

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penyajian Data

4.1.1 Survei Lapangan

Penelitian ini dilakukan di Kawasan Seskoal, Kelurahan Cipulir. Kawasan ini sering kali terjadi banjir akibat dari curah hujan yang cukup tinggi. Banjir tersebut dapat menimbulkan dampak negatif terhadap infrastruktur dan aktivitas di sekitar kawasan tersebut. Beberapa kejadian banjir di Seskoal diuraikan pada Tabel 4.1 dibawah ini. Gambar-gambar kejadian banjir diambil dari website <https://portaldatadsda.jakarta.go.id>.

Tabel 4.1 Kejadian Banjir di Seskoal

Lokasi Kejadian Banjir	Tanggal Kejadian	Tinggi Genangan	Foto Kejadian
Kawasan Seskoal, Kelurahan Cipulir	16-10-2020	55 cm	
	18-02-2021	50 cm	

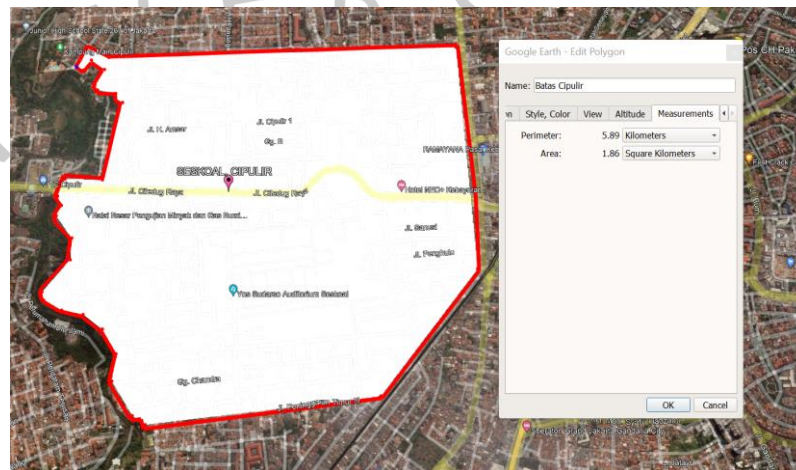
	08-04-2022	45 cm	
	01-12-2022	55 cm	
	04-01-2023	65 cm	
	11-02-2023	45 cm	

Sumber: Portal Data SDA (2023)

Survei dilakukan untuk mengetahui kondisi lapangan (Tabel 4.1) serta untuk mengetahui titik dan delineasi banjir akibat limpasan banjir berdasarkan keterangan warga setempat terkait banjir-banjir terdahulu dan dokumentasi kejadiannya.

4.1.2 Penentuan Daerah Tangkapan Air

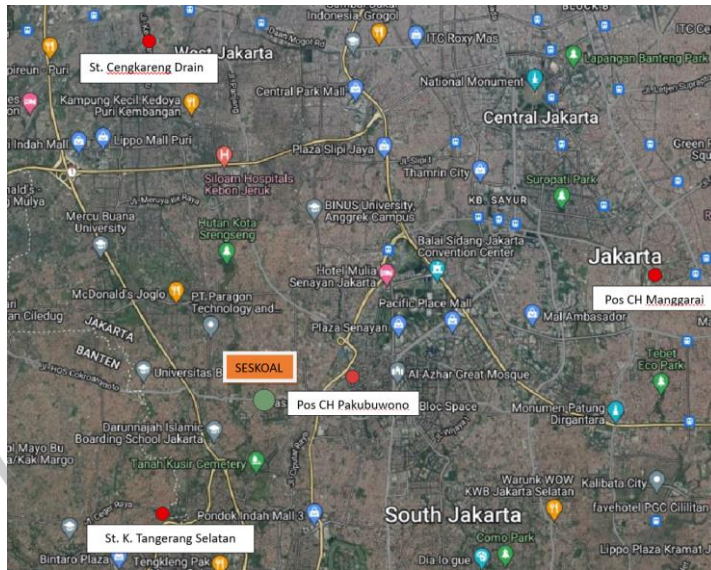
Catchment area atau Daerah Tangkapan Air merupakan sebuah wilayah di mana air hujan tertangkap. DTA ini dibatasi oleh titik-titik elevasi tertinggi hingga terendah. Untuk mengestimasi luas daerah tangkapan air di Seskoal, digunakan perangkat lunak *Google Earth*. Hasil pengukuran menggunakan *Google Earth* menunjukkan bahwa luas DTA tersebut adalah 1,86 km².



Gambar 4.1 Pengukuran Luas Area Kawasan Seskoal, Cipulir
Sumber: Google Earth (2023)

4.1.3 Data Hujan

Lokasi penelitian berada di Perempatan Seskoal, Cipulir yang berada di daerah Jakarta Selatan. Data curah hujan yang digunakan yaitu 10 tahun, mulai dari tahun 2013 hingga tahun 2022. Terdapat empat stasiun hujan terdekat dari tempat penelitian, yaitu Pos Curah Hujan Manggarai, Pos Curah Hujan Pakubuwono, Stasiun Klimatologi Tangerang Selatan, dan Stasiun Hujan Cengkareng Drain yang dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Lokasi Stasiun Hujan

Untuk keempat data lokasi pos hujan dapat dilihat pada Tabel 4.1 serta ketersediaan data curah hujan harian maksimum bulanan pada periode 2013 – 2022 dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Lokasi Stasiun Hujan

Nama Stasiun Hujan	Koordinat		Elevasi	Kecamatan	Kab/Kota
	Lintang	Bujur			
Pos CH Manggarai	-6.207	106.85	33	Tebet	Jakarta Selatan
Pos CH Pakubuwono	-6.23	106.79	54	Kebayoran Baru	Jakarta Selatan
St. K. Tangerang Selatan	-6.25	106.76	26.2	Pd. Aren	Tangerang Selatan
St. Cengkareng Drain	-6.15	106.79	43	Cengkareng	Jakarta Barat

Sumber: BMKG (2023)

Tabel 4.3 Ketersediaan Data Hujan

Nama Stasiun	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Pos CH Manggarai	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Pos CH Pakubuwono	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Sta. K. Tangerang Selatan	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sta. Cengkareng Drain	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Sumber: BMKG (2023)

Selanjutnya, dari keempat stasiun hujan tersebut diambil data curah hujan maksimum harian untuk diolah menjadi data hidrologi. Berikut adalah data curah hujan maksimum harian yang diambil dari keempat stasiun hujan tersebut:

4.2 Analisis Hidrologi

Pada sub bab ini akan dilakukan analisis hidrologi dari data yang telah diperoleh pada sub bab 4.1 di atas. Analisis data yang pertama dilakukan yakni

- analisis data hidrologi yang bertujuan mendapatkan besarnya nilai intensitas hujan dalam jangka periode ulang tertentu.

4.2.1 Analisis Curah Hujan Metode Aljabar

Analisis curah hujan kawasan diperlukan untuk mengetahui curah hujan harian maksimum rata-rata pada *catchment area* dengan cara menganalisis data curah hujan maksimum harian dari ketiga stasiun hujan yang dipilih. Metode yang cocok untuk analisis ini berdasarkan Tabel 2.1, dilihat dari luas *catchment area* adalah dengan menggunakan Metode Aljabar. Hal ini karena daerah tangkapan dari Kawasan Seskoal memiliki luas sebesar $1,86 \text{ km}^2 (< 500 \text{ km}^2)$.

Curah hujan maksimum rata-rata tiap tahun dihitung setelah data curah hujan tahunan dikumpulkan dan diolah menggunakan metode aljabar. Metode ini menghasilkan nilai rata-rata curah hujan per tahun yang kemudian digunakan untuk menentukan curah hujan maksimum dalam rentang waktu 10 tahun..

Tabel 4.5 dibawah ini merupakan rekapitulasi curah hujan maksimum rata-rata yang telah diolah menggunakan metode aljabar.

Tabel 4.4 Rekapitulasi Curah Hujan Maksimum Harian Rata-rata

No	Tahun	Hujan Maksimal
1	2013	83
2	2014	79
3	2015	114
4	2016	84
5	2017	76
6	2018	231
7	2019	138
8	2020	144
9	2021	107
10	2022	72

Sumber : Diolah oleh penulis, 2023

Tabel 4.5 di atas ditetapkan sebagai nilai tertinggi dari seluruh curah hujan rata-rata dengan curah hujan maksimum rata-rata adalah 231 mm pada tahun 2018.

4.2.2 Analisis Frekuensi Curah Hujan Rencana

Setelah memperoleh hasil perhitungan rata-rata curah hujan harian maksimum tahunan menggunakan Metode Aljabar, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis frekuensi. Analisis frekuensi curah hujan penting untuk menentukan jenis distribusi yang digunakan. Berikut adalah hasil analisis frekuensi curah hujan untuk periode ulang yang ditentukan:

A. Parameter Statistik

Rumus 2.4 hingga Rumus 2.8 digunakan dalam perhitungan parameter statistik, dengan hasil yang tercantum dalam Tabel 4.7 untuk metode normal dan gumbel, serta Tabel 4.8 untuk metode log normal dan log pearson tipe III. Berikut adalah hasil perhitungan parameter statistik dan logaritma dari keempat stasiun hujan yang dipilih selama periode waktu 10 tahun terakhir.

Tabel 4.5 Parameter statistik untuk normal dan gumbel

Tahun	X_i (mm)	$(X_i - X_r)$	$(X_i - X_r)^2$	$(X_i - X_r)^3$	$(X_i - X_r)^4$
2013	82.65	-30.07	903.90	-27175.88	817042.85
2014	78.63	-34.09	1162.13	-39616.95	1350541.72

Tahun	X_i (mm)	$(X_i - X_r)$	$(X_i - X_r)^2$	$(X_i - X_r)^3$	$(X_i - X_r)^4$
2015	114.25	1.54	2.36	3.62	5.55
2016	83.75	-28.97	838.97	-24300.80	703872.72
2017	76.20	-36.52	1333.35	-48687.10	1777809.49
2018	230.60	117.89	13896.87	1638232.90	193123085.43
2019	138.25	25.54	652.04	16649.75	425151.24
2020	143.98	31.26	977.19	30546.88	954895.61
2021	106.85	-5.86	34.40	-201.75	1183.24
2022	72.00	-40.72	1657.71	-67493.71	2748006.51
Jumlah	1127.15	0.00	21458.91	1477956.96	201901594.35

Sumber : Diolah oleh penulis (2023)

X_r	112.72
S_d	48.83
C_s	1.76
C_k	7.05
C_v	0.43

Sumber : Diolah oleh penulis (2023)

Tabel 4.6 Parameter statistik untuk log normal dan log pearson tipe III

Tahun	X_i (mm)	$\text{Log } X_i$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } X_r)$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } X_r)^2$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } X_r)^3$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } X_r)^4$
2013	82.65	1.92	-0.11	0.0110479	-0.0011612	0.0001221
2014	78.63	1.90	-0.13	0.0160760	-0.0020383	0.0002584
2015	114.25	2.06	0.04	0.0012606	0.0000448	0.0000016
2016	83.75	1.92	-0.10	0.0098738	-0.0009811	0.0000975
2017	76.20	1.88	-0.14	0.0197113	-0.0027674	0.0003885
2018	230.60	2.36	0.34	0.1159454	0.0394803	0.0134433
2019	138.25	2.14	0.12	0.0139980	0.0016562	0.0001959
2020	143.98	2.16	0.14	0.0184784	0.0025119	0.0003415
2021	106.85	2.03	0.01	0.0000413	0.0000003	0.0000000
2022	72.00	1.86	-0.17	0.0272314	-0.0044937	0.0007415
Jumlah	1127.15	20.22	0.00	0.2336639	0.0322515	0.0155904

X_r	2.02
S_d	0.16
C_s	1.07
C_k	4.59
C_v	0.08

Sumber : Diolah oleh penulis (2023)

B. Pemilihan Jenis Distribusi

Dari hasil perhitungan analisis frekuensi yang telah diperoleh, selanjutnya digunakan sebagai bahan acuan untuk melakukan pemilihan uji distribusi berdasarkan pedoman dari Tabel 2.1. Berikut adalah hasil dari perhitungan uji distribusi.

Tabel 4.7 Pemilihan jenis distribusi

No.	Jenis Sebaran	Hasil Perhitungan	Syarat	Keterangan
1	Normal	1.7631	$C_s = 0$	tidak memenuhi
		7.0466	$C_k = 3$	tidak memenuhi
2	Log Normal	1.0708	$C_s = C_v^2 + 3C_v$	tidak memenuhi
		4.5891	$C_k = 5,383$	tidak memenuhi
		0.1797	$C_v \sim 0,06$	hampir memenuhi
3	Log Pearson type III	1.0708	$C_s \neq 0$	memenuhi
		4.5891	$C_k = 5,383$	tidak memenuhi
		0.0797	$C_v \sim 0,3$	tidak memenuhi
4	Gumbel	0.4332	$C_s = 1,14$	tidak memenuhi
		7.0466	$C_k = 5,4$	tidak memenuhi

Sumber: Diolah oleh penulis (2023)

Dari hasil perhitungan uji distribusi yang tercantum dalam Tabel 4.7, dapat disimpulkan bahwa distribusi yang paling mendekati syarat adalah distribusi Log Pearson tipe III, karena diperoleh nilai C_s sebesar 1.0708. Distribusi Log Pearson tipe III menunjukkan hasil yang paling mendekati persyaratan, di mana selisih antara hasil perhitungan dan nilai syarat paling kecil dibandingkan dengan jenis distribusi lainnya. Oleh karena itu, curah hujan rencana akan dihitung menggunakan Metode Log Pearson tipe III.

C. Distribusi Frekuensi

Perhitungan curah hujan distribusi frekuensi Log Pearson III untuk periode ulang menggunakan Rumus 2.12 dan Tabel 2.7, sesuai dengan jenis distribusi yang memenuhi syarat. Curah hujan periode ulang 2, 5, dan 10 tahun untuk jenis distribusi Log Pearson III dihitung menggunakan K_T yang diinterpolasi (Tabel 4.10) untuk harga C_s sebesar 1,07 dan perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4 8 Harga K_T Log Pearson Tipe III

(Cs)	Periode Ulang T Tahun							
	1.0101	2	5	10	25	50	100	200
	Peluang (%)							
	99	50	20	10	4	2	1	0.5
1.2	-1.449	-0.195	0.732	1.34	2.087	2.626	3.149	3.661
1.07	-1.538	-0.176	0.749	1.341	2.060	2.573	3.069	3.550
1.1	-1.518	-0.18	0.745	1.341	2.066	2.585	3.087	3.575

Sumber: Diolah oleh penulis (2023)

Tabel 4 9 Curah hujan periode ulang dengan jenis distribusi Log Pearson III

Periode Ulang	Log Xr	Sd	Kt	Log Xt	Xt
2	2.02	0.16	-0.176	1.994	98.64
5			0.749	2.143	139.00
10			1.340	2.238	173.09

Sumber: Diolah oleh penulis (2023)

D. Uji Cara Grafis

Plotting data curah hujan pada kertas grafik probabilitas dilakukan dengan cara memplotkan titik-titik curah hujan. Sebelum di plotkan ke kertas grafik probabilitas, terlebih dahulu data diurutkan dari kecil ke besar atau sebaliknya sebagai sumbu ordinat dan sumbu axisnya adalah probabilitas. Untuk itu, diperlukan juga membuat *theoretical linear line* atau garis linier teoritis untuk mengetahui jarak terbesar dari titik curah hujan terhadap garis linier teoritis. Pada uji grafis, nilai Δ_{maks} harus lebih kecil dari nilai Δ_{kritis} .

