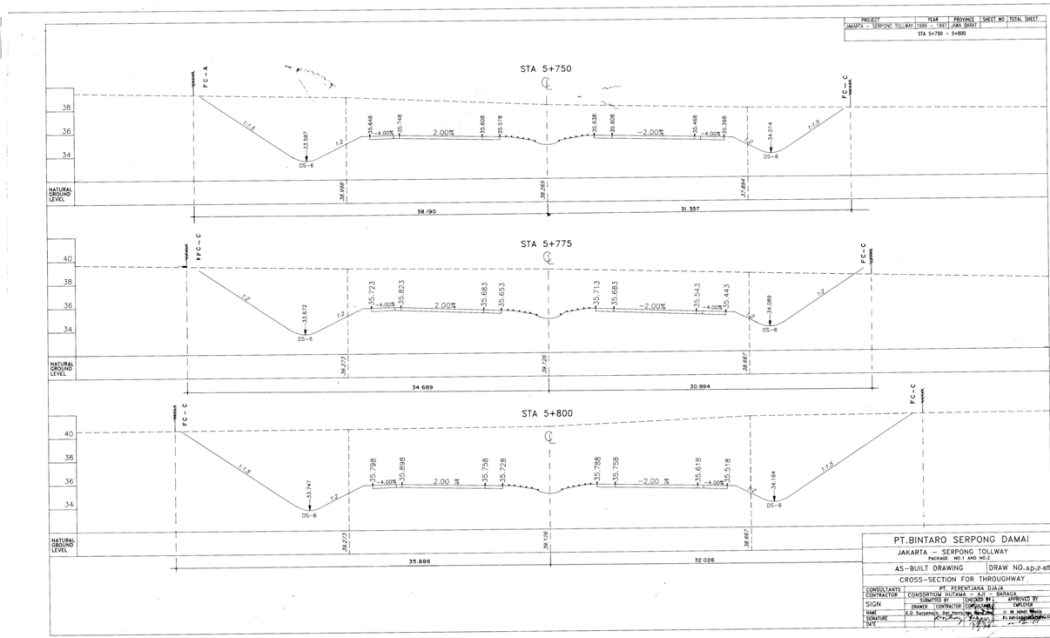


BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penyajian Data

4.1.1 Survei Lapangan

Objek dari penelitian ini adalah banjir pada Jalan Tol Pondok Aren-Serpong KM. 8+600. Survey kondisi eksisting pada Jalan Tol Pondok Aren-Serpong dilakukan dengan cara mengambil data dari PT. Bintaro Serpong Damai selaku pihak pengelola Jalan Tol Pondok Aren-Serpong, hal tersebut dilakukan karena ketidakmungkinan untuk melakukan survei secara langsung di lapangan dimana waktu operasi jalan tol selama 24 jam dan tidak memungkinkan untuk turun ke lapangan, maka untuk kondisi eksisting lapangan dilakukan menggunakan metode pengambilan data. Hasil dari pengambilan data adalah data geometri penampang melintang saluran drainase pada Jalan Tol Pondok Aren-Serpong seperti pada Gambar 4.1 Penampang Melintang Saluran Drainase.



Gambar 4.1. Penampang Melintang Saluran Drainase

Survei geometri dilakukan di Sungai Cibenda yang berlokasi bersebelahan dengan Jalan Tol Pondok Aren-Serpong KM. 8+600. Survei kondisi eksisting Sungai Cibenda dilakukan untuk mengetahui geometri penampang melintang

