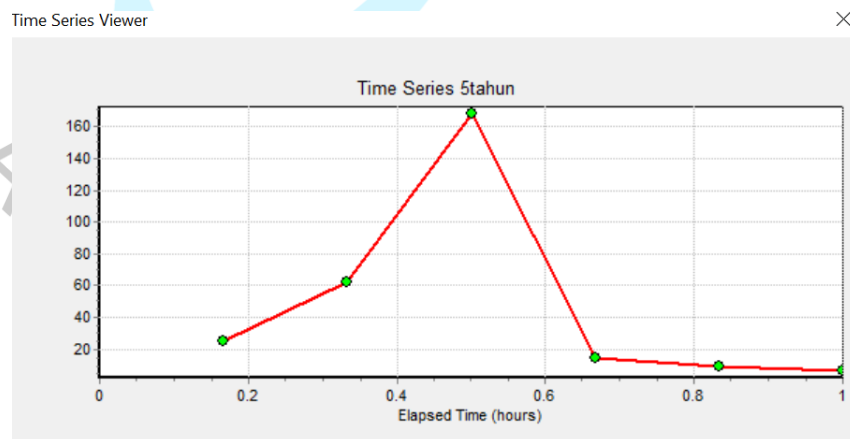


Gambar 4. 10 Parameter *Conduit* 1

(SWMM 5.0 Pengolahan Penulis, 2023)

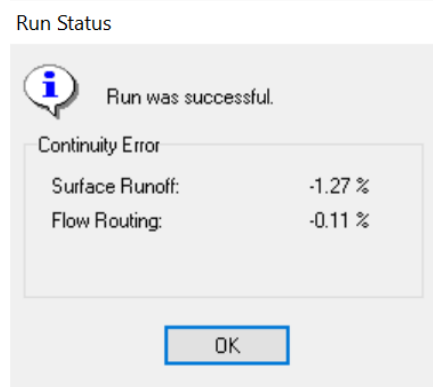
4.3.3 Simulasi Aliran Pada Time Series

Dalam mensimulasikan model jaringan drainase yang telah dibuat, *rain gage* digunakan sebagai pemberi hujan rencana dalam permodelan tersebut. Data yang dimasukkan dalam *time series* adalah perhitungan heterograf dari curah hujan rencana kala ulang 5 tahun yang terdapat pada Tabel 4.16.



Gambar 4. 11 Grafik Curah Hujan

(SWMM 5.0 Pengolahan Penulis, 2023)



Gambar 4. 12 Hasil Simulasi Jaringan Drainase Perumahan Sarua Makmur
(SWMM 5.0 Pengolahan Penulis, 2023)

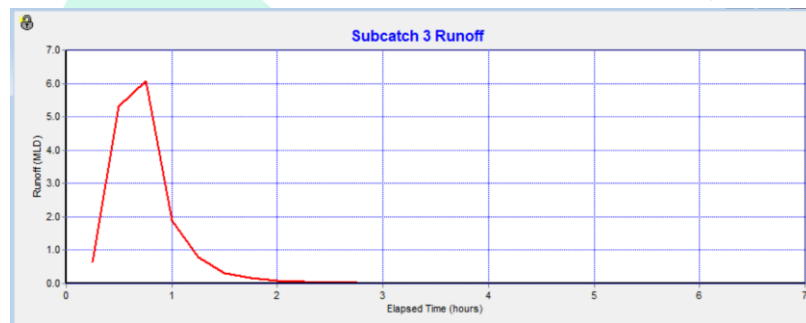
Menurut Rossman (2004), apabila nilai *continuity error* <10% maka hasil simulasi tersebut baik. Berdasarkan simulasi yang dijalankan didapatkan hasil *continuity error* untuk limpasan (*surface runoff*) sebesar -1,27% dan penelurusan aliran (*flow routing*) sebesar -0,11%, maka hasil simulasi yang dihasilkan termasuk baik.

Tabel 4. 18 Hasil Simulasi Limpasan Perumahan Sarua Makmur

<i>Subcathment</i>	Puncak Debit (m^3/s)	<i>Subcathment</i>	Puncak Debit (m^3/s)
1	0,096	16	0,044
2	0,044	17	0,043
3	0,19	18	0,032
4	0,123	19	0,044
5	0,18	20	0,113
6	0,098	21	0,042
7	0,08	22	0,043
8	0,044	23	0,043
9	0,072	24	0,043
10	0,068	25	0,043
11	0,111	26	0,044
12	0,079	27	0,13
13	0,06	28	0,108
14	0,052	29	0,043
15	0,044	30	0,141

Sumber : SWMM 5.0 Pengolahan Penulis, 2023

Berdasarkan dari hasil simulasi dari total hujan sebesar 146,422 mm selama hujan efektif 1 jam, puncak debit yang terjadi pada daerah *subcatchment* memiliki rata-rata sebesar 0,076 m^3/s . Perbedaan besarnya total limpasan pada setiap *subcatchment* dikarenakan perbedaan dari luasan area dan luasan daerah kedap air (*impervious*) pada masing-masing *subcatchment*. Semakin luasnya area *impervious* mempengaruhi besarnya curah hujan akan menjadi limpasan. Berdasarkan tabel 4.20, pada *subcatchment* 3 memiliki nilai puncak debit tertinggi sebesar 0,19 $m^3/detik$ dengan total limpasan sebesar 46,97 mm. Grafik pergerakan debit limpasan terhadap waktu pada *subcatchment* 3 terdapat pada gambar 4.12.