Plotting data pada kertas probabilitas dilakukan dengan cara mengurutkan data dari besar ke kecil atau sebaliknya. Penggambaran posisi (*plotting positions*) yang mengacu pada cara yang dikembangkan oleh Weibull dan Gumbel. Adapun tata cara pengujian grafis dapat dilihat pada sub bab 2.3.2.4 dan menggunakan Rumus 2.13. Sebagai contoh berikut adalah perhitungan Rumus 2.13 dan tabel hasil perhitungan probabilitas curah hujan:

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

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

$$P(X_1) = 9,09\%$$

Dimana :

$P(X_m)$ = data yang telah diranking dari besar ke kecil

m = nomor urut

n = jumlah data = 10

Berikut adalah hasil perhitungan titik untuk garis linier teoritis menggunakan analisis sebaran metode Log Pearson tipe III. Perhitungan dilakukan untuk titik-titik data (Tabel 4.12) dan garis teoritis (Tabel 4.13).

Tabel 4.10 Plotting data pada kertas probabilitas

Ranking	Tahun	Xi (mm) Sumbu Y	y = ln Xi	Peluang (%) Sumbu X	T = 1/P
1	2022	72	4.277	9.09	11.00
2	2017	76	4.331	18.18	5.50
3	2014	79	4.369	27.27	3.67
4	2013	83	4.419	36.36	2.75
5	2016	84	4.431	45.45	2.20
6	2021	107	4.673	54.55	1.83
7	2015	114	4.736	63.64	1.57
8	2019	138	4.927	72.73	1.38
9	2020	144	4.970	81.82	1.22
10	2018	231	5.442	90.91	1.10
Jumlah		1128	46.575	500.00	32.22

Sumber : Penulis (2023)

Y_r	4.658
S_d	0.16
C_s	1.07

Sumber : Penulis (2023)

Tabel 4.11 Garis teoritis pada kertas probabilitas

T (tahun)	Probabilitas (%)	K_T	$Y_T = Y_r + (K_T \times S_d)$	$R_{max} = \text{arc ln } y_T$ (mm)
1.0101	1.00	-1.538	4.41	85.8
2	50	-0.176	4.63	103.8
5	80	0.749	4.78	115.6
10	90	1.341	4.87	123.3

T (tahun)	Probabilitas (%)	K_T	$Y_T = Y_r + (K_T \times S_d)$	$R_{max} = \text{arc ln } y_T$ (mm)
25	96	2.060	4.99	133.1
50	98	2.573	5.07	140.4
100	99	3.069	5.15	147.6

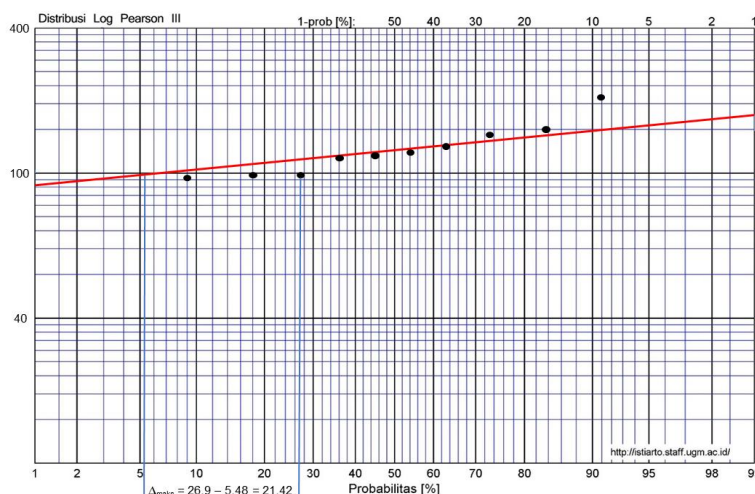
Sumber : Penulis (2023)

Tabel 4.12 Nilai D_{kritis}

N	Derajat Kepercayaan (α)			
	0.2	0.1	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49

Sumber : Penulis (2023)

Nilai K_T yang digunakan untuk perhitungan garis teoritis menggunakan nilai dari perhitungan Tabel 4.10. Pada kertas probabilitas, titik-titik data yang diperoleh dari Tabel 4.12 dan garis teoritis dari Tabel 4.13 diisi dan dicari penyimpangan terbesar antara kedua nya. Nilai Δ_{maks} harus lebih kecil dari Δ_{kritis} . Nilai Δ_{kritis} diperoleh berdasarkan jumlah data hujan tahunan yakni 10 tahun dan juga derajat kepercayaan yakni 1% pada Tabel 4.14. Oleh karena itu, Δ_{kritis} diperoleh adalah 0,49.



Gambar 4 3 Hasil uji cara grafis (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Dari grafik pada kertas grafik probabilitas dapat dicari jarak penyimpanan tiap titik data terhadap kurva teoritis. Nilai $\Delta_{maks} < \Delta_{kritis}$ (nilai 0,49). Nilai 0,49 didapatkan dari Tabel 4.12.

Dari kertas probabilitas dapat diketahui bahwa besaran simpangan data adalah sebagai berikut.

$$\text{Log Pearson Tipe III} = 26.9\% - 5.48\% = 21,42\% = 0,22$$

Dari hasil perhitungan di atas diketahui bahwa nilai $\Delta_{\text{maks}} (0,22) < \Delta_{\text{kritis}} (0,49)$, sehingga distribusi Log Pearson Tipe III telah memenuhi syarat distribusi. Karena memenuhi syarat distribusi, maka dapat dilanjutkan ke proses uji kecocokan data distribusi dengan menggunakan metode Uji Chi Kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogrov.

E. Uji Kecocokan Sebaran

Uji Kecocokan Sebaran dilakukan untuk menentukan apakah persamaan distribusi sebaran yang dipilih sudah tepat dan dapat mewakili distribusi statistic dari sampel data yang dianalisis. Terdapat dua uji kecocokan sebaran data distribusi, yaitu dengan menggunakan metode Uji Chi Kuadrat dan dengan menggunakan Uji Smirnov-Kolmogrov.

1. Uji Chi Kuadrat

Uji Chi Kuadrat dilakukan untuk menguji apakah sebaran yang telah dipilih dalam pembuatan kurva sudah cocok dengan sebaran empirisnya. Dalam pengujian log pearson tipe III menggunakan metode chi kuadrat dibagi ke dalam beberapa kelompok. Berikut adalah hasil pengujian kecocokan distribusi log pearson tipe III dengan menggunakan metode chi kuadrat. Perhitungan untuk pengujian ini menggunakan Rumus 2.15 sampai dengan Rumus 2.18 dan Tabel 4.25 untuk nilai chi-kuadrat kritis. Berikut adalah perhitungannya:

$$\begin{aligned} G (\text{Jumlah Sub-Kelompok}) &= 1 + 3,222 \text{ Log } 5 \\ &= 1 + 3,222 \text{ Log } 10 \\ &= 4,322 \approx \text{diambil } 4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{DK (Derajat Kebebasan)} &= G - (p + 1) \\
 &= 4,322 - 2 + 1 \\
 &= 1,322 \approx \text{diambil } 2
 \end{aligned}$$

Ei (jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-i)

$$= \frac{n}{G} = \frac{10}{5} = 2,5$$

$$\begin{aligned}
 \Delta X &= \frac{X_{\max} - X_{\min}}{G - 1} \\
 &= \frac{230.60 - 72.00}{76 - 1} = 53,00
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_{\text{awal}} &= X_{\min} - \frac{1}{2} \Delta X = 72.00 - \frac{1}{2} (53,00) \\
 &= 45,50
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_{\text{akhir}} &= X_{\max} - \frac{1}{2} \Delta X = 231 - \frac{1}{2} (53,00) \\
 &= 208,25
 \end{aligned}$$

$$X_{\text{hitung}}^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(Fe - Ft)^2}{Ft}$$

Tabel 4.13 Nilai chi kuadrat kritis

DK	Derajat Kepercayaan			
	0.05	0.025	0.01	0.005
1	3.841	5.024	6.635	7.879
2	5.991	7.378	9.21	10.597

Sumber: Kementerian PUPR (2018)

Tabel 4.14 Perhitungan nilai chi kuadrat terhitung

No	Chi Kuadrat			Oi	Ei	Oi-Ei	Xh ² = (Oi - Ei) ² / Ei
	Nilai Batas	Sub elompok					
1	45.50	< P <	98.50	3	2.5	0.5	0.1
2	98.50	< P <	151.50	6	2.5	3.5	4.9
3	151.50	< P <	204.50	0	2.5	-2.5	2.5
4	204.50	< P <	257.50	1	2.5	-1.5	0.9
		jumlah					8.4

Sumber: Diolah oleh penulis (2023)

Tabel 4 15 Hasil perhitungan chi kuadrat

$X^2 < X^2_{\text{cr}}$	
X^2	$X^2_{\text{cr}} (\text{DK}=1/0.05)$

8.4	9.21
-----	------

Sumber : Penulis, 2023

Dari hasil perhitungan Tabel 4.16 didapat hasil nilai X^2 adalah 8.4. Nilai derajat kepercayaan yang diambil adalah 0,01 dengan nilai DK adalah 2, sehingga dari Tabel 4.15 didapat nilai X^2_{cr} adalah 9.21 Hasil pada Tabel 4.17 menjelaskan bahwa nilai $X^2 \leq X^2_{cr} = 8,4 \leq 9.21$, sehingga membuktikan bahwa metode distribusi log pearson tipe III memenuhi syarat pengujian chi kuadrat.

2. Uji Smirnov Kolmogorov

Uji Smirnov-Kolmogorov dilakukan dengan cara mengurutkan data dari yang terkecil hingga terbesar, kemudian dicari nilai D_{maks} . Berikut adalah hasil dari pengujian kecocokan distribusi log pearson tipe III dengan menggunakan metode smirnov-kolmogorov.

Tabel 4 16 Uji Smirnov Kolmogorov

Tahun	R max	m	$P=m/n+1$	$P(x<) = 1-P$	$K = (x-Xr)/Sd$	$P' = m/n-1$	$P'(x)$	$D = P'(x) - P(x<)$
2022	72.00	1	0.091	0.909	-0.84	0.11	0.89	0.020
2017	76.00	2	0.182	0.818	-0.75	0.22	0.78	0.040
2014	79.00	3	0.273	0.727	-0.69	0.33	0.67	0.061
2013	83.00	4	0.364	0.636	-0.61	0.44	0.56	0.081
2016	84.00	5	0.455	0.545	-0.59	0.56	0.44	0.101
2021	107.00	6	0.545	0.455	-0.12	0.67	0.33	0.121
2015	114.00	7	0.636	0.364	0.02	0.78	0.22	0.141
2019	138.00	8	0.727	0.273	0.52	0.89	0.11	0.162
2020	144.00	9	0.818	0.182	0.64	1.00	0.00	0.182
2018	231.00	10	0.909	0.091	2.42	1.11	-0.11	0.202
Jumlah	1128						Dmax	0.202
Rata-rata	112.80						$D_{max} < D_{kritis}$	
stDev	48.83						D_{max}	D_{kritis}
							0.202	0.49

Sumber: Diolah oleh penulis (2023)

Dari hasil perhitungan Tabel 4.18, diketahui bahwa nilai D_{maks} dari pengujian smirnov-kolmogorov adalah 0.202. Nilai D_{kritis} dengan nilai derajat kepercayaan ($n=10$) berdasarkan Tabel 4.18 adalah 0,49. $D_{maks} \leq D_{kritis} = 0.202 \leq 0.49$. Maka distribusi Log Pearson Tipe III telah memenuhi syarat pengujian smirnov-kolmogorov.

4.2.3 Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah ukuran yang menggambarkan seberapa kuat hujan yang jatuh dalam jangka waktu tertentu. Mengacu pada SNI 2415:2016, metode yang baik untuk perhitungan intensitas hujan adalah dengan menggunakan metode mononobe (Rumus 2.19). Hasil perhitungan intensitas hujan metode mononobe pada DTA Seskoal pada penelitian ini untuk periode ulang 2, 5, dan 10 tahun dapat dilihat pada Tabel 4.19 (intensitas hujan), serta grafik intensitas hujan pada Gambar 4.4.

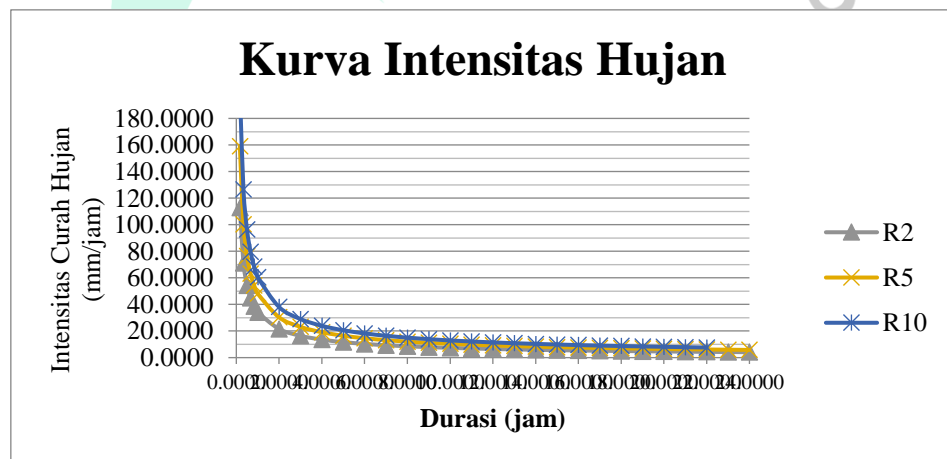
Tabel 4 17 Hasil Perhitungan Intensitas Curah Hujan

t (jam)	R24		
	R2	R5	R10
	98.64	139.00	173.09
0.1667	112.9151	159.1119	201.445112
0.3333	71.1321	100.2342	126.559863
0.5000	54.2839	76.4930	96.4528031
0.6667	44.8104	63.1436	79.5437204
0.8333	38.6164	54.4155	68.4977319
1	34.1967	48.1876	60.6212317
2	21.5426	30.3563	38.1008495
3	16.4401	23.1662	29.0371184
4	13.5710	19.1233	23.9466387
5	11.6951	16.4799	20.6212436
6	10.3566	14.5938	18.2500231
7	9.3451	13.1685	16.4592132
8	8.5492	12.0469	15.0506226
9	7.9036	11.1371	13.9085634
10	7.3675	10.3817	12.9605895
11	6.9139	9.7426	12.1588264
12	6.5242	9.1935	11.4702616
13	6.1852	8.7158	10.8713308

t (jam)	R24		
	R2	R5	R10
	98.64	139.00	173.09
14	5.8871	8.2956	10.3447255
15	5.6224	7.9227	9.87742209
16	5.3856	7.5891	9.45941693
17	5.1723	7.2885	9.08288842
18	4.9789	7.0160	8.74162512
19	4.8027	6.7676	8.43062639
20	4.6412	6.5401	8.14581719
21	4.4927	6.3308	7.88384049
22	4.3555	6.1374	7.64190369
23	4.2283	5.9582	7.41766313
24	4.1100	5.7915	7.2091361

Sumber : Penulis, 2023

Gambar 4 4 Grafik Intensitas Hujan (Dokumentasi Pribadi, 2023)



Dapat dilihat dari hasil grafik intensitas hujan bahwa semakin cepat waktu hujan, maka semakin tinggi intensitasnya. Namun, semakin panjang waktu hujannya maka semakin rendah intensitas hujan.