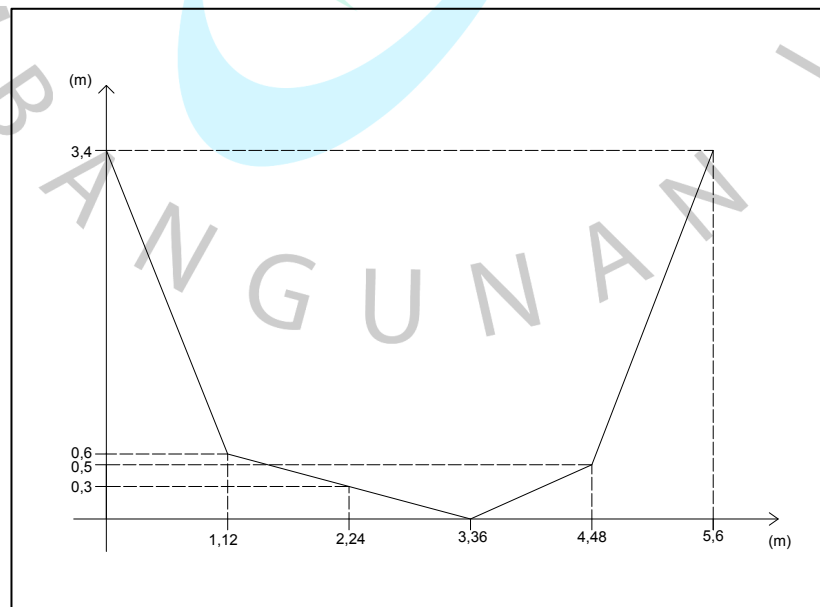
pada sungai tersebut. Survei dilakukan pada tanggal 20 November 2021. Hasil survei geometri penampang melintang Sungai Cibenda dapat dilihat pada Gambar 4.2 Kondisi Eksisting Sungai Cibenda dan Gambar 4.3 Penampang Melintang Sungai Cibenda.



Gambar 4.2. Kondisi Eksisting Sungai Cibenda

Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Penampang Sungai Cibenda

Lebar Penampang (m)	Elevasi (m)					
	1	2	3	4	5	6
5,6	3,4	0,6	0,3	0	0,5	3,4



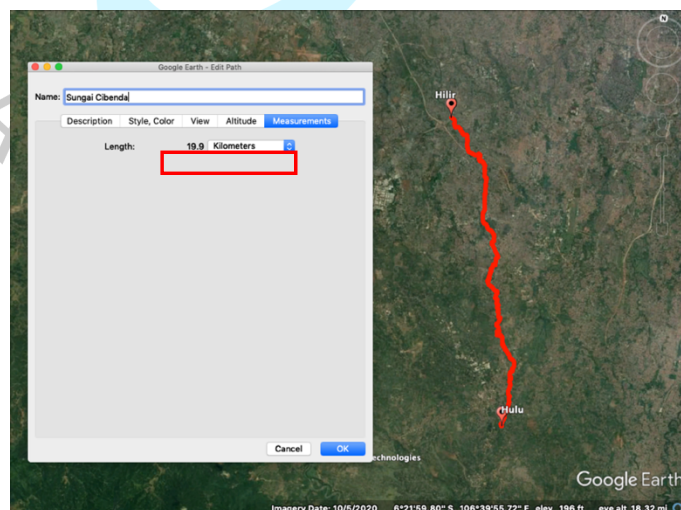
Gambar 4.3. Penampang Melintang Sungai Cibenda

Pengukuran elevasi Sungai Cibenda dilakukan di satu titik dengan membagi lebar sungai menjadi 6 titik dan mengukur elevasi dari tiap titik. Berdasarkan hasil pengukuran penampang Sungai Cibenda, diketahui bahwa lebar Sungai Cibenda adalah 5,6 m dengan kedalaman 3,4 m. Perbedaan elevasi tiap titik terjadi akibat sedimentasi pada dasar sungai.

4.1.2 Penentuan Daerah Aliran Sungai (DAS)

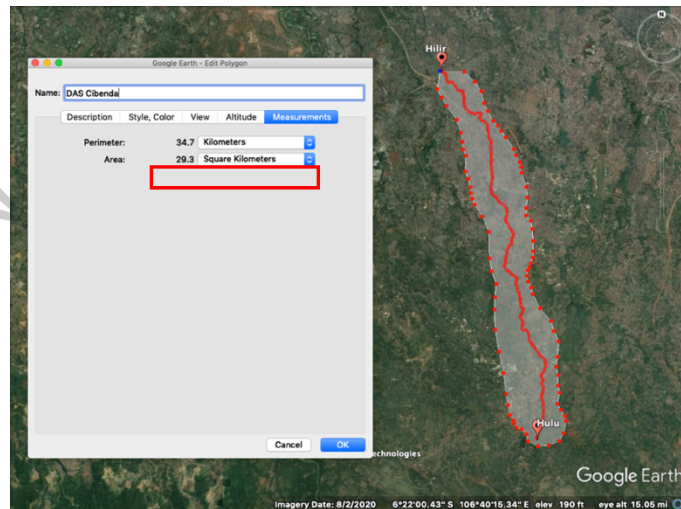
Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang membentang yang dibatasi oleh pemisah alami, yaitu puncak-puncak gunung sehingga membuat air hujan yang turun di wilayah tersebut mengalir ke sungai utama. DAS yang ditinjau dalam perhitungan debit banjir penelitian ini adalah Sungai Cibenda. Penentuan luas DAS Cibenda dapat dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Google Earth Pro*.