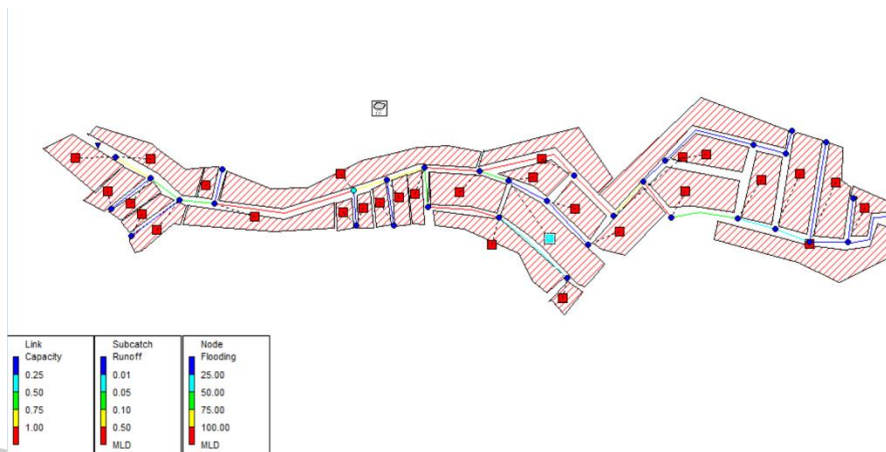


Gambar 4. 13 Grafik Pergerakan Debit Limpasan Terhadap Waktu Pada Subcatchment 3

(SWMM 5.0 Pengolahan Penulis, 2023)

Debit limpasan yang mengalir pada setiap saluran memiliki hasil yang berbeda-beda, tergantung pada letak saluran, kekasaran saluran, elevasi saluran, dan dimensi saluran. Dari 33 saluran yang ada pada permodelan ini, debit aliran maksimum terbesar berada pada saluran C31 sebesar 0.715 m^3/s . Saluran C31 adalah saluran terakhir yang berhubungan langsung dengan titik muara saluran. Maka dari itu, wajar apabila saluran tersebut memiliki debit aliran maksimum terbesar diantara saluran yang lainnya dikarenakan saluran C31 merupakan tempat berkumpulnya limpasan dari seluruh permukaan pada Perumahan Sarua Makmur. Untuk saluran dengan debit aliran paling kecil terdapat pada saluran C1 dengan aliran maksimum sebesar 0.044 m^3/s .

4.4. Analisa Simulasi Aliran Limpasan



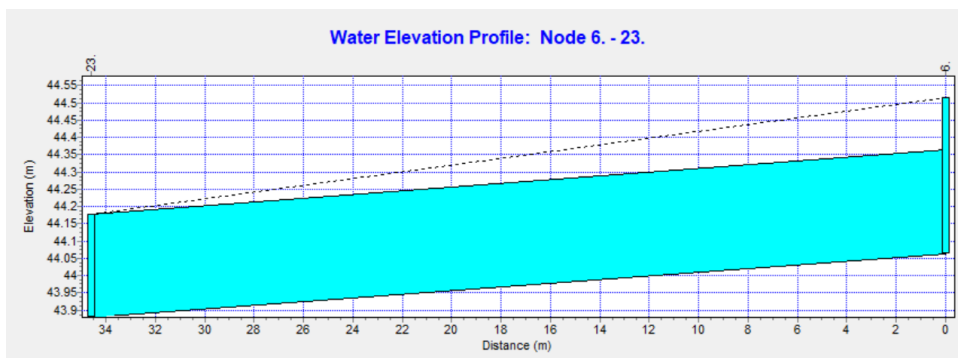
Gambar 4. 14 Simulasi Aliran Limpasan
(SWMM 5.0 Pengolahan Penulis, 2023)

Berdasarkan dari gambar 4.14 hasil simulasi aliran limpasan terdapat beberapa saluran yang kedalaman alirannya terisi penuh hingga 100%. Saluran yang terisi penuh terdapat pada garis yang berwarna merah. Terdapat 6 saluran berwarna merah baik pada saluran primer dan saluran sekunder. Saluran tersebut adalah saluran C10, C15, C16, C18, C20 dan C25. Dimensi daripada saluran tersebut terdapat pada tabel 4.21 berikut.