Tabel 4 18 Rasio distribusi hujan

T	$I = (R23/t) \times (t/T)^{(2/3)}$	$Rt = t.I - (t-1).(I_{T-1})$
jam	mm	Rasio hujan (%)
1	0,585	0,585
2	0,368	0,152
3	0,281	0,107
4	0,232	0,085
5	0,200	0,072
Total		1,00

Sumber: Diolah oleh penulis (2023)

Tabel 4.19 Curah hujan efektif berdasarkan rasio distribusi

Periode Ulang	Rmax	Rasio Distribusi Hujan (Rt)				
		0.585	0.152	0.107	0.085	0.072
R2	98.64	57.685	14.994	10.518	8.373	7.071
R5	139.00	81.286	21.128	14.821	11.799	9.964
R10	173.09	101.22	26.31	18.46	14.69	12.41

Sumber: Diolah oleh penulis (2023)

4.2.4 Debit Banjir Rencana Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) Nakayasu

Perhitungan HSS dilakukan setelah mendapatkan intensitas curah hujan efektif. Metode yang digunakan adalah metode HSS Nakayasu. Pemilihan metode HSS Nakayasu dipertimbangkan karena metode ini cocok untuk digunakan dalam daerah Jabodetabek. Perhitungan metode nakayasu menggunakan Rumus 2.21 sampai Rumus 2.22, dengan perhitungan sebagai berikut:

Metode Nakayasu

R_o	1.00	mm
L	5.86	km
A	1.86	km ²
C	0.75	
α	2	
T_g	1.00	jam
T_r	0.75	jam
T_p	1.60	jam
$T_{0,3}$	2.00	jam
$T_p + T_{0,3}$	3.60	jam
$T_p + T_{0,3} + 1,5$		
$T_{0,3}$	6.61	jam
Q_p	0.49	m ³ /detik
$Q_{base\ flow} (Q_b)$	0.25	m ³ /detik

Untuk menghitung debit banjir pada setiap interval waktu (tiap jam) dalam hidrograf, penting untuk memperhatikan posisi waktu saat terjadinya banjir. Oleh karena itu dalam perhitungan metode HSS Nakayasu untuk ordinat debit banjir metode HSS Nakayasu perlu dilakukan dengan menggunakan Rumus 2.23 sampai Rumus 2.26. Berikut merupakan perhitungan dari ordinat pada masing-masing jam (Tabel 4.22):

Tabel 4 20 Ordinat HSS Nakayasu

Jenis kurva	Tr (jam)	Q (m ³ /det)
Pada kurva naik ($0 < t < T_p = 4,95$)	1	0.16
	1.6	0/49
Pada kurva turun ($t_p = 4,95 < t < T_p + T 0,3 = 11,15$)	2	0.84
	3	0.52
	3.6	0.27
Pada kurva turun ($T_p + T 0,3 = 11,15 < t < T_p + T 0,3 + 1,5 T 0,3$)	5	0.22
	6	0.19
Pada kurva turun ($T_p + T 0,3 = 11,15 < t < T_p + T 0,3 + 1,5 T 0,3$)	6.61	0.38
	7	0.15
	8	0.11
	9	0.09
	10	0.08
	11	0.06
	12	0.05
	13	0.03
	14	0.03
	15	0.03
	16	0.02
	17	0.02
	18	0.02
	19	0.01
	20	0.01
	21	0
	22	0
23	0	
24	0	

Sumber: Diolah oleh penulis (2023)

Dengan menggunakan ordinat yang didapatkan pada perhitungan pada Tabel 4.22, HSS dapat dihitung. Berikut adalah hasil perhitungan HSS Nakayasu periode ulang 2, 5, dan 10 tahun (Tabel 4.23 - Tabel 4.25) dengan grafiknya (Gambar 4.5).

Tabel 4 21 Debit Banjir HSS Nakayasu periode ulang 2 tahun

Hour	U (t,i)	Hujan Netto (mm/hour)					Debit m ³ /s	Base Flow m ³ /s	Total Debit m ³ /s
		57.69	14.99	10.52	8.37	7.07			
0	0.00	0.00					0.00	0.25	0.25
1	0.16	9.16	0.00				9.16	0.25	9.40
2	0.84	48.33	2.38	0.00			50.71	0.25	50.95

Hour	U (t,i)	Hujan Netto (mm/hour)					Debit m ³ /s	Base Flow m ³ /s	Total Debit m ³ /s	
		57.69	14.99	10.52	8.37	7.07				
3	0.52	30.00	12.56	1.67	0.00		44.23	0.25	44.47	
4	0.38	21.92	7.80	8.81	1.33	0.00	39.86	0.25	40.10	
5	0.22	12.69	5.70	5.47	7.02	1.12	31.99	0.25	32.24	
6	0.19	10.96	3.30	4.00	4.35	5.92	28.53	0.25	28.78	
7	0.15	8.65	2.85	2.31	3.18	3.68	20.67	0.25	20.92	
8	0.11	6.35	2.25	2.00	1.84	2.69	15.12	0.25	15.37	
9	0.09	5.19	1.65	1.58	1.59	1.56	11.57	0.25	11.81	
10	0.08	4.61	1.35	1.16	1.26	1.34	9.72	0.25	9.97	
11	0.06	3.46	1.20	0.95	0.92	1.06	7.59	0.25	7.83	
12	0.05	2.88	0.90	0.84	0.75	0.78	6.16	0.25	6.40	
13	0.03	1.73	0.75	0.63	0.67	0.64	4.42	0.25	4.66	
14	0.03	1.73	0.45	0.53	0.50	0.57	3.77	0.25	4.02	
15	0.03	1.73	0.45	0.32	0.42	0.42	3.34	0.25	3.58	
16	0.02	1.15	0.45	0.32	0.25	0.35	2.52	0.25	2.77	
17	0.02	1.15	0.30	0.32	0.25	0.21	2.23	0.25	2.48	
18	0.02	1.15	0.30	0.21	0.25	0.21	2.13	0.25	2.37	
19	0.01	0.58	0.30	0.21	0.17	0.21	1.47	0.25	1.71	
20	0.01	0.58	0.15	0.21	0.17	0.14	1.25	0.25	1.49	
21	0.00	0.03	0.15	0.11	0.17	0.14	0.60	0.25	0.84	
22	0.00	0.02	0.01	0.11	0.08	0.14	0.36	0.25	0.61	
23	0.00	0.02	0.01	0.01	0.08	0.07	0.19	0.25	0.43	
24	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.07	0.10	0.25	0.34	
		Debit Maksimum								50.95

Sumber: Diolah oleh penulis (2023)

Tabel 4 22 Debit banjir HSS Nakayasu periode ulang 5 tahun

Hour	U (t,i)	Hujan Netto (mm/hour)					Debit m ³ /s	Base Flow m ³ /s	Total Debit m ³ /s
		133.55	34.71	24.35	19.38	16.37			
0	0.00	0.00					0.00	0.25	0.25
1	0.16	21.20	0.00				21.20	0.25	21.44
2	0.84	111.89	5.51	0.00			117.40	0.25	117.64
3	0.52	69.45	29.08	3.87	0.00		102.39	0.25	102.64
4	0.38	50.75	18.05	20.40	3.08	0.00	92.28	0.25	92.52
5	0.22	29.38	13.19	12.66	16.24	2.60	74.07	0.25	74.32
6	0.19	25.37	7.64	9.25	10.08	13.71	66.06	0.25	66.30
7	0.15	20.03	6.60	5.36	7.37	8.51	47.86	0.25	48.11
8	0.11	14.69	5.21	4.63	4.26	6.22	35.01	0.25	35.25
9	0.09	12.02	3.82	3.65	3.68	3.60	26.77	0.25	27.02
10	0.08	10.68	3.12	2.68	2.91	3.11	22.50	0.25	22.75
11	0.06	8.01	2.78	2.19	2.13	2.46	17.57	0.25	17.81

Hour	U (t,i)	Hujan Netto (mm/hour)					Debit m ³ /s	Base Flow m ³ /s	Total Debit m ³ /s
		133.55	34.71	24.35	19.38	16.37			
12	0.05	6.68	2.08	1.95	1.74	1.80	14.25	0.25	14.50
13	0.03	4.01	1.74	1.46	1.55	1.47	10.23	0.25	10.47
14	0.03	4.01	1.04	1.22	1.16	1.31	8.74	0.25	8.98
15	0.03	4.01	1.04	0.73	0.97	0.98	7.73	0.25	7.98
16	0.02	2.67	1.04	0.73	0.58	0.82	5.84	0.25	6.09
17	0.02	2.67	0.69	0.73	0.58	0.49	5.17	0.25	5.41
18	0.02	2.67	0.69	0.49	0.58	0.49	4.92	0.25	5.17
19	0.01	1.34	0.69	0.49	0.39	0.49	3.40	0.25	3.64
20	0.01	1.34	0.35	0.49	0.39	0.33	2.88	0.25	3.13
21	0.00	0.08	0.35	0.24	0.39	0.33	1.38	0.25	1.63
22	0.00	0.06	0.02	0.24	0.19	0.33	0.84	0.25	1.09
23	0.00	0.04	0.02	0.01	0.19	0.16	0.43	0.25	0.68
24	0.00	0.03	0.01	0.01	0.01	0.16	0.23	0.25	0.47
Debit Maksimum									117.64

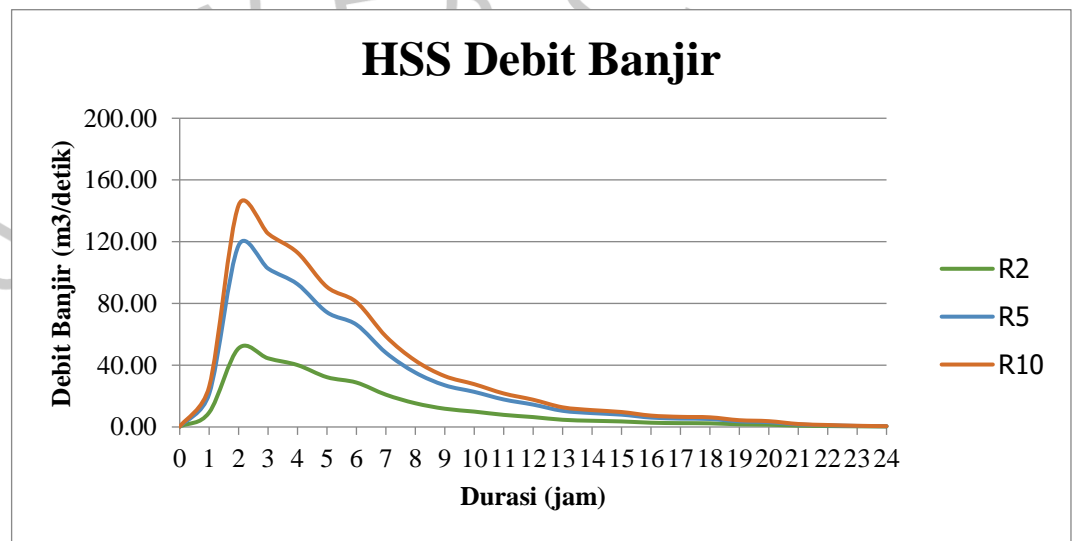
Sumber: Diolah oleh penulis (2023)

Tabel 4 23 Debit banjir HSS Nakayasu periode ulang 10 tahun

Hour	U (t,i)	Hujan Netto (mm/hour)					Debit m ³ /s	Base Flow m ³ /s	Total Debit m ³ /s
		163.11	42.40	29.74	23.68	19.99			
0	0.00	0.00					0.00	0.25	0.25
1	0.16	25.89	0.00				25.89	0.25	26.14
2	0.84	136.66	6.73	0.00			143.39	0.25	143.63
3	0.52	84.82	35.52	4.72	0.00		125.06	0.25	125.31
4	0.38	61.98	22.05	24.92	3.76	0.00	112.70	0.25	112.95
5	0.22	35.88	16.11	15.46	19.84	3.17	90.47	0.25	90.72
6	0.19	30.99	9.33	11.30	12.31	16.75	80.68	0.25	80.93
7	0.15	24.47	8.06	6.54	9.00	10.40	58.46	0.25	58.70
8	0.11	17.94	6.36	5.65	5.21	7.60	42.76	0.25	43.00
9	0.09	14.68	4.66	4.46	4.50	4.40	32.70	0.25	32.95
10	0.08	13.05	3.82	3.27	3.55	3.80	27.49	0.25	27.73
11	0.06	9.79	3.39	2.68	2.60	3.00	21.46	0.25	21.70
12	0.05	8.16	2.54	2.38	2.13	2.20	17.41	0.25	17.65
13	0.03	4.89	2.12	1.78	1.89	1.80	12.49	0.25	12.74
14	0.03	4.89	1.27	1.49	1.42	1.60	10.67	0.25	10.92
15	0.03	4.89	1.27	0.89	1.18	1.20	9.44	0.25	9.69
16	0.02	3.26	1.27	0.89	0.71	1.00	7.14	0.25	7.38
17	0.02	3.26	0.85	0.89	0.71	0.60	6.31	0.25	6.56
18	0.02	3.26	0.85	0.59	0.71	0.60	6.02	0.25	6.26
19	0.01	1.63	0.85	0.59	0.47	0.60	4.15	0.25	4.39
20	0.01	1.63	0.42	0.59	0.47	0.40	3.52	0.25	3.77

Hour	U (t,i)	Hujan Netto (mm/hour)					Debit m ³ /s	Base Flow m ³ /s	Total Debit m ³ /s
		163.11	42.40	29.74	23.68	19.99			
21	0.00	0.10	0.42	0.30	0.47	0.40	1.69	0.25	1.94
22	0.00	0.07	0.02	0.30	0.24	0.40	1.03	0.25	1.28
23	0.00	0.05	0.02	0.02	0.24	0.20	0.52	0.25	0.77
24	0.00	0.04	0.01	0.01	0.01	0.20	0.28	0.25	0.52
Debit Maksimum									143.63

Sumber: Diolah oleh penulis (2023)



Gambar 4 5 Grafik HSS Nakayasu (Dokumentasi Pribadi, 2023)

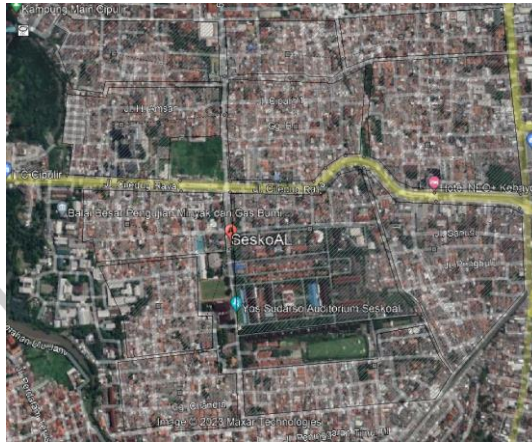
Berdasarkan hasil perhitungan untuk Grafik HSS Nakayasu, debit banjir rencana dalam 24 jam untuk berbagai periode ulang didapatkan. Debit maksimum pada tiap periode ulang adalah 50,95 m³/det untuk periode ulang 2 tahun, 117,64 m³/det untuk periode ulang 5 tahun, dan 143.63 m³/det untuk periode ulang 10 tahun. Hasil perhitungan HSS Nakayasu selanjutnya digunakan sebagai input dalam analisis hidrolika.