Tahap pertama yang perlu dilakukan dalam menentukan luas DAS Cibenda adalah mengukur panjang Sungai Cibenda dari hulu ke hilir. Untuk mengukur panjang sungai, yang perlu dilakukan adalah mencari lokasi dari hulu dan hilir Sungai Cibenda. Lokasi dari hulu Sungai Cibenda ditentukan dari elevasi tertinggi dari Sungai Cibenda, sedangkan untuk hilirnya digunakan titik lokasi Sungai Cibenda pada area penelitian. Setelah menemukan hulu dan hilir dari Sungai Cibenda, buat aliran Sungai Cibenda menggunakan fitur *path* dari titik hulu ke titik hilir.



Gambar 4.4. Pengukuran Panjang Sungai Cibenda

Berdasarkan hasil pengukuran, di dapatkan panjang Sungai Cibenda dari hulu ke hilir adalah 19,9 km. Selanjutnya dilakukan pengukuran luas DAS dengan menggunakan fitur *polygon*. Buat garis mengikuti aliran Sungai Cibenda mulai dari hulu sungai ke hilir sungai dengan cara mencari elevasi tertinggi pada bagian kanan dan kiri aliran sungai dengan cara mengklik area sungai secara bertahap.



Gambar 4.5. Pengukuran Luas DAS Cibenda

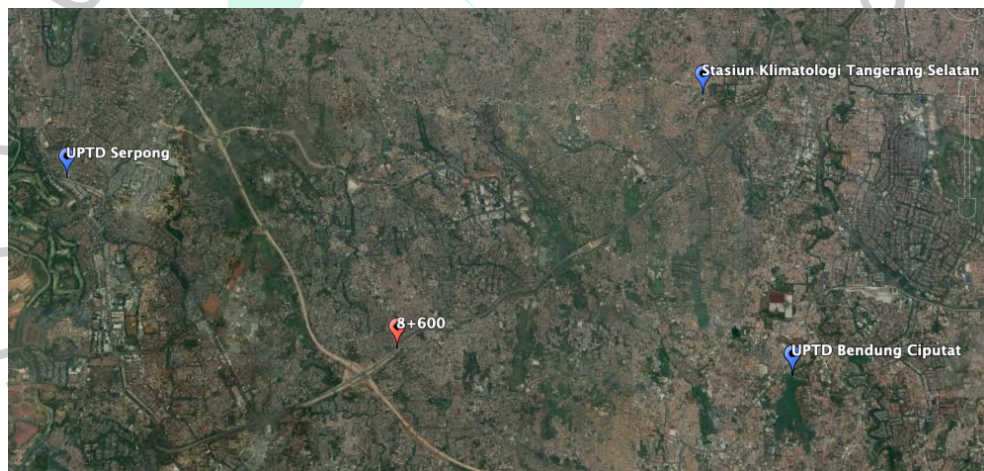
Berdasarkan hasil pengukuran, di dapatkan luas DAS Cibenda adalah 29,3 km². Sehingga berdasarkan hasil penelusuran menggunakan aplikasi *Google Earth*, didapatkan panjang Sungai Cibenda dari hulu ke hilir adalah 19,9 km dan luas dari DAS Cibenda adalah 29,3 km². Berikut adalah luasan DAS Cibenda yang didapat dari aplikasi *Google Earth*.



Gambar 4.6. Luas DAS Cibenda

4.1.3 Penentuan Stasiun Hujan dan Pengambilan Data Hujan

Lokasi dari penelitian berada di Ruas Jalan Tol Pondok Aren-Serpong KM 8+600, yang berada di area Tangerang Selatan. Untuk mencari tau data curah hujan, hal pertama yang harus dilakukan adalah mengambil data dari BMKG Kota Tangerang Selatan. Merujuk dari lokasi penelitian, terdapat beberapa stasiun hujan di Kota Tangerang Selatan yang lokasinya dekat dengan lokasi penelitian. Beberapa stasiun tersebut adalah Stasiun Klimatologi Wilayah II Kota Tangerang Selatan, Unit Pelaksana Teknis Dinas (UPTD) Serpong, dan UPTD Bendung Ciputat. Peta lokasi stasiun hujan dan letak stasiun hujan dapat dilihat pada Gambar 4. 7. Lokasi Stasiun Hujan Tangerang Selatan dan Tabel 4.2 Data Lokasi Stasiun Hujan Tangerang Selatan di bawah ini.