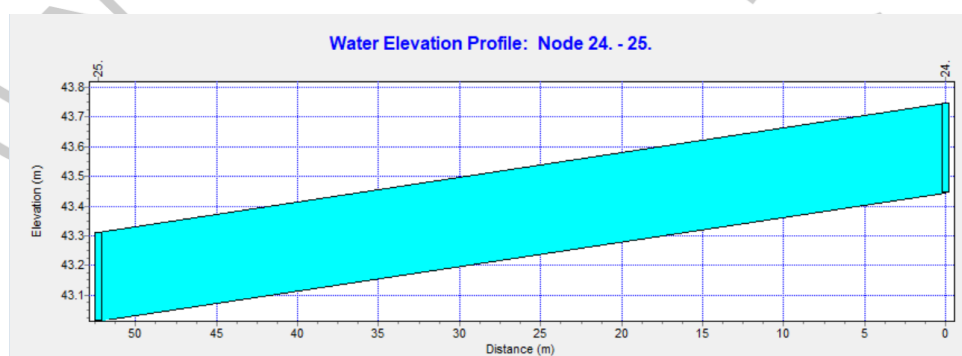
Tabel 4. 19 Hasil Simulasi Limpasan Perumahan Sarua Makmur

Nama Saluran	Lebar Saluran (m)	Kedalaman Saluran (m)
C10	0,30	0,30
C15	0,3	0,3
C16	0,3	0,3
C18	0,3	0,22
C20	0,45	0,45
C25	0,5	0,5

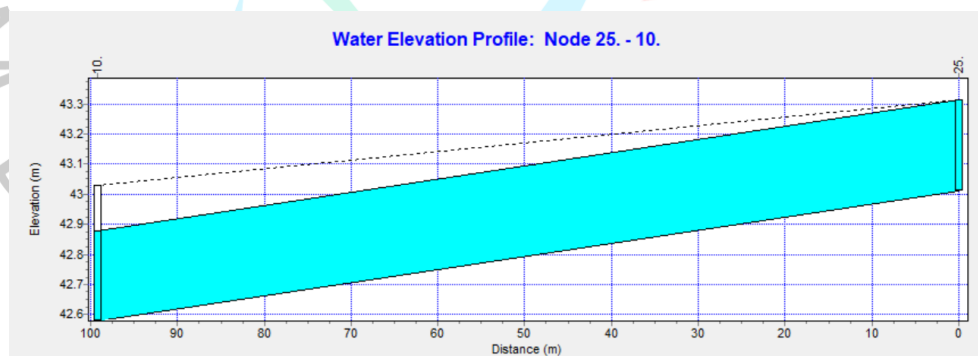
Sumber : Survey Penulis, 2023



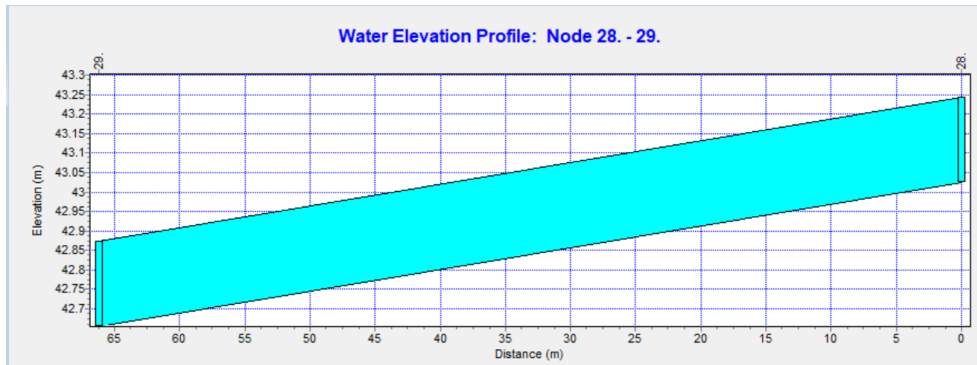
Gambar 4. 15 Profil Saluran C10
(SWMM 5.0 Pengolahan Penulis, 2023)



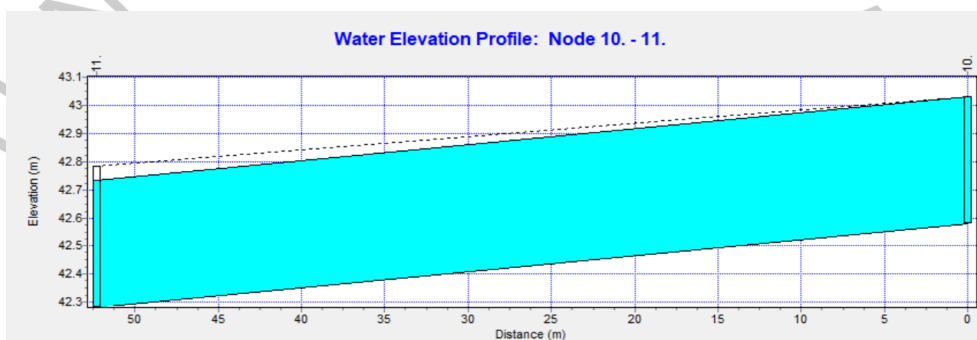
Gambar 4. 16 Profil Saluran C15
(SWMM 5.0 Pengolahan Penulis, 2023)



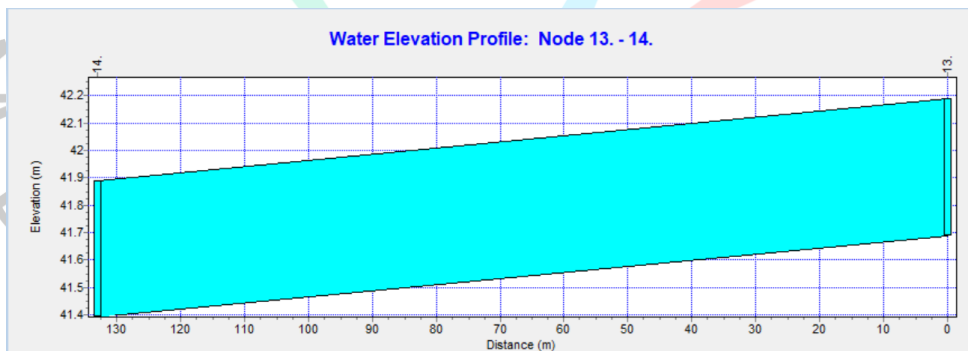
Gambar 4. 17 Profil Aliran C16
(SWMM 5.0 Pengolahan Penulis, 2023)