4.3 Analisis Hidrolika

4.3.1 Pemodelan Jaringan Drainase Eksisting Menggunakan EPA SWMM 5.2

Hal pertama yang perlu dilakukan dalam evaluasi jaringan drainase eksisting dari Kawasan Seskoal adalah dengan menentukan *subcatchment* pada ruas jalan. Proses ini dibantu dengan data denah yang didapatkan dari software Google Earth sebagai acuan penentuan

subcatchment pada aplikasi SWMM. Gambar denah dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

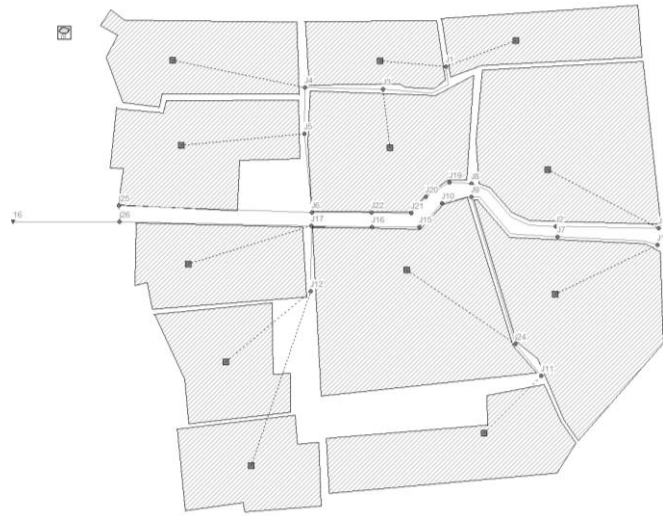


Gambar 4.6 Batas Kawasan Seskoal Cipulir (Google Earth, 2022)

Untuk memodelkan jaringan drainase eksisting (kondisi asli drainase), terdapat langkah-langkah penyajian sebagai berikut:

1. Menggambarkan DTA (Daerah Tangkapan Air) Kawasan Seskoal.

Daerah Tangkapan Air (DTA) merupakan wilayah geografis di mana air hujan yang jatuh di permukaan tanah atau aliran permukaan mengalir ke satu titik tertentu. Dalam menggambar DTA serta *Subcatchment* pada *SWMM 5.2* bertujuan untuk mengetahui *Subcatchment Area* atau daerah tangkapan air hujan. Pada daerah tangkapan air hujan DTA Seskoal yang turun merupakan DTA yang ditinjau dari perhitungan analisis debit banjir. DTA Seskoal digambarkan menggunakan *Google Earth Pro* kemudian dimasukkan kedalam pemodelan *SWMM 5.2* sebagai acuan dalam pembuatan *Subcatchment Area* pada *SWMM 5.2*. Sehingga dapat dilihat pada Gambar 4.5



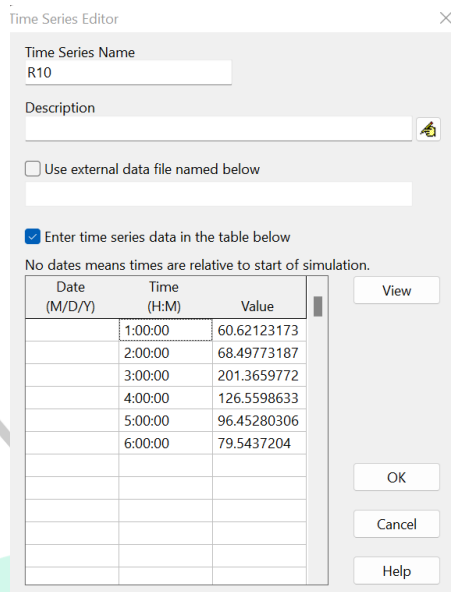
Gambar 4.7 DTA Seskoal Pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Serta terdapat beberapa komponen yang digunakan dalam pemodelan ini yaitu:

1. *Subcatchment*
2. *Conduit*
3. *Junction*
4. *Storage Unit*
5. *Rain Gage*
6. dan *Outfall*.

Setelah membuat komponen-komponen pada SWMM 5.2, langkah selanjutnya adalah memasukan data- data pada komponen-komponen tersebut, sebagai berikut:

- a. *Rain Gage*
- b. *Rain gage* digunakan untuk mengukur dan memberikan data curah hujan yang akan digunakan dalam pemodelan hidrologi di SWMM. Dilakukan input data *Rain Gage* yang berupa data intensitas hujan seperti yang terdapat pada Tabel 4.19 dengan membuat time series sesuai periode ulang yang digunakan. Dapat dilihat pada Gambar 4.8 dibawah ini merupakan data yang akan digunakan pada objek *rain gage*.



Gambar 4.8 Data time series pada Rain Gage SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2023)

c. *Subcatchment*

Subcatchment dalam SWMM adalah daerah tangkapan air hujan yang dianalisis secara terpisah. *Subcatchment* digunakan untuk membagi DTA menjadi area-area yang lebih kecil dengan karakteristik hidrologi dan topografi yang serupa. Dalam mengisi data *Subcatchment Area* pada SWMM 5.2 harus memperhatikan data seperti Area, Width, Scope on percent, Impervious on percent, N-Impervious, N-Pervious, D-store Impervious, dan D-store Pervious. Seperti pada Gambar 4.9 berikut.

Subcatchment 5	
Property	Value
Tag	
Rain Gage	1
Outlet	J4
Area	7
Width	500
% Slope	0.5
% Imperv	25
N-Imperv	0.01
N-Perv	0.1
Dstore-Imperv	0.05
Dstore-Perv	0.05
%Zero-Imperv	25
Depth of depression storage on pervious area (mm)	

Gambar 4 9 Data Subcatchment Pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Selain itu perlu juga untuk memperhatikan data infiltrasi (*Infiltration Data*) dengan menggunakan *Horton Method* dapat dilihat pada Gambar 4.10

Infiltration Editor ✕

Infiltration Method: HORTON

Property	Value
Max. Infil. Rate	3.0
Min. Infil. Rate	0.5
Decay Constant	4
Drying Time	7
Max. Volume	0

Maximum rate on the Horton infiltration curve (in/hr or mm/hr)

Gambar 4 10 Infiltration Subcatchment Horton Method (Dokumentasi Pribadi, 2023)

d. *Junction*

Junction merepresentasikan titik pertemuan atau persimpangan antara saluran drainase yang berbeda. Dalam

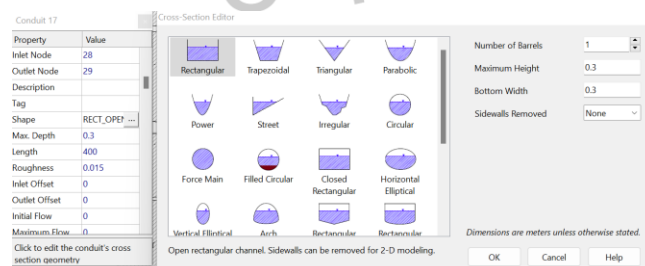
konteks SWMM, junction digunakan untuk menghubungkan saluran-saluran drainase yang berbeda, mengatur aliran air di persimpangan, dan mengendalikan aliran air antara saluran-saluran tersebut. Data junction diisi dengan elevasi (Invert EI)

Property	Value
X-Coordinate	696074.090
Y-Coordinate	9309970.247
Description	
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert El.	21.2
Max. Depth	0
Initial Depth	0
Surcharge Depth	0
Ponded Area	0
Optional category or classification	

Gambar 4 11 Data Junction SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi)

e. *Conduit*

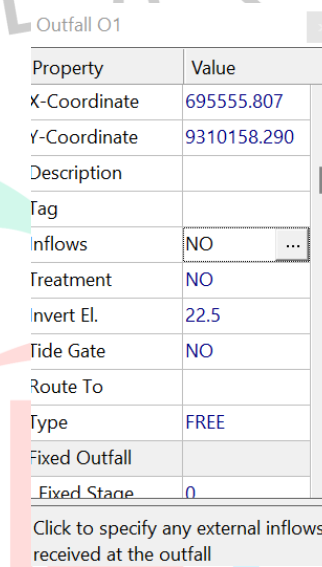
Conduit digunakan untuk merepresentasikan saluran drainase yang mengalirkan air di dalam sistem. Penginputan data pada conduit disesuaikan dari ukuran dan bentuk saluran drainase yang sudah ada. Pada penelitian ini saluran drainase berbentuk kotak dan terbuka sehingga bentuk conduit yang dimodelkan pada SWMM 5.2 adalah *Rectangular-Open* yang dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4 12 Data conduit pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2023)

f. *Outfall*

Outfall adalah saluran pembuangan yang digunakan untuk merepresentasikan titik di mana air dari sistem drainase dievakuasi ke perairan penerima, seperti sungai, danau, atau laut. Untuk penginputan data bagian *outfall* dapat memasukan data elevasi yang dapat dilihat pada Gambar 4.13.



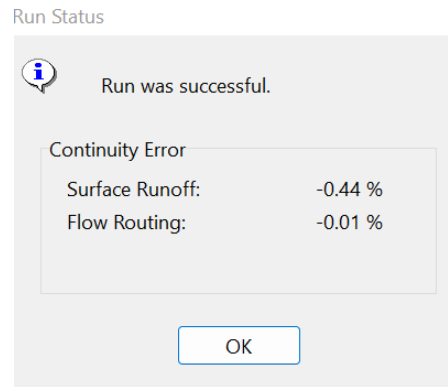
Property	Value
X-Coordinate	695555.807
Y-Coordinate	9310158.290
Description	
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert El.	22.5
Tide Gate	NO
Route To	
Type	FREE
Fixed Outfall	
Fixed Stage	0

Click to specify any external inflows received at the outfall

Gambar 4 13 Data outfall pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2023)

g. *Run Analysis*

Setelah memasukan data pada komponen SWMM 5.2, langkah selanjutnya adalah Run Analysis untuk melihat limpasan pada software. Gambar 4.14 menunjukkan hasil *flow routing* dan *surface runoff* sebesar -0.44% dan -0.01% dimana hasil error tersebut kurang dari 10% yang artinya sangat baik. Hasil error tersebut masih bisa ditolerir dan dapat dilanjutkan ke tahap analisis berikutnya.



Gambar 4 14 Run analysis SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2023)

4.3.2 Hasil Pemodelan dan Simulasi Drainase Eksisting Jaringan Drainase Eksisting

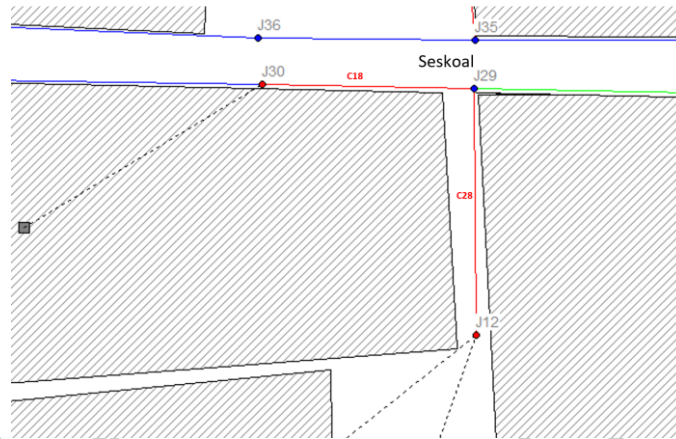
Pada pemodelan ini merupakan pemodelan utama yang dimana pemodelan ini sesuai dengan yang ada di lapangan langsung atau bisa dikatakan sesuai dengan keaslian dari bangunan eksisting tersebut.

Sehingga dapat dilihat hasilnya pada keterangan berikut ini:

1. Hasil Simulasi

Selanjutnya dilakukan simulasi untuk melihat respon dari aliran air. Setelah simulasi dijalankan, dapat dilihat bahwa terjadi limpasan pada saluran drainase. Hal ini membuktikan bahwa aliran air yang berada di saluran debitnya melebihi kapasitas maksimum, akibat puncak intensitas hujan.

Dapat dilihat pada hasil simulasi EPA SWMM pada Gambar 4.16 bahwa beberapa saluran di lokasi tersebut mengalami peluapan sehingga terjadinya banjir. C18 dan C28 yang merupakan saluran di Seskoal berwarna merah, artinya saluran tersebut melimpah. Hasil simulasi untuk kondisi eksisting pada SWMM untuk dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.



Gambar 4.15 Kondisi Drainase Seskoal Tanpa Kolam Retensi (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Hasil dari simulasi menunjukkan warna yang berbeda-beda tiap komponen. Warna merah pada *conduit* (saluran) menunjukkan bahwa titik tersebut tidak dapat menampung aliran air yang masuk dan mengalami kelebihan aliran atau potensi banjir.

J12 dan J30 yang merupakan titik pertemuan untuk saluran C18 dan C28 yang merupakan kawasan Seskoal menunjukkan hasil warna merah, yang artinya titik tersebut meluap atau kebanjiran. Warna merah pada Junction dan Conduit tersebut menunjukkan bahwa kondisi tidak aman karena debit yang masuk pada saluran melebihi kapasitas dari saluran yang tersedia.