Gambar 4.7. Lokasi Stasiun Hujan

Tabel 4. 2 Data Lokasi Stasiun Hujan Tangerang Selatan

Nama Stasiun / Pos Hujan	Koordinat		Elevasi (Mdpl)	Kecamatan	Kab / Kota
	Lintang	Bujur			
Sta. Klimatologi Tangerang Selatan	-6.250	106.760	26.2	Pd. Aren	Tangerang Selatan
UPTD Serpong	-6.312	106.658	50	Serpong	Tangerang Selatan
UPTD Bendung Ciputat	-6.292	106.734	54	Ciputat	Tangerang Selatan

Sumber : BMKG Tangerang Selatan, 2021

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

Tabel 4. 3 *Curah Hujan Maksimum Harian Rata-Rata*

No	Tahun	Bulan	Sta. Klimatologi Tangsel	UPTD Serpong	UPTD Bendung Ciputat
			Curah Hujan	Curah Hujan	Curah Hujan
1	2016	JAN	56	29	39
		FEB	67	30	60
		MAR	44	28	42
		APR	79	35	78
		MEI	52	24	39
		JUN	44	36	96
		JUL	51	25	65
		AGT	58	36	73
		SEP	61	32	68
		OKT	41	38	71
		NOV	97	36	38
		DES	18	22	46
2	2017	JAN	48	25	40
		FEB	74	25	101
		MAR	66	24	95
		APR	58	25	60
		MEI	58	30	37
		JUN	33	28	53
		JUL	36	29	25
		AGT	6	27	0
		SEP	64	38	84
		OKT	46	31	70
		NOV	80	26	55
		DES	69	32	53
3	2018	JAN	26	20	53
		FEB	38	28	58
		MAR	37	30	39
		APR	86	28	40
		MEI	49	16	13
		JUN	27	36	58
		JUL	2	0	0
		AGT	4	6	0

No	Tahun	Bulan	Sta. Klimatologi Tangsel	UPTD Serpong	UPTD Bendung Ciputat
			Curah Hujan	Curah Hujan	Curah Hujan
4	2019	SEP	44	9	69
		OKT	27	27	42
		NOV	65	26	48
		DES	84	25	62
	JAN	46	38	74	
	FEB	77	29	65	
	MAR	32	32	29	
	APR	50	38	47	
	MEI	73	40	61	
	JUN	39	20	27	
	JUL	3	12	0	
	AGT	8	22	0	
5	2020	SEP	0	0	0
		OKT	33	8	5
		NOV	76	14	32
		DES	42	14	55
	JAN	435	225	236	
	FEB	452	437	214	
	MAR	265	299	150	
	APR	261	248	86	
	MEI	178	141	73	
	JUN	42	39	46	
	JUL	47	111	30	
	AGT	82	29	105	
SEP	181	113	122		
OKT	400	159	134		
NOV	155	84	114		
DES	121	114	121		

Sumber : BMKG Tangerang Selatan, 2021

4.2 Analisis Data

4.2.1 Analisis Curah Hujan Kawasan dengan 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 Kriteria Menentukan

Metode untuk Penentuan Curah Hujan Kawasan Berdasarkan Luas DAS, adalah dengan menggunakan Metode Aljabar. Hal ini karena DAS dari Sungai Cibenda memiliki luas sebesar 29,3 km² (< 500 km²).

Dari ketiga nilai curah hujan maksimum harian yang dibandingkan, nantinya hasil nilai curah hujan maksimum harian rata-rata akan diambil sebagai curah hujan sebenarnya pada DAS Cibenda. Berikut adalah data dari curah hujan maksimum harian rata-rata dari DAS Cibenda.