Gambar 4. 18 profil Aliran C18
(SWMM 5.0 Pengolahan Penulis, 2023)



Gambar 4. 19 Profil Aliran C19
(SWMM 5.0 Pengolahan Penulis, 2023)



Gambar 4. 20 Profil Saluran C25
(SWMM 5.0 Pengolahan Penulis, 2023)

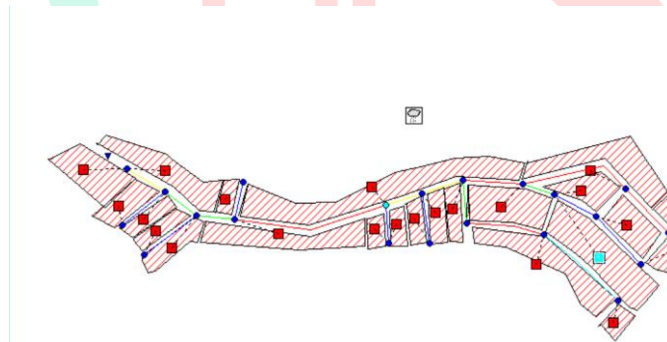
Berdasarkan gambar diatas bahwa saluran C10, C15, C16, C18, C20 dan C25 merupakan saluran yang terisi penuh dikarenakan saluran tidak dapat menampung air limpasan. Elevasi air tertinggi menyebabkan saluran tersebut terisi penuh yang terjadi diantara 30 menit pertama sampai 15 menit selanjutnya.

4.5 Perbandingan Limpasan Aliran Kondisi Lapangan dan Hasil Simulasi SWMM 5.0

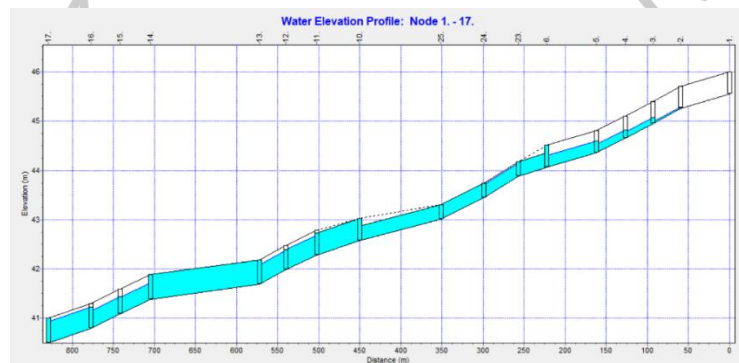


Gambar 4. 21 Limpasan Aliran Kondisi Lapangan (Google earth, 2023)

Informasi mengenai daerah limpasan aliran kondisi lapangan pada Perumahan Sarua Makmur yang diilustrasikan pada gambar 4.21 didapatkan secara langsung dari Bapak Aditya selaku perwakilan RW 10. Dimana daerah tersebut memiliki elevasi rendah dibandingkan dengan elevasi sekitaran Perumahan tersebut.



Gambar 4. 22 Limpasan Aliran Hasil Simulasi SWMM (SWMM 5.0)



Gambar 4. 23 Muka Air Simulasi SWMM 5.0 (SWMM 5.0)

Dari permodelan sistem drainase pada SWMM 5.0 dengan memasukan parameter dimensi saluran hasil survey lapangan, bahwa hasil simulasi tidak sesuai dengan limpasan aliran kondisi lapangan.

Tabel 4. 20 *Limpasan Aliran Kondisi Lapangan dan Hasil Simulasi SWMM*

Saluran	Dimensi (m)	Kemiringan (m)	Kondisi Lapangan	Hasil Simulasi SWMM
C12	0,45 m x 0,45 m	0,007	Banjir	Tidak banjir
C13	0,45 m x 0,45 m	0,005	Banjir	Tidak banjir
C19	0,3 m x 0,22 m	0,009	Banjir	Tidak banjir
C21	0,5 m x 0,5 m	0,01	Banjir	Tidak banjir
C23	0,5 m x 0,5 m	0,009	Banjir	Tidak banjir
C27	0,5 m x 0,5 m	0,008	Banjir	Tidak banjir
C29	0,5 m x 0,5 m	0,008	Banjir	Tidak banjir
C31	0,5 m x 0,5 m	0,005	Banjir	Tidak banjir

Sumber : Penulis, 2023

Berdasarkan hasil simulasi pada SWMM 5.0 bahwa faktor dimensi saluran dan kemiringan saluran berpengaruh terhadap limpasan aliran. Apabila berdasarkan kondisi lapangan, faktor yang berpengaruh diantaranya dimensi saluran, kemiringan saluran serta kondisi sedimentasi pada saluran.