4.3.3 Evaluasi Jaringan Drainase Dengan Menambahkan Kolam Retensi

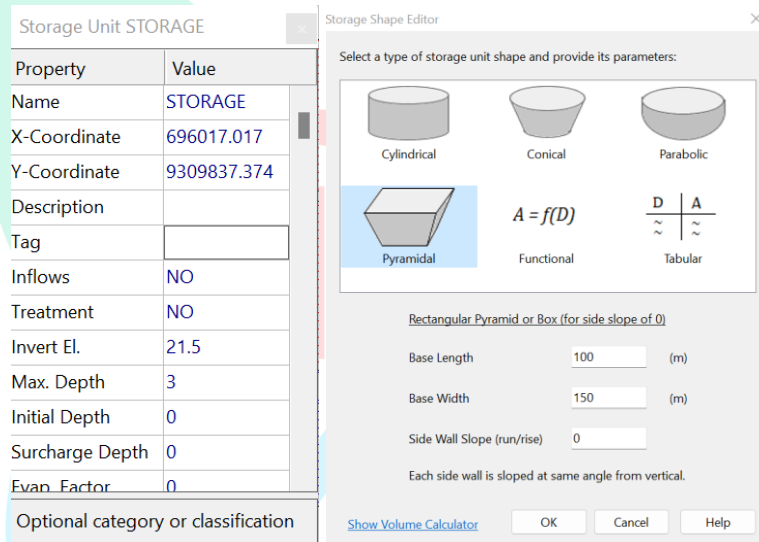
Dapat dilihat pada sub bab sebelumnya pada pemodelan drainase eksisting menggunakan EPA SWMM, kapasitas saluran di seskoal tidak mampu menampung debit banjir sehingga saluran tersebut meluap sehingga terjadinya banjir. Dengan merencanakan kolam retensi sebagai bentuk evaluasi jaringan drainase di Seskoal, diharapkan air banjir dapat ditampung di kolam retensi dan bisa mengendalikan aliran air banjir di Seskoal sehingga debit banjir pun berkurang dan dapat mengurangi banjir di Seskoal.

4.3.3.1 Pemodelan Kolam Retensi Pada SWMM 5.2

Setelah memodelkan kondisi eksisting sistem drainase, langkah selanjutnya adalah memodelkan kolam retensi sebagai

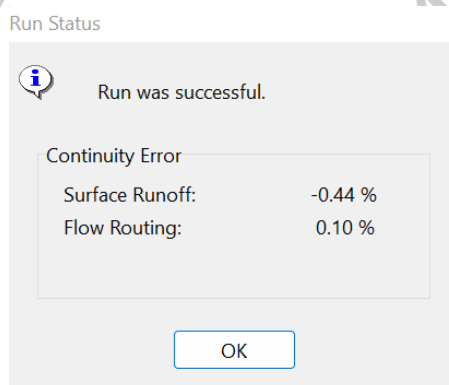
evaluasi jaringan drainase menggunakan perangkat lunak SWMM. Langkah-langkah pemodelan hampir sama seperti pemodelan drainase eksisting di atas, hanya saja menambahkan 1 *storage unit*.

Bentuk kolam retensi yang dimodelkan pada SWMM adalah Pyramidal dengan luas permukaan (A) sebesar 15.000 m². Selanjutnya dilakukan input data pada *storage unit*, yaitu ketinggian elevasi yang harus lebih rendah dari tinggi *junction/conduit*. Dapat dilihat pada Gambar 4.18 merupakan input data *storage unit* yang sesuai dengan kapasitas yang dapat menampung debit banjir.



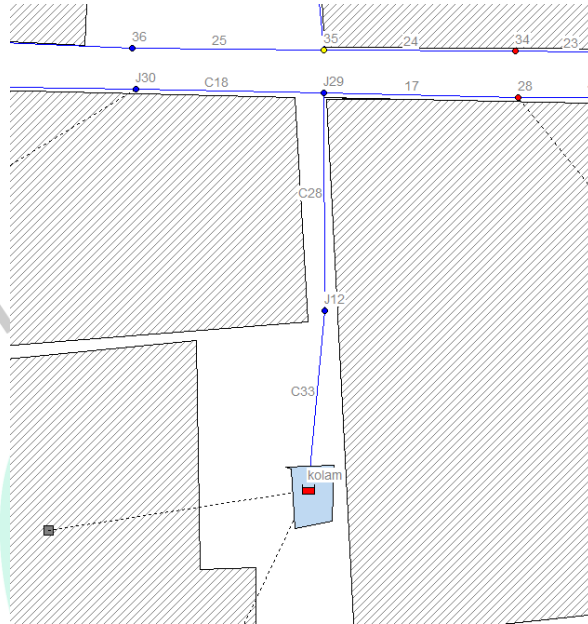
Gambar 4 16 Storage Curve SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Setelah selesai memodelkan kolam retensi, selanjutnya lakukan *Run Analysis*.



Gambar 4 17 Run Analysis (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Hasil dari running Model SWMM untuk evaluasi sistem drainase dengan penambahan kolam retensi dapat dilihat pada Gambar 4.20 dibawah ini



Gambar 4 18 Kondisi Drainase Seskoal Sesudah Kolam Retensi (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Berdasarkan hasil pemodelan SWMM diatas, dapat dilihat bahwa C18 dan C28 sudah tidak lagi berwarna merah, melainkan berwarna biru yang artinya sudah tidak terjadi banjir setelah direncanakan kolam retensi. Artinya kolam retensi tersebut mampu / efektif untuk mengatasi banjir di Seskoal karena limpasan hujan ditampung ke kolam retensi.

4.3.4 Analisis Debit Banjir Kolam Retensi Menggunakan Software EPA SWMM 5.2

Setelah melakukan pemodelan sebelum dan sesudah adanya kolam retensi di EPA SWMM Versi 5.2, selanjutnya adalah menganalisis debit banjir sebelum dan sesudah adanya kolam retensi yang sudah dimodelkan.

A. Kalibrasi Model Hidrolika EPA SWMM 5.2

Hasil simulasi yang sudah dijalankan harus dibandingkan dengan data kenyataannya dengan cara dikalibrasi. Data debit yang

sudah dihasilkan dari aplikasi SWMM 5.2 dibandingkan dengan debit asli yang sudah ada, dengan cara dikalibrasi menggunakan persamaan RMSE yang dapat dilihat pada Rumus dibawah ini:

Root Mean Square Error (RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - S_i)^2}{n}}$$

O_i : Debit yang diamati (m³/detik)

S_i : Hasil simulasi debit (m³/detik)

n : Jumlah titik data yang disimulasikan

Tabel 4 24 Perhitungan kalibrasi debit banjir dengan RMSE

Saluran Observasi	Waktu	Debit Observasi	Debit SWMM	(Qobs-QSWMM) ²	RMSE
Conduit 28	0	0.25	0.31	0.0036	0.754
	1	26.14	27.54	1.96	
	2	143.63	143.55	0.0064	
	3	125.31	124.89	0.1764	
	4	112.95	111.45	2.25	
	5	90.72	92.32	2.56	
	6	80.93	80	0.8649	
	7	58.7	58.5	0.04	
	8	43	42.13	0.7569	
	9	32.95	33.11	0.0256	
	10	27.73	26.42	1.7161	
	11	21.7	20.72	0.9604	
	12	17.65	18.01	0.1296	
	13	12.74	12.33	0.1681	
	14	10.92	11.21	0.0841	
	15	9.69	8.43	1.5876	
	16	7.38	6.87	0.2601	
	17	6.56	6.78	0.0484	
	18	6.26	6.09	0.0289	
	19	4.39	4.24	0.0225	
	20	3.77	3.24	0.2809	
	21	1.94	1.77	0.0289	
	22	1.28	1.11	0.0289	
	23	0.77	0.53	0.0576	
24	0.52	0.11	0.1681		
Total				14.214	

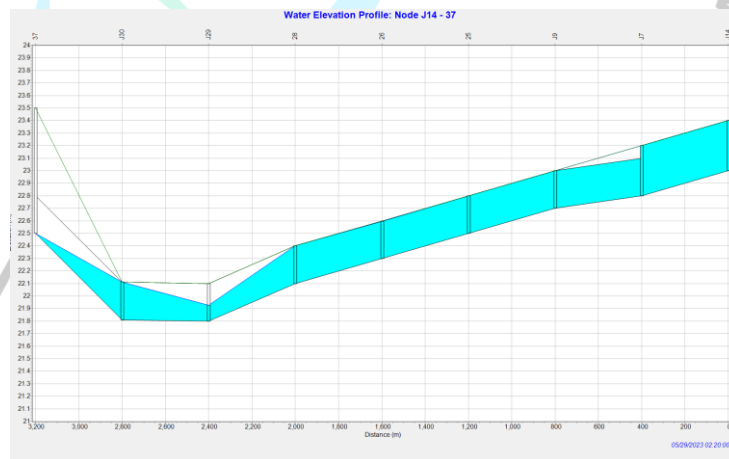
Sumber: Diolah oleh penulis (2023)

Pada Tabel 4.26, dapat terlihat perbandingan antara debit observasi dengan debit SWMM 5.2 menghasilkan nilai RMSE sebesar 0.754. Hasil nilai RMSE menunjukkan nilai yang mendekati angka 0 dengan kata lain bahwa tingkat kesalahan perhitungan sangat kecil. Dapat dikatakan bahwa simulasi hidrolika pada aplikasi EPA SWMM 5.2 sudah memiliki pendekatan yang sesuai dengan kondisi wilayah penelitian Seskoal.

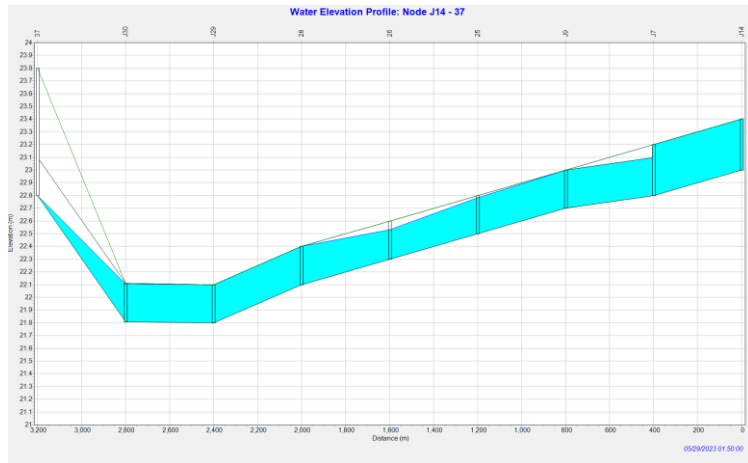
B. Debit Banjir Sebelum Adanya Kolam Retensi

Pada Gambar 4.19, dapat dilihat hasil running sangat baik dimana tingkat kesalahan pada surface runoff dan flow routing memperoleh nilai sebesar 0.00 %, bila kesalahan simulasi lebih dari sepuluh persen (>10%), maka error tidak dapat ditolerir.

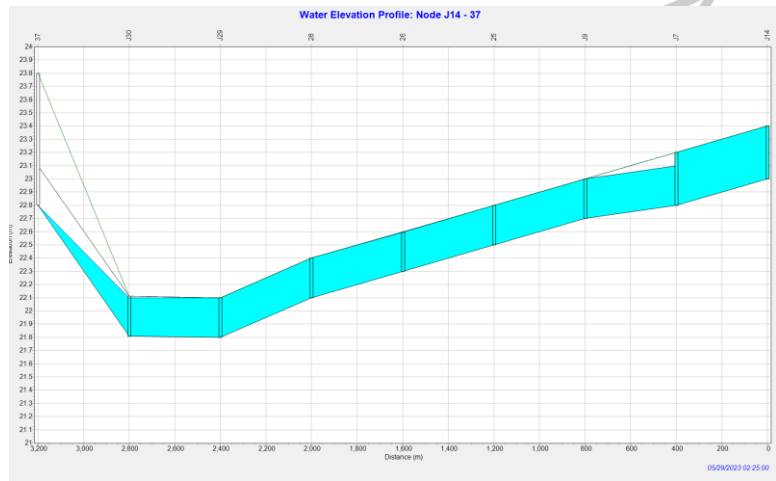
Dapat dilihat hasil tampilan simulasi tanpa kolam retensi pada Gambar 4.20 yang sudah dijalankan pada aplikasi software 5.2. Simulasi dilakukan pada tiga periode ulang dengan intensitas hujan dan debit baseflow yang berbeda, sesuai dengan masing-masing periode ulang.



Gambar 4.19 Water Elevation Profile periode ulang 2 tahun (Dokumentasi Pribadi, 2023)



Gambar 4 20 Water Elevation Profile periode ulang 5 tahun (Dokumentasi Pribadi, 2023)



Gambar 4 21 Water Elevation Profile periode ulang 10 tahun (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Berdasarkan hasil simulasi hidrolika tanpa kolam retensi, di atas, terlihat bahwa saluran drainase tidak dapat menampung debit banjir maksimum pada periode ulang 2, 5, dan 10 tahun. Hasil debit banjir tanpa kolam retensi ditunjukkan pada Tabel 4.27 dibawah ini.

Tabel 4 25 Hasil debit banjir tanpa kolam retensi pada SWMM 5.2

Jam	Debit Periode Ulang (m ³ /s)		
	R2	R5	R10
0:05:00	0	0	0
0:10:00	0	0	0
0:15:00	0	0	0
0:20:00	0	0	0
0:25:00	0	0	0

Jam	Debit Periode Ulang (m ³ /s)		
	R2	R5	R10
0:30:00	0	0	0
0:35:00	0	0	0
0:40:00	0	0	0
0:45:00	0	0	0
0:50:00	0	0	0
0:55:00	0	0	0
1:00:00	0	0	0
1:05:00	10.04	16.01	21.71
1:10:00	16.24	24.97	33.29
1:15:00	20.5	31.81	42.7
1:20:00	24.6	38.39	51.6
1:25:00	28.54	44.43	59.09
1:30:00	32.14	49.36	65.68
1:35:00	35.29	53.76	70.99
1:40:00	37.83	57.3	75.12
1:45:00	40.07	60.1	78.25
1:50:00	41.91	62.27	80.59
1:55:00	43.45	63.94	82.2
2:00:00	44.59	65.2	83.46
2:05:00	38.68	56.1	70.9
2:10:00	36.43	52.22	65.71
2:15:00	35.1	49.92	62.61
2:20:00	34.14	48.28	60.57
2:25:00	33.39	47.06	58.97
2:30:00	32.78	46.2	57.79
2:35:00	32.3	45.5	56.92
2:40:00	31.92	44.96	56.26
2:45:00	31.65	44.54	55.81
2:50:00	31.41	44.23	55.44
2:55:00	31.22	44	55.17
3:00:00	31.08	43.81	54.96
3:05:00	28.53	39.89	49.63
3:10:00	27.22	38.02	47.49
3:15:00	26.34	36.85	45.98
3:20:00	25.75	35.99	44.87
3:25:00	25.23	35.33	44.04
3:30:00	24.86	34.81	43.4
3:35:00	24.54	34.38	42.95
3:40:00	24.27	34.07	42.57
3:45:00	24.07	33.8	42.28
3:50:00	23.9	33.6	42.05
3:55:00	23.76	33.44	41.87