Tabel 4. 4 Curah Hujan Maksimum Harian Rata-Rata

No	Tahun	Bulan	Sta. Klimatologi Tangsel	UPTD Serpong	UPTD Bendung Ciputat	Hujan Harian Rata- rata (mm)	Hujan Max. Harian rata- rata (mm)
			Curah Hujan	Curah Hujan	Curah Hujan		
1	2016	JAN	56	29	39	41	64
		FEB	67	30	60	52	
		MAR	44	28	42	38	
		APR	79	35	78	64	
		MEI	52	24	39	38	
		JUN	44	36	96	59	
		JUL	51	25	65	47	
		AGT	58	36	73	56	
		SEP	61	32	68	54	
		OKT	41	38	71	50	
		NOV	97	36	38	57	
		DES	18	22	46	29	
2	2017	JAN	48	25	40	38	67
		FEB	74	25	101	67	
		MAR	66	24	95	62	
		APR	58	25	60	48	
		MEI	58	30	37	42	
		JUN	33	28	53	38	
		JUL	36	29	25	30	
		AGT	6	27	0	11	
		SEP	64	38	84	62	
		OKT	46	31	70	49	
		NOV	80	26	55	54	
		DES	69	32	53	51	
3	2018	JAN	26	20	53	33	57
		FEB	38	28	58	41	

No	Tahun	Bulan	Sta. Klimatologi Tangsel	UPTD Serpong	UPTD Bendung Ciputat	Hujan Harian Rata- rata (mm)	Hujan Max. Harian rata- rata (mm)
			Curah Hujan	Curah Hujan	Curah Hujan		
		MAR	37	30	39	35	
		APR	86	28	40	51	
		MEI	49	16	13	26	
		JUN	27	36	58	40	
		JUL	2	0	0	1	
		AGT	4	6	0	3	
		SEP	44	9	69	41	
		OKT	27	27	42	32	
		NOV	65	26	48	46	
		DES	84	25	62	57	
		JAN	46	38	74	53	
		FEB	77	29	65	57	
		MAR	32	32	29	31	
		APR	50	38	47	45	
		MEI	73	40	61	58	
4	2019	JUN	39	20	27	29	58
		JUL	3	12	0	5	
		AGT	8	22	0	10	
		SEP	0	0	0	0	
		OKT	33	8	5	15	
		NOV	76	14	32	41	
		DES	42	14	55	37	
		JAN	435	225	236	299	
		FEB	452	437	214	368	
		MAR	265	299	150	238	
		APR	261	248	86	198	
		MEI	178	141	73	131	
5	2020	JUN	42	39	46	42	368
		JUL	47	111	30	63	
		AGT	82	29	105	72	
		SEP	181	113	122	139	
		OKT	400	159	134	231	
		NOV	155	84	114	118	
		DES	121	114	121	119	

Tabel 4. 5 *Rekapitulasi Curah Hujan Maksimum Harian Rata-Rata*

No	Tahun	Bulan	Hujan Max.
1	2016	April	64
2	2017	Februari	67
3	2018	Desember	57
4	2019	Mei	58
5	2020	Februari	368

4.2.2 Perhitungan Parameter Statistik

Setelah mendapatkan hasil dari perhitungan curah hujan maksimum harian rata-rata tahunan dengan Metode Aljabar, Proses selanjutnya adalah menentukan probabilitas terjadinya pengulangan curah hujan maksimum harian. Hal ini dilakukan untuk menentukan debit banjir rencana.

Perhitungan parameter statistik adalah perhitungan yang bertujuan untuk menentukan curah hujan yang akan digunakan dalam perhitungan besaran debit banjir rencana berdasarkan dari analisis distribusi curah hujan awal. Analisis distribusi curah hujan dengan perhitungan dispersi menggunakan perhitungan parameter statistik untuk $(X_i - X_r)$, $(X_i - X_r)^2$, $(X_i - X_r)^3$, $(X_i - X_r)^4$ dan dilanjutkan dengan perhitungan parameter statistik menggunakan logaritma untuk pengujian kecocokan sebaran $(\text{Log}X_i - \text{Log}X_r)$, $(\text{Log}X_i - \text{Log}X_r)^2$, $(\text{Log}X_i - \text{Log}X_r)^3$, $(\text{Log}X_i - \text{Log}X_r)^4$.

Dimana :

X_i = Besar Curah Hujan DAS Cibenda (mm)

X_r = Rata-Rata Curah Hujan Maks. DAS Cibenda (mm)

Perhitungan yang digunakan dalam perhitungan dispersi adalah rumus dari Persamaan 2.5, Persamaan 2.6, Persamaan 2.7, dan Persamaan 2.8. Berikut adalah hasil dari perhitungan dispersi statistik dan logaritma dari ketiga stasiun hujan terpilih dengan rentang waktu 5 tahun terakhir.