Gambar 4. 24 Saluran Pengambilan Data Dimensi

(Dokumentasi Pribadi, 2023)



Gambar 4. 25 Kondisi Saluran Beberapa Titik
(Dokumentasi Pribadi, 2023)

Pada survey untuk pengambilan data penampang melintang hanya dilakukan 1 penampang untuk satu saluran. Hal tersebut menyebabkan kondisi lapangan tidak sama dengan hasil simulasi SWMM 5.0 dikarenakan kondisi lapangan dipengaruhi sedimen (pendangkalan saluran) pada beberapa titik saluran. Pada hasil simulasi SWMM 5.0 penampang melintang di simulasikan menggunakan ukuran saluran dengan kondisi tanpa sedimen. Hal ini yang menyebabkan hasil dari kondisi lapangan dengan simulasi SWMM 5.0 mengalami perbedaan di beberapa titik saluran.

4.6 Evaluasi dan Perbaikan Saluran Drainase

Evaluasi sistem jaringan drainase yang ada digunakan untuk mengetahui saluran-saluran yang tidak mampu untuk menampung debit air hujan pada intensitas tertentu. Apabila dimensi eksisting saluran kurang dari dimensi rencana, maka saluran tersebut perlu direncanakan ulang. Berdasarkan hasil evaluasi dengan simulasi SWMM 5.0 pada Perumahan Sarua Makmur, diketahui bahwa salah satu penyebab terjadinya genangan air pada daerah penelitian diakibatkan karena kapasitas saluran untuk menampung debit rancangan tidak mencukupi. Maka dari itu dilakukan perbaikan dengan membuat U-ditch. Pembuatan U-ditch bertujuan untuk mempermudah dalam perbaikan saluran.

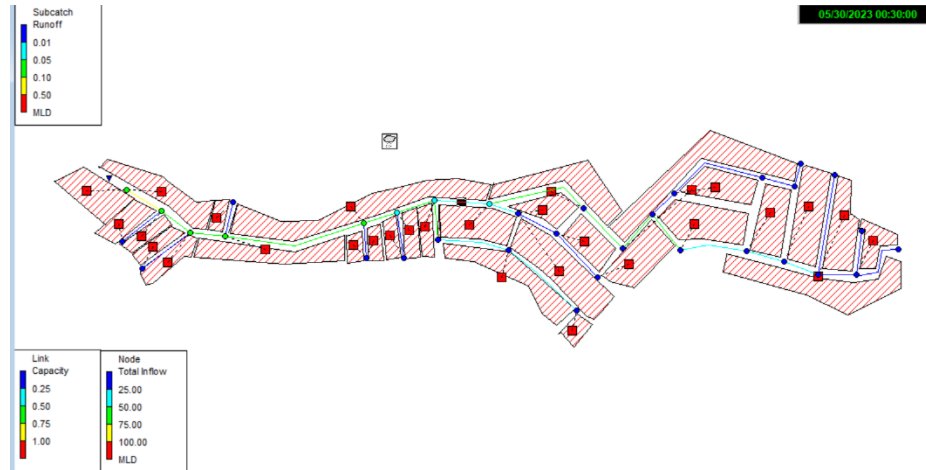
Tabel 4. 21 *Dimensi Saluran Awal dan Rencana*

Nama Saluran	Parameter Awal		Parameter Rencana	
	Lebar (m)	Kedalaman (m)	Lebar (m)	Kedalaman (m)
C10	0,3	0,3	0,4	0,4
C15	0,3	0,3	0,4	0,4
C16	0,3	0,3	0,4	0,5
C18	0,3	0,22	0,3	0,3
C20	0,45	0,45	0,6	0,6
C25	0,5	0,5	0,6	0,6

Sumber : SWMM 5.0 Pengolahan Penulis, 2023

Berdasarkan tabel 4.22 dapat diketahui perbaikan dimensi rencana untuk saluran drainase sesuai dengan tabel standar ukuran U-ditch yang spesifikasinya standar desain SNI 1725:2016. Perbaikan saluran drainase dilakukan dengan membongkar saluran drainase yang terdahulu kemudian meletakkan segmen U-ditch dengan ukuran yang telah disesuaikan. Antar segmen U-ditch disambungkan dengan mencocokkan sambungan pada sisi segmen dengan segmen lainnya dan sambungan tersebut ditutup dengan mortar semen.

Saluran terbuka yang telah direncanakan pada C10, C15, C16, C18, C20 dan C25 setelah dilakukan perbaikan dimensi dengan menggunakan U-ditch dan disimulasikan kembali pada SWMM 5.0 dapat diketahui bahwa debit maksimum pada saluran-saluran tersebut sudah dapat menampung debit dengan kapasitas yang lebih besar.