Jam	Debit Periode Ulang (m ³ /s)		
	R2	R5	R10
4:00:00	23.65	33.31	41.75
4:05:00	22.22	31.17	39.02
4:10:00	21.5	30.2	37.69
4:15:00	21.03	29.53	36.85
4:20:00	20.67	29.02	36.23
4:25:00	20.38	28.61	35.72
4:30:00	20.15	28.3	35.36
4:35:00	19.95	28.05	35.07
4:40:00	19.78	27.85	34.83
4:45:00	19.66	27.68	34.65
4:50:00	19.55	27.55	34.5
4:55:00	19.45	27.44	34.39
5:00:00	19.38	27.36	34.29
5:05:00	18.52	26.01	32.52
5:10:00	18.02	25.38	31.73
5:15:00	17.72	24.93	31.18
5:20:00	17.47	24.62	30.76
5:25:00	17.29	24.35	30.44
5:30:00	17.13	24.13	30.19
5:35:00	17	23.96	29.98
5:40:00	16.88	23.82	29.82
5:45:00	16.79	23.71	29.69
5:50:00	16.71	23.62	29.58
5:55:00	16.65	23.54	29.5
6:00:00	16.59	23.47	29.43

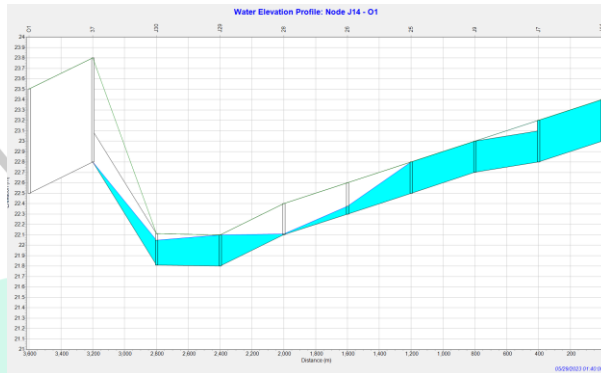
Sumber: Diolah oleh penulis (2023)

Pada tabel di atas menunjukkan bahwa terjadinya peluapan air ketika debit mencapai 44.59 m³/detik pada periode ulang 2 tahun, 65.2 m³/detik pada periode ulang 5 tahun, dan 83.46 m³/detik pada periode ulang 10 tahun

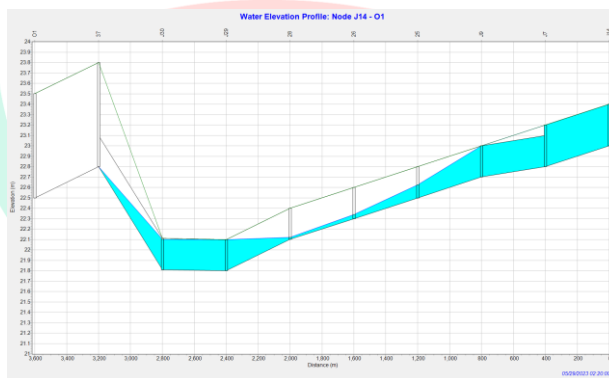
C. Debit Banjir Sesudah Adanya Kolam Retensi

Pada Gambar 4.14, dapat dilihat hasil running sangat baik dimana tingkat kesalahan pada surface runoff dan flow routing memperoleh nilai sebesar 0.00 %, bila kesalahan simulasi lebih dari sepuluh persen (>10%), maka error tidak dapat ditolerir.

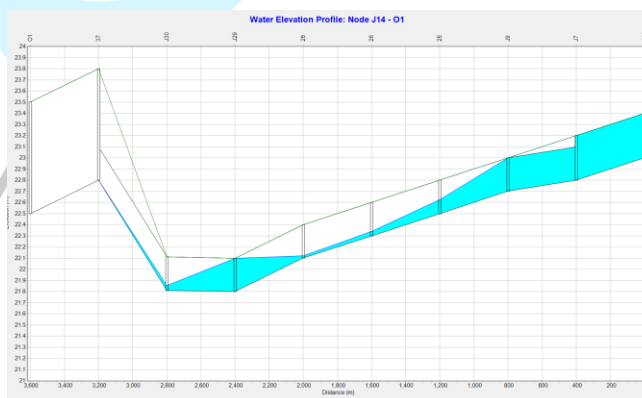
Dapat dilihat hasil tampilan simulasi tanpa kolam retensi pada Gambar 4.16 yang sudah dijalankan pada aplikasi software 5.2. Simulasi dilakukan pada tiga periode ulang dengan intensitas hujan dan debit baseflow yang berbeda, sesuai dengan masing-masing periode ulang.



Gambar 4 22 Water Elevation Profile periode ulang 2 tahun (Dokumentasi Pribadi, 2023)



Gambar 4 23 Water Elevation Profile periode ulang 5 tahun (Dokumentasi Pribadi, 2023)



Gambar 4 24 Water Elevation Profile periode ulang 10 tahun (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Berdasarkan hasil simulasi hidrolika dengan kolam retensi, tepatnya pada Gambar 4.25 hingga Gambar 4.27 terlihat bahwa

saluran dapat menampung debit banjir maksimum pada periode ulang 2, 5, dan 10 tahun karena debit banjir sudah dialirkan kedalam kolam retensi. Hasil debit banjir dengan kolam retensi ditunjukkan pada Tabel 4.27 dibawah ini.

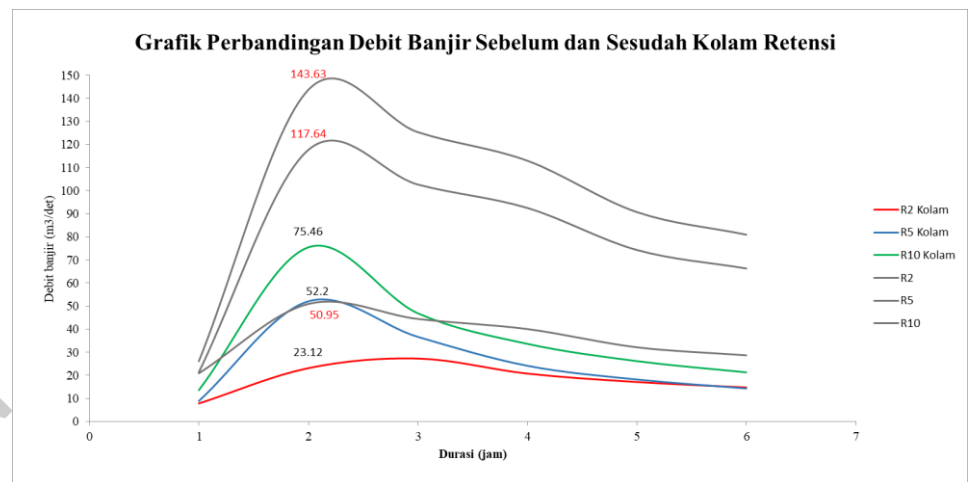
Tabel 4 26 Hasil debit dengan kolam retensi menggunakan SWMM 5.2

Jam	Debit Periode Ulang (m ³ /s)		
	R2	R5	R10
0:05:00	0	0	0
0:10:00	0	0	0
0:15:00	0	0	0
0:20:00	0	0	0
0:25:00	0	0	0
0:30:00	0	0	0
0:35:00	0	0	0
0:40:00	0	0	0
0:45:00	0	0	0
0:50:00	0	0	0
0:55:00	0	0	0
1:00:00	0	0	0
1:05:00	7.87	9.01	13.71
1:10:00	8.24	19.97	25.29
1:15:00	12.5	24.81	34.7
1:20:00	16.6	31.39	43.6
1:25:00	17.54	37.43	51.09
1:30:00	17.84	42.36	57.68
1:35:00	18.29	46.76	62.99
1:40:00	18.83	47.3	67.12
1:45:00	19.31	47.1	70.25
1:50:00	20.72	49.27	72.59
1:55:00	22.96	50.94	74.2
2:00:00	23.12	52.2	75.46
2:05:00	22.95	46.1	62.9
2:10:00	21.76	42.22	57.71
2:15:00	20.09	39.92	54.61
2:20:00	19.1	38.28	52.57
2:25:00	18.42	37.06	50.97
2:30:00	17.99	36.2	49.79
2:35:00	17.71	38.5	48.92
2:40:00	17.53	37.96	48.26
2:45:00	17.42	37.54	47.81
2:50:00	17.34	37.23	47.44
2:55:00	17.29	37	47.17

Jam	Debit Periode Ulang (m ³ /s)		
	R2	R5	R10
3:00:00	17.26	36.81	46.96
3:05:00	14.05	32.89	41.63
3:10:00	12.94	31.02	39.49
3:15:00	12.19	29.85	37.98
3:20:00	11.7	28.99	36.87
3:25:00	11.38	28.33	36.04
3:30:00	11.16	27.81	35.4
3:35:00	11.02	27.38	34.95
3:40:00	10.92	27.07	34.57
3:45:00	10.85	26.8	34.28
3:50:00	10.81	26.6	34.05
3:55:00	10.78	26.44	33.87
4:00:00	10.76	24.31	33.75
4:05:00	9.12	22.17	31.02
4:10:00	8.42	21.2	29.69
4:15:00	8.01	20.53	28.85
4:20:00	7.72	20.02	28.23
4:25:00	7.52	19.61	27.72
4:30:00	7.39	19.3	27.36
4:35:00	7.3	19.05	27.07
4:40:00	7.23	18.85	26.83
4:45:00	7.19	18.68	26.65
4:50:00	7.16	18.55	26.5
4:55:00	7.14	18.44	26.39
5:00:00	7.13	18.36	26.29
5:05:00	6.05	17.01	24.52
5:10:00	5.65	16.38	23.73
5:15:00	5.37	15.93	23.18
5:20:00	5.18	15.62	22.76
5:25:00	5.05	15.35	22.44
5:30:00	4.96	15.13	22.19
5:35:00	4.89	14.96	21.98
5:40:00	4.85	14.82	21.82
5:45:00	4.81	14.71	21.69
5:50:00	4.79	14.62	21.58
5:55:00	4.78	14.54	21.5
6:00:00	4.77	14.47	21.43

Pada tabel di atas menunjukkan bahwa saluran drainase sudah tidak lagi meluap. Debit banjir pun juga mengalami penurunan yaitu mencapai 23.12 m³/detik pada periode ulang 2

tahun, 52.2 m³/detik pada periode ulang 5 tahun, dan 75.46 m³/detik pada periode ulang 10 tahun.



Gambar 4 25 Grafik perbandingan debit banjir (Dokumentasi Pribadi, 2023)

4.3.5 Perhitungan Volume Kolam Retensi

Untuk melakukan perhitungan kapasitas kolam retensi yang dibutuhkan, maka perlu mengetahui volume banjir nya terlebih dahulu. Berikut adalah hasil perhitungan total volume banjir yang masuk ke kolam retensi:

Debit banjir (Q) : 75,46 m³/detik

Waktu Perhitungan (T) : 5 menit (misal)

Total volume banjir masuk:

$$V = Q \times T$$

$$V = 75,46 \text{ m}^3/\text{s} \times T \text{ (detik)}$$

Misalnya, jika waktu perhitungan adalah 5 menit, maka:

$$T \text{ (detik)} = 5 \times 60 = 300 \text{ detik}$$

$$V = 75,46 \text{ m}^3/\text{s} \times 300 \text{ detik}$$

$$V = 22.638 \text{ m}^3$$

Jadi, total volume banjir yang masuk ke kolam retensi Seskoal selama periode 5 menit adalah sekitar 22.639 m³.

Setelah mendapatkan volume banjir, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan volume kolam retensi. Volume kolam retensi harus lebih

besar dari volume banjir. Kolam retensi dirancang untuk menampung air hujan berlebih dan memperlambat aliran masuk ke saluran drainase atau sungai. Dengan memiliki volume yang cukup besar, kolam retensi dapat membantu mengurangi risiko banjir. Berikut ini merupakan perhitungan volume kolam retensi menggunakan skenario kedalaman 3 m.

$$\text{Kedalaman maksimum (D)} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Luas permukaan kolam (A)} = 15.000 \text{ m}^2$$

$$\text{Efisiensi retensi (E)} = 80\% (0,8)$$

$$V = A \times D \times E$$

$$V = 15000 \times 3 \times 0,8$$

$$V = 36000 \text{ m}^3$$

Jadi, volume kolam retensi di Seskoal yang diperlukan adalah 36000 meter kubik (m^3). Volume kolam retensi lebih besar dari volume banjir yang masuk yaitu $22,638 \text{ m}^3$, maka kolam retensi Seskoal dapat menampung seluruh volume banjir yang masuk tanpa meluap.

4.3.6 Analisis Tinggi Muka Air dan Limpasan Banjir Menggunakan Software HEC-RAS

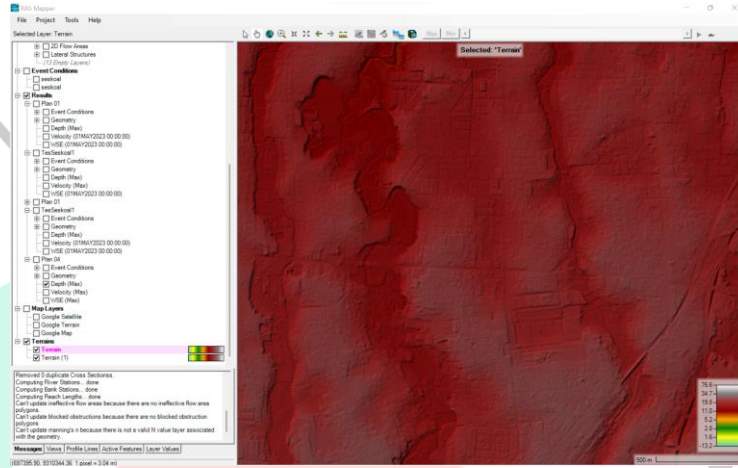
Setelah hasil simulasi pada SWMM 5.2 dilanjutkan simulasi pada Aplikasi HEC-RAS Versi 6.3.1 yang digunakan untuk melakukan analisis hidrolika dengan tujuan mengetahui tinggi muka air atau kedalaman limpasan banjir pada saat sebelum dan sesudah adanya kolam retensi. Berikut ini merupakan tahapan-tahapan penggunaan *software* HEC-RAS:

4.3.6.1 Proses Pembuatan Simulasi Hidrolika Menggunakan HEC-RAS

A. Pembuatan Terrain

Pembuatan terrain atau elevasi kontur tanah pada *software* HEC-RAS dilakukan dengan menggunakan peta DEMNAS. Langkah pembuatan *terrain* adalah dengan cara

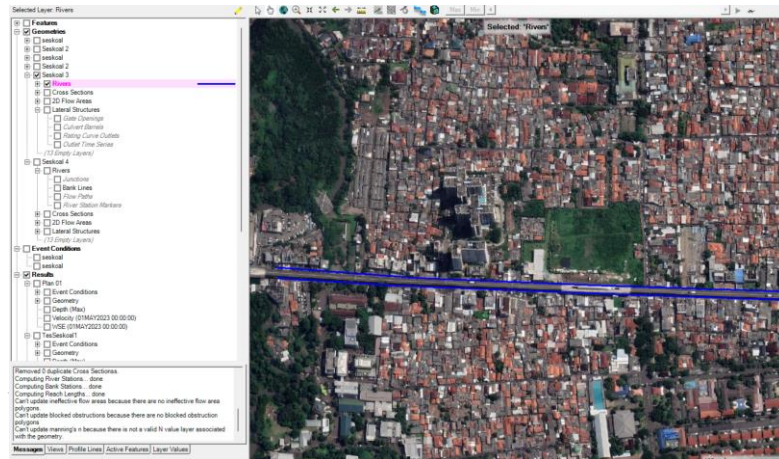
menjalankan RAS-Mapper, lalu klik *terrain*, dan *create a New RAS terrain*. Setelah itu, masukkan *projection* yang disesuaikan dengan lokasi peta DEMNAS dan akan didapatkan hasil terrain seperti yang terdapat pada Gambar 4.41.