Gambar 4. 26 Hasil Simulasi Perbaikan Saluran
(SWMM 5.0 Pengolahan Penulis, 2023)

Tabel 4. 22 Kapasitas Saluran Parameter Awal

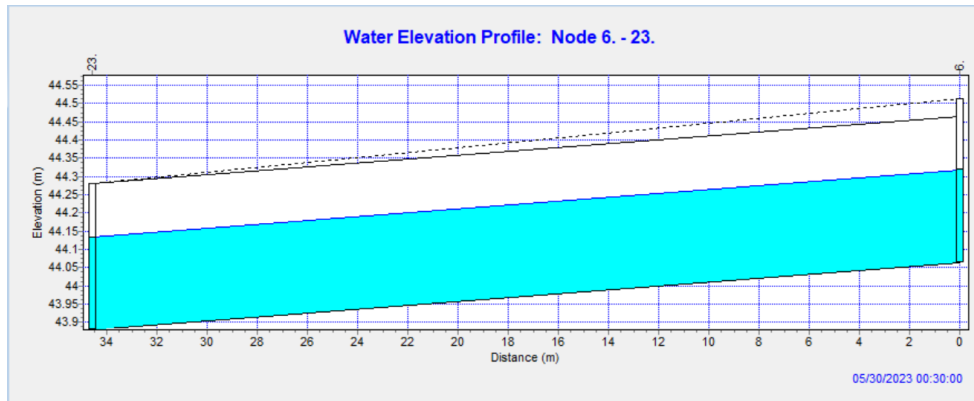
Nama Saluran Kritis	Parameter Awal		
	Flow (m^3/s)	Depth (m)	Capacity
C10	0,141	0,3	1
C15	0,176	0,3	1
C16	0,128	0,32	1
C18	0,076	0,22	1
C20	0,43	0,45	1
C25	0,357	0,5	1

Sumber : SWMM 5.0 Pengolahan Penulis, 2023

Tabel 4. 23 Kapasitas Saluran Parameter Rencana

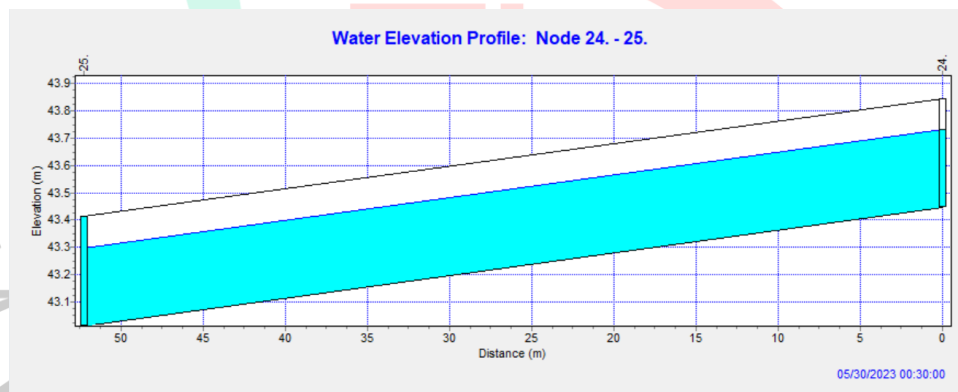
Nama Saluran	Parameter Rencana		
	Flow (m^3/s)	Depth (m)	Capacity
C10	0,171	0,25	0,64
C15	0,246	0,28	0,71
C16	0,267	0,3	0,65
C18	0,081	0,18	0,45
C20	0,487	0,3	0,5
C25	0,521	0,43	0,72

Sumber : SWMM 5.0 Pengolahan Penulis, 2023



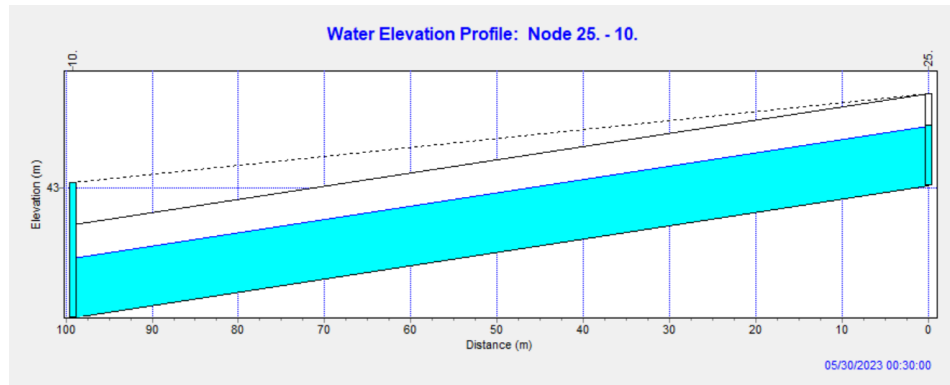
Gambar 4. 27 Profil Saluran C10 Setelah Perbaikan
(SWMM 5.0 Pengolahan Penulis, 2023)

Saluran C7 terdapat diantara node 6. dan 23.. Kapasitas awal saluran adalah 1, setelah dilakukan perbaikan dimensi saluran dengan penggunaan U-ditch berukuran 0,4 m x 0,4 m, kapasitas saluran menjadi 0,64 sehingga saluran tersebut sudah tidak terisi penuh.



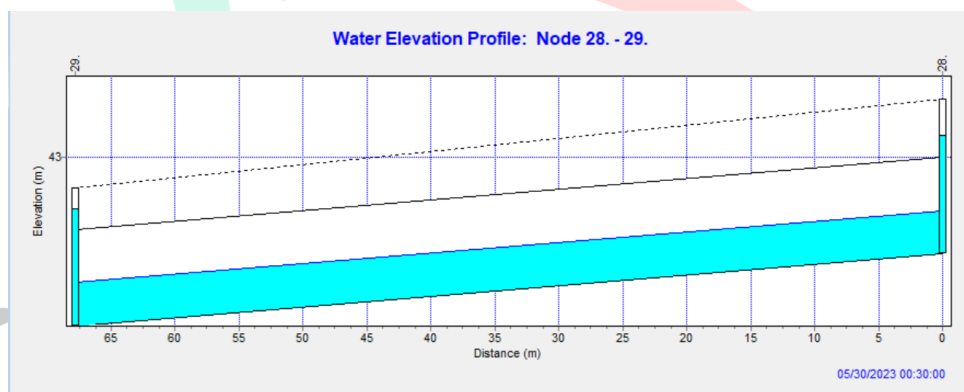
Gambar 4. 28 Profil saluran C15 Setelah Perbaikan
(SWMM 5.0 Pengolahan Penulis, 2023)

Saluran C15 terdapat diantara node 24. dan 25.. Kapasitas awal saluran adalah 1, setelah dilakukan perbaikan dimensi saluran dengan penggunaan U-ditch berukuran 0,4 m x 0,4 m, kapasitas saluran menjadi 0,71 sehingga saluran tersebut sudah tidak terisi penuh.



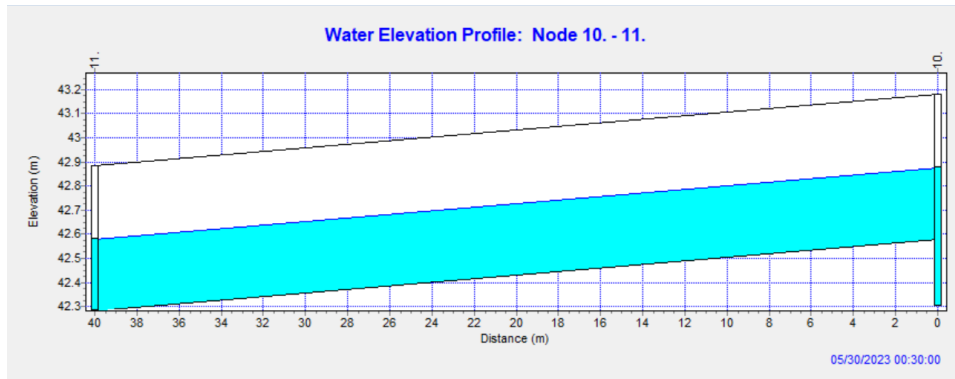
Gambar 4. 29 Profil Saluran C16 Setelah Perbaikan
(SWMM 5.0 Pengolahan Penulis, 2023)

Saluran C16 terdapat diantara node 25. dan 10.. Kapasitas awal saluran adalah 1, setelah dilakukan perbaikan dimensi saluran dengan penggunaan U-ditch berukuran 0,4 m x 0,5 m, kapasitas saluran menjadi 0,65 sehingga saluran tersebut sudah tidak terisi penuh.



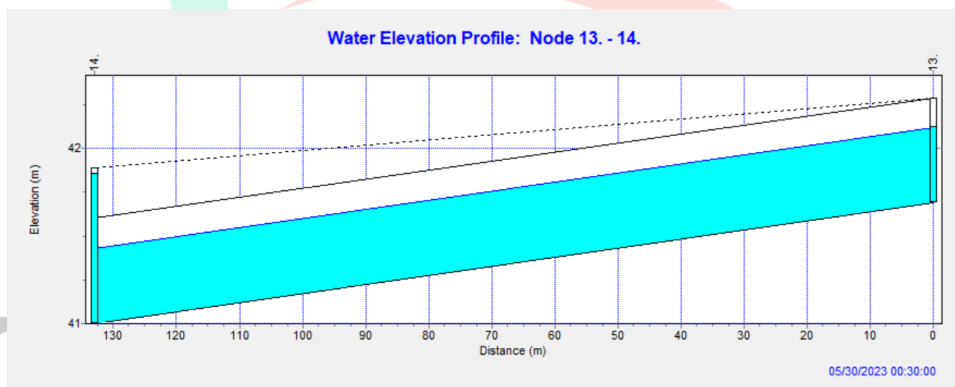
Gambar 4. 30 Profil Saluran C18 Setelah Perbaikan
(SWMM 5.0 Pengolahan Penulis, 2023)

Saluran C18 terdapat diantara node 28. dan 29.. Kapasitas awal saluran adalah 1, setelah dilakukan perbaikan dimensi saluran dengan penggunaan U-ditch berukuran 0,3 m x 0,3 m,. kapasitas saluran menjadi 0,45 sehingga saluran tersebut sudah tidak terisi penuh.



Gambar 4. 31 Profil Saluran C20 Setelah Perbaikan
(SWMM 5.0 Pengolahan Penulis, 2023)

Saluran C20 terdapat diantara node 10. dan 11.. Kapasitas awal saluran adalah 1, setelah dilakukan perbaikan dimensi saluran dengan penggunaan U-ditch berukuran 0,6 m x 0,6 m, kapasitas saluran menjadi 0,5 sehingga saluran tersebut sudah tidak terisi penuh.