Gambar 4 26 Hasil Pembuatan Terrain (Dokumentasi Pribadi)

B. Penggambaran River

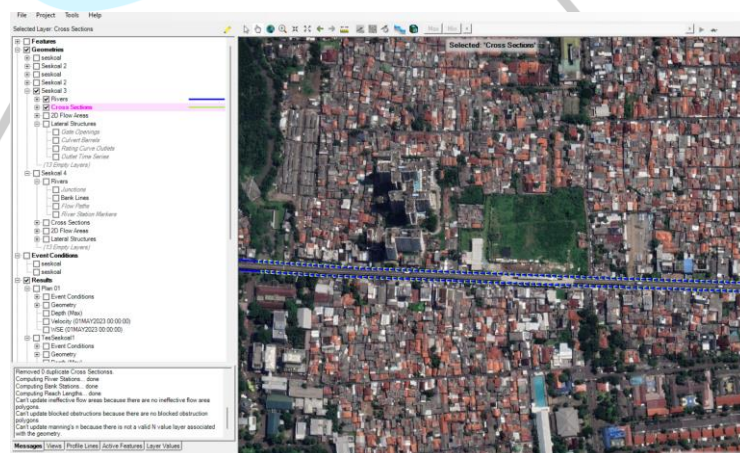
Penggambaran *river* atau yang biasa diketahui sebagai alur drainase dilakukan untuk mengetahui letak aliran air. Langkah pertama dalam penggambaran *river* adalah membuka *Google Satellite* pada map layer untuk menandakan lokasi Seskoal (Lokasi Penelitian). Langkah selanjutnya adalah pembuatan layer *geometries* baru, lalu memasukkan *river* yang sesuai dengan lokasi sebenarnya pada menu *geometries*. Pada Gambar 4.23 terdapat gambar *river* yang sudah ditandai pada menu *map layer*



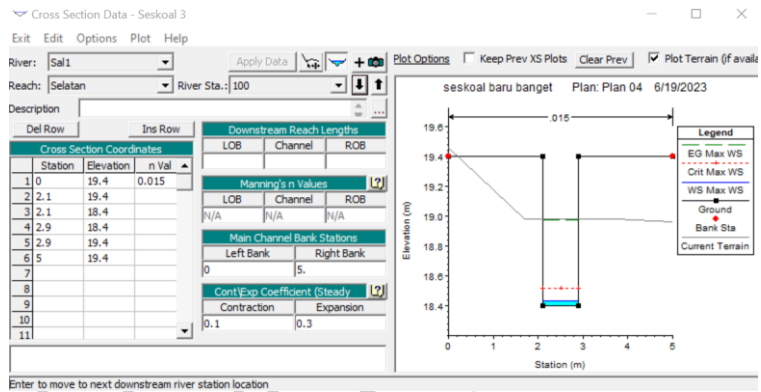
Gambar 4 27 River pada Menu Map Layer (Dokumentasi Pribadi, 2023)

C. Pembuatan *Cross Section*

Pembuatan *Cross Section* atau potongan melintang dilakukan dengan menggunakan menu *auto-generate cross section*, lalu selanjutnya dimasukkan jarak antara potongan melintang dan lebar potongan melintang yang masing-masing memiliki nilai 10 m dan 30 m. Langkah terakhir adalah menyesuaikan setiap potongan melintang dengan hasil survey menggunakan menu *geometric data*, lalu *cross section data*. Pada Gambar 4.43 terdapat gambar *cross section* alur drainase yang terdapat pada menu *map layer* dan pada Gambar 4.24 terdapat gambar tampak depan *cross section*.



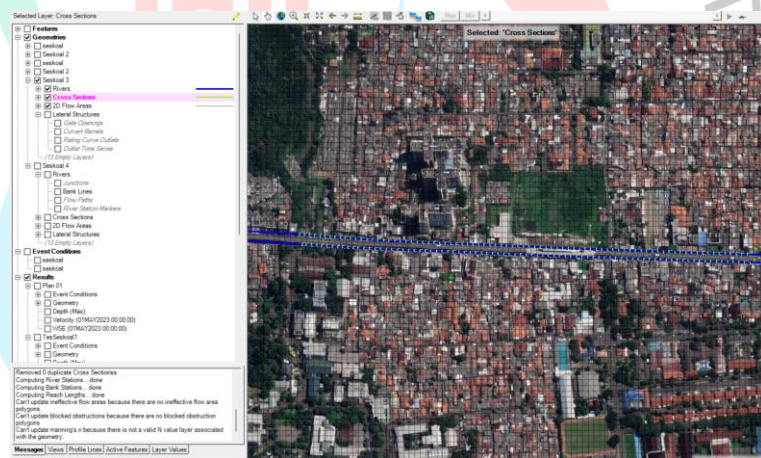
Gambar 4 28 Cross Section Alur Drainase pada Menu Map Layer (Dokumentasi Pribadi, 2023)



Gambar 4 29 Tampak Depan Cross Section (Dokumentasi Pribadi, 2023)

D. Pengolahan 2D Flow Area

Pembuatan 2D flow area dimulai dengan menggunakan menu RAS-Mapper, lalu 2D Flow Areas, dan perimeter. Setelah itu, dibuat flow area dan dilanjutkan dengan mengatur grid size sesuai dengan kelipatan ukuran grid size peta DEMNAS. Pada Gambar 4.45 terdapat gambar hasil pembuatan 2D flow area pada menu map layer.



Gambar 4 30 Hasil Pembuatan 2D Flow Area pada menu map layer (Dokumentasi Pribadi, 2023)

E. Pengaturan Koefisien Manning Pada Saluran

Pengaturan koefisien manning pada saluran dilakukan dengan menggunakan menu geometric data, lalu manning's n. Koefisien manning yang digunakan adalah sebesar 0,015 dikarenakan memiliki kondisi saluran tanah yang lurus, seragam, landai, dan bersih (Tabel 2.11).

F. Pembuatan *Lateral Structure*

Lateral Structure terdapat diantara perimeter seperti garis hitam yang terdapat pada Gambar 4.46. Dalam proses pembuatan *lateral structure* diperlukan data koefisien weir, yaitu sebesar 0,28 untuk tanggul alami, 1,1 untuk area yang memiliki tanggul dengan tinggi 30-100 cm, serta 1,43 untuk area yang memiliki tanggul dengan tinggi lebih dari 100 cm (Tabel 2.16).



Gambar 4 31 Hasil Pembuatan *lateral Structure* pada Menu *Map Layer* (Dokumentasi Pribadi, 2023)

G. Pengaturan *Unsteady Flow Data* dan *Unsteady Flow Analysis*

Dalam pengaturan *unsteady flow data* dan *unsteady flow analysis*, digunakan menu *view/edit unsteady flow data*. Bagian hulu dan hilir memiliki pengaturan yang berbeda. Pada bagian hulu drainase, digunakan pengaturan *flow hydrograph* yang merupakan interval intensitas hujan selama 1 jam dan durasi intensitas hujan selama 24 jam. Pada bagian hilir drainase, digunakan pengaturan normal

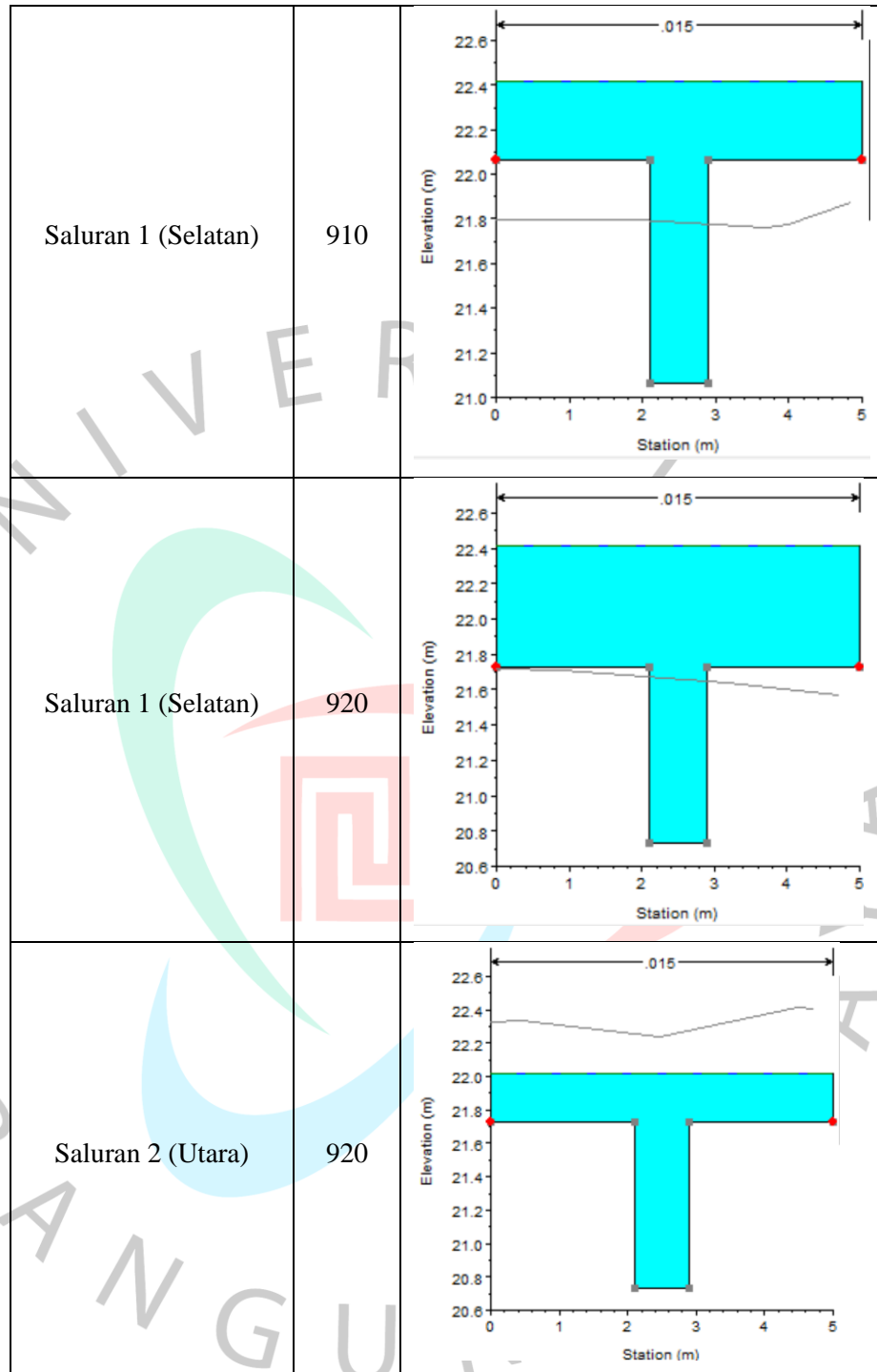
depth. Perbedaan pengaturan terjadi karena setelah bagian hilir masih terdapat alur drainase. Setelah menyelesaikan pengaturan pada bagian hulu dan hilir, dapat dilakukan *unsteady flow analysis* menggunakan menu *perform an unsteady flow simulation* dengan computation interval sebesar 10 detik.

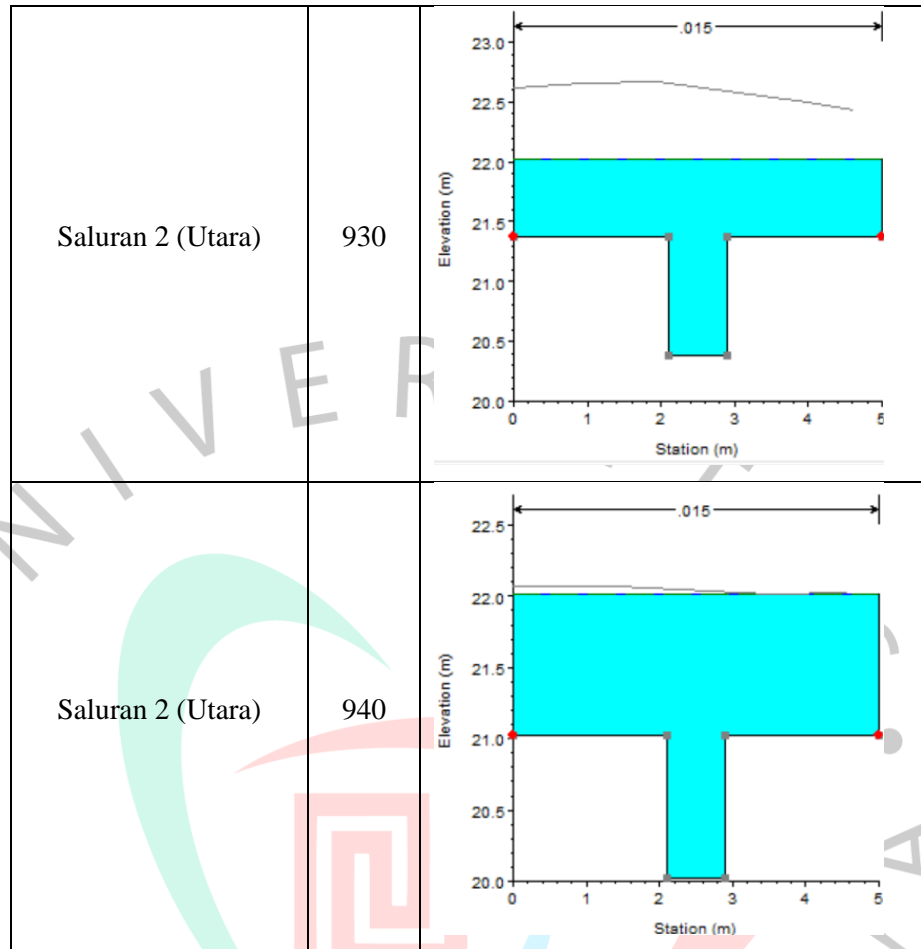
4.3.7 Hasil Analisis Hidrolika Menggunakan HEC-RAS 6.3.1

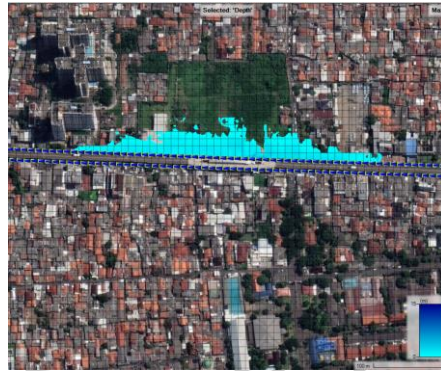
Hasil analisis hidrolika pada aplikasi HEC-RAS 6.3.1 menunjukkan hasil dari tinggi muka air banjir dan luas limpasan banjir yang terjadi pada periode ulang 10 tahun pada saat sebelum mitigasi. Berikut ini adalah hasil simulasi dari proses simulasi yang dilakukan pada HEC-RAS 6.3.1:

Tabel 4 27 Elevasi Banjir Pada Potongan Saluran Drainase Tanpa Kolam Retensi

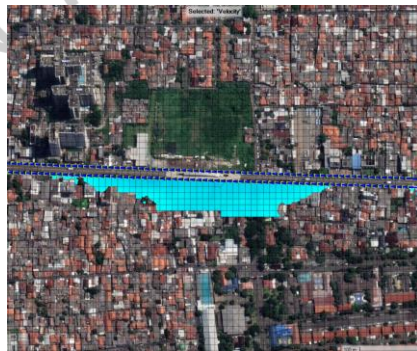
Jenis Saluran	Sta.	Kondisi Eksisting
Saluran 1 (Selatan)	320	
Saluran 1 (Selatan)	790	



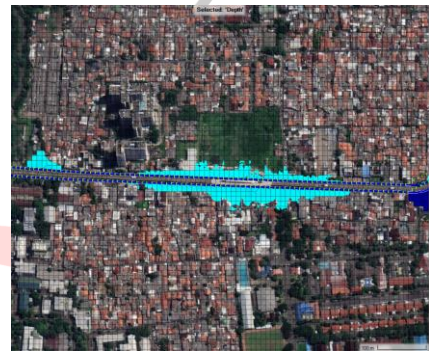




(a)



(b)



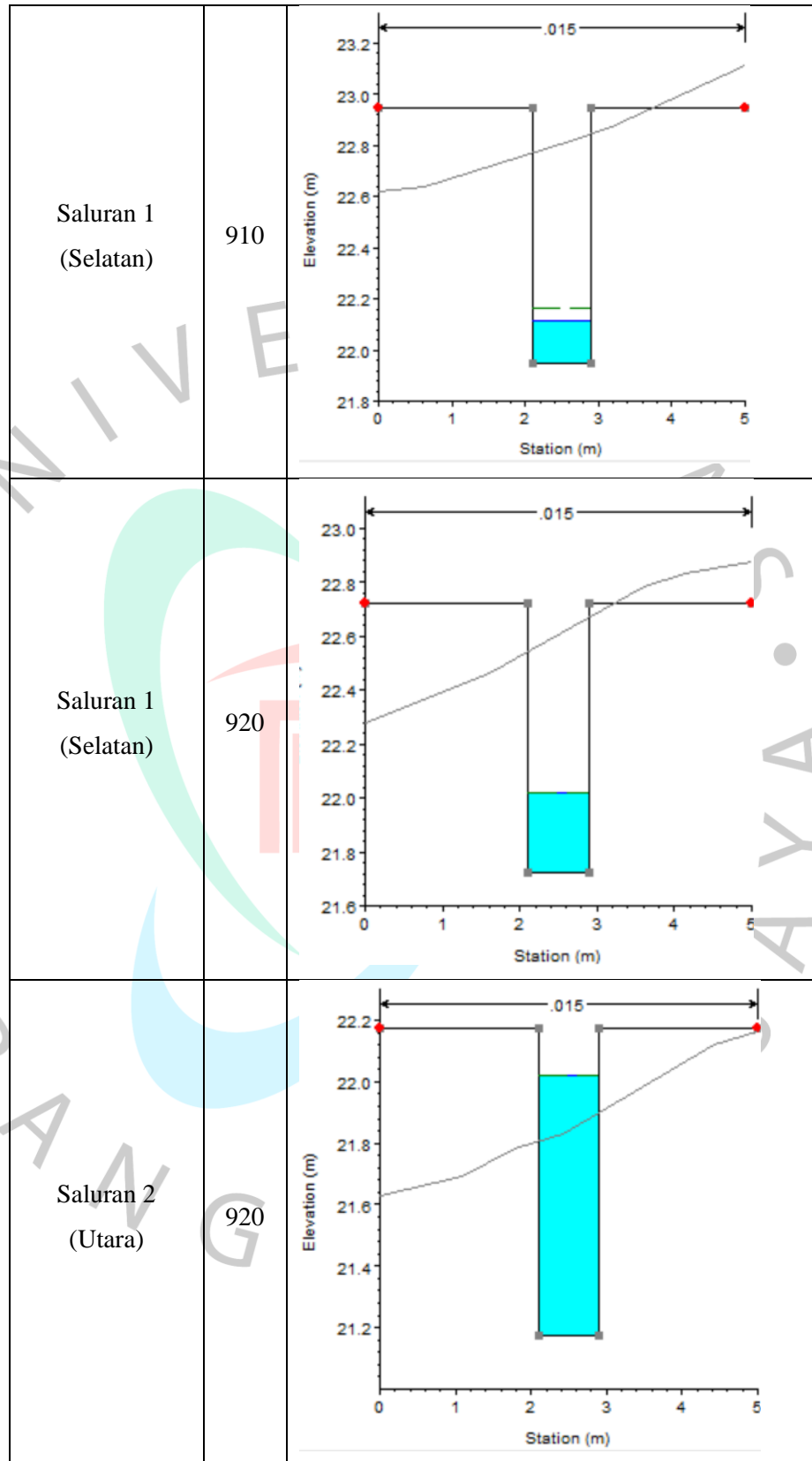
(c)

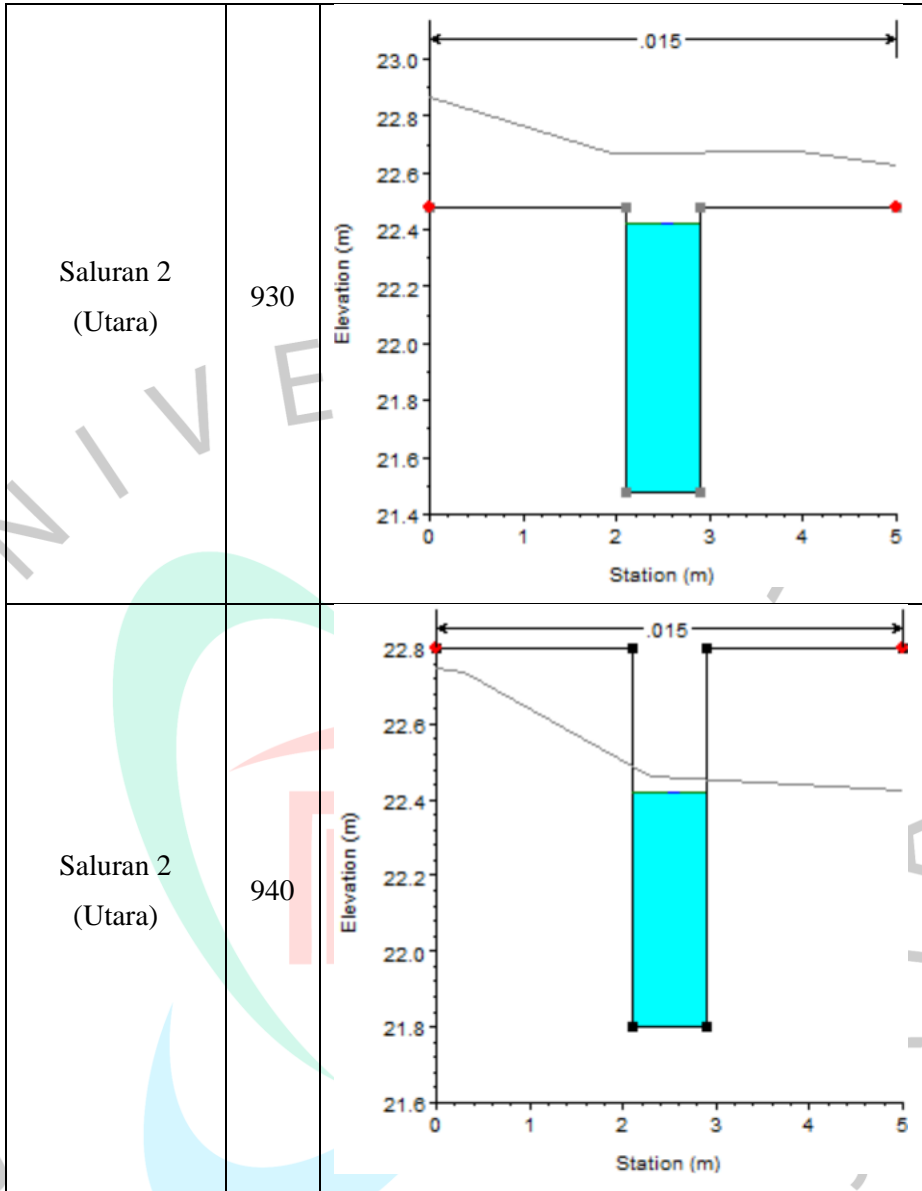
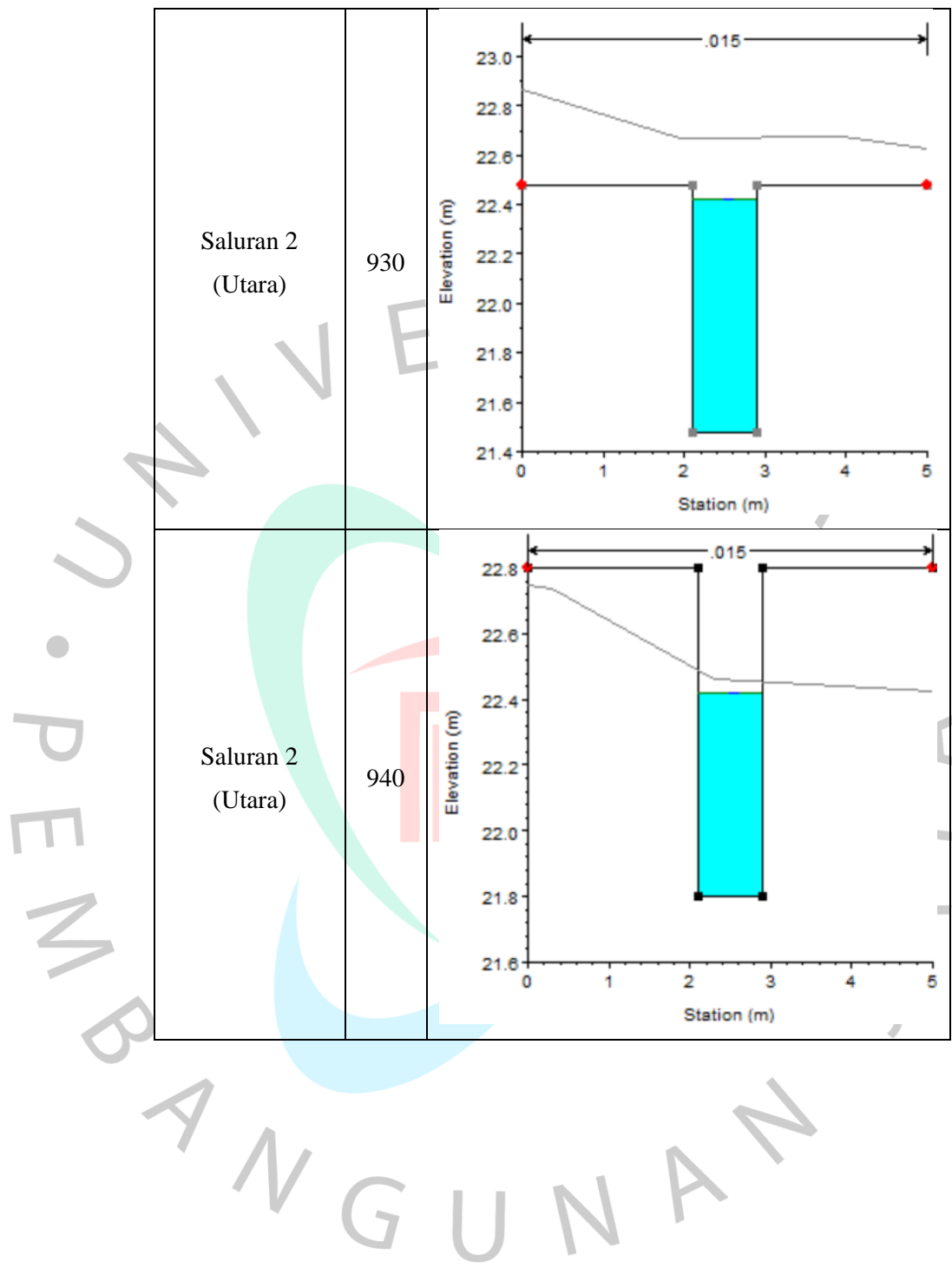
Gambar 4.32 Limpasan banjir periode ulang (a) 2 tahun (b) 5 tahun (c) 10 tahun tanpa kolam retensi (Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023)

Berdasarkan Gambar 4.28, dapat dilihat hasil simulasi hidrolika dengan HEC-RAS 6.3.1 mengenai bentuk limpasan banjir sebelum adanya kolam retensi pada periode ulang 2, 5, dan 10 tahun. Hasil pada Tabel 4.23 merupakan tampak dari cross section pada alur saluran drainase untuk mengetahui elevasi tinggi muka air banjir dan bentuk penampang saluran sebelum adanya kolam retensi.

Tabel 4 28 Elevasi Banjir Pada Potongan Saluran Drainase Dengan Kolam Retensi

Jenis Saluran	Sta.	Kondisi Rencana
Saluran 1 (Selatan)	320	
Saluran 1 (Selatan)	790	



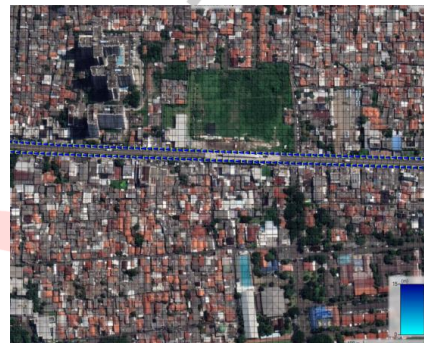




(a)



(b)



(c)

Gambar 4.33 Limpasan banjir periode ulang (a) 2 tahun (b) 5 tahun (c) 10 tahun dengan kolam retensi (Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023)

Berdasarkan Gambar 4.35, dapat dilihat hasil simulasi hidrolika dengan HEC-RAS 6.3.1 mengenai bentuk limpasan banjir setelah adanya kolam retensi pada periode ulang 2, 5, dan 10 tahun. Hasil pada Tabel 4.30 merupakan tampak dari cross section pada alur saluran drainase untuk mengetahui elevasi tinggi muka air banjir dan bentuk penampang saluran setelah adanya kolam retensi.