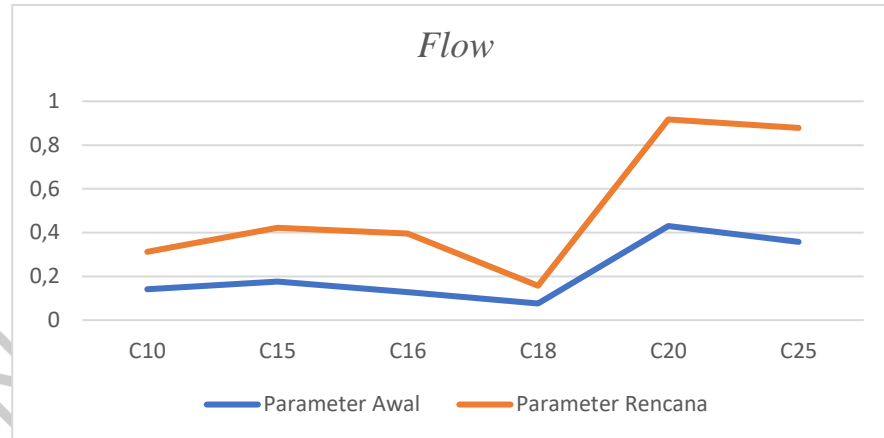


Gambar 4. 32 Profil Saluran C25 Setelah Perbaikan
(SWMM 5.0 Pengolahan Penulis, 2023)

Saluran C25 terdapat diantara node 28. dan 29.. Kapasitas awal saluran adalah 1, setelah dilakukan perbaikan dimensi saluran dengan penggunaan U-ditch berukuran 0,6 m x 0,6 m,. kapasitas saluran menjadi 0,72 sehingga saluran tersebut sudah tidak terisi penuh.

4.7 Pembahasan

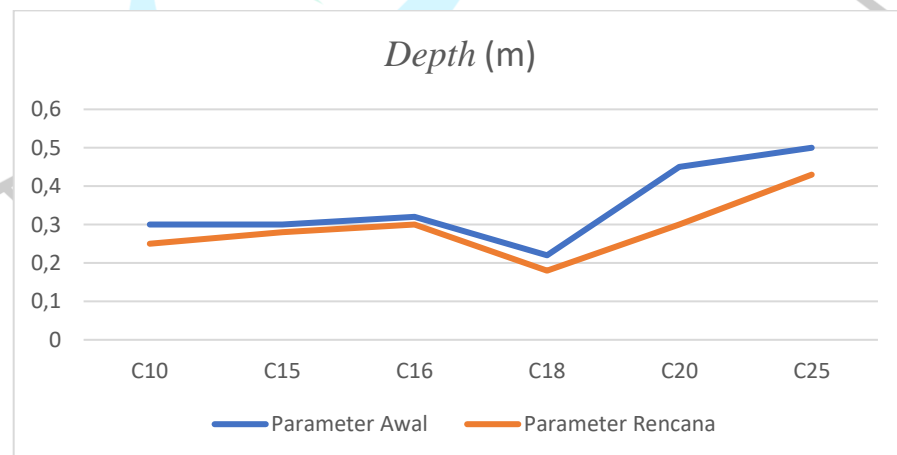
4.7.1 Perbandingan *Flow* Antara Parameter Awal dan Parameter Rencana



Gambar 4. 33 Perbandingan Flow Parameter Awal dan Rencana
(Pengolahan Penulis, 2023)

Berdasarkan grafik diatas dapat diketahui bahwa setelah dilakukan perbaikan saluran dengan U-dith nilai aliran (*flow*) menjadi lebih besar dari parameter awal. Hal tersebut dikarenakan semakin besarnya dimensi saluran maka akan semakin besar juga nilai alirannya.

4.7.2 Perbandingan *Depth* Antara Parameter Awal dan Parameter Rencana



Gambar 4. 34 Pebandingan Depth Parameter Awal dan Rencana
(Pengolahan Penulis, 2023)

Berdasarkan grafik diatas dapat diketahui bahwa setelah dilakukan perbaikan saluran kedalaman aliran (*depth*) menjadi lebih rendah dari parameter awal. Hal tersebut dikarenakan semakin besar dimensi salurannya untuk memuat dan mengalirkan aliran maka kedalaman alirannya semakin rendah.

4.7.3 Kalibrasi Debit Kondisi Lapangan dengan Hasil Simulasi SWMM

Dari hasil yang didapat dari perhitungan debit aliran metode *flood marking* dengan mengambil 1 sampel ukuran saluran yaitu 0,5 m x 0,5 m menggunakan persamaan manning didapatkan hasil debit aliran (Q) sebesar 0,713 m³/s. Dan hasil simulasi menggunakan SWMM 5.0 diambil debit aliran (Q) yang terdapat pada conduit 31 dengan ukuran saluran yang sama yaitu 0,5 m x 0,5 m, hasil dari nilai debit alirannya sebesar 0,715 m³/s. Dalam mencari validasi data dari kedua debit tersebut dengan *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE) yang ada pada persamaan 2.36.

$$NSE = 1 - \frac{(0,713-0,715)^2}{(0,713-0,000004)^2} = 0,99$$

Berdasarkan dari Tabel 2.11, bahwa nilai hasil dari perhitungan NSE yang didapat sebesar 0,99 dikategorikan baik yaitu mendekati 1 dimana tingkat keandalan tersebut tinggi dimana memiliki kuantifikasi parameter yang jelas.