Tabel 4. 6 Perhitungan Parameter Statistik Curah Hujan Rata-Rata

Tahun	X_i (mm)	$(X_i - \bar{X}_r)$	$(X_i - \bar{X}_r)^2$	$(X_i - \bar{X}_r)^3$	$(X_i - \bar{X}_r)^4$
2016	64	-58,6667	3441,7778	-201917,6296	11845834,2716
2017	67	-56,0000	3136,0000	-175616,0000	9834496,0000
2018	57	-65,6667	4312,1111	-283161,9630	18594302,2346
2019	58	-64,6667	4181,7778	-270421,6296	17487265,3827
2020	368	245,0000	60025,0000	14706125,0000	3603000625,0000
Jumlah	613,3333	0,0000	75096,6667	13775007,7778	3660762522,8889

Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan Parameter Statistik Curah Hujan Rata-Rata

Parameter	
\bar{X}_r	122,6667
S	137,0189
Cs	2,2312
Ck	10,8188
Cv	1,1170

Tabel 4. 8 Perhitungan Parameter Statistik Curah Hujan Rata-Rata Nilai Logaritma

Tahun	X_i (mm)	Log X_i	$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X}_r)$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X}_r)^2$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X}_r)^3$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X}_r)^4$
2016	64	1,8062	-0,0317	0,0010	0,0000	0,0000
2017	67	1,8239	-0,0275	0,0008	0,0000	0,0000
2018	57	1,7559	-0,0440	0,0019	-0,0001	0,0000
2019	58	1,7634	-0,0421	0,0018	-0,0001	0,0000
2020	368	2,5655	0,1207	0,0146	0,0018	0,0002
Jumlah	613,333	9,7148	-0.0246	0.0201	0.0015	0.0002

Tabel 4. 9 Hasil Perhitungan Parameter Statistik Curah Hujan Rata-Rata Nilai

Logaritma Parameter	
\bar{X}_r	1,9430
S	0,0708
Cs	1,8174
Ck	9,1641
Cv	0,0364

4.2.3 Pemilihan Uji Distribusi

Dari hasil perhitungan dispersi parameter statistik dan nilai logaritma yang telah diperoleh, selanjutnya digunakan sebagai bahan acuan untuk melakukan pemilihan uji distribusi berdasarkan pedoman dari Tabel 2. 2 Syarat Pemilihan Jenis Distibusi. Berikut adalah hasil dari perhitungan uji distribusi.

Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Uji Distribusi

No.	Jenis Sebaran	Hasil Perhitungan	Syarat	Keterangan
1	Normal	2,2312	$C_s = 0$	Tidak mendekati
		10,8188	$C_k = 3$	
2	Log Normal	1,8174	$C_s = C_v^2 + 3C_v = 0,292$	Tidak Mendekati
		9,1641	$C_k = 5,383$	
3	Log Pearson tipe III	0,0364	$C_v \sim 0,06$	Mendekati
		1,8174	$C_s \neq 0$	
4	Gumbel	2,2312	$C_s = 1,14$	Tidak mendekati
		10,8188	$C_k = 5,4$	

Berdasarkan hasil perhitungan uji distribusi pada Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Uji Distribusi, diketahui bahwa hasil perhitungan yang paling mendekati syarat pemilihan uji distribusi adalah distribusi Log Pearson tipe III. Distribusi Log Pearson tipe III memiliki hasil nilai yang paling mendekati syarat dimana selisih antara hasil perhitungan dengan nilai syarat paling kecil dibandingkan dengan jenis distribusi lainnya.

4.2.4 Plotting Data Menggunakan Kertas Grafik

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. Berikut adalah hasil perhitungan titik untuk garis linier teoritis menggunakan analisis sebaran metode Log Pearson tipe III.

Rumus :

$$X_t = \bar{X} + Kt \cdot S_d$$

Keterangan :

X_t = Besar curah hujan pada periode ulang T tahun

\bar{X} = Curah hujan rata-rata (mm)

K_t = Standar variabel untuk periode ulang T tahun

S_d = Standar deviasi data hujan harian maks.

Tabel 4. 11 Nilai Faktor Frekuensi (K_t) dengan $C_s = 1,8174$

Periode	T = 2 tahun	T = 5 tahun	T = 10 tahun	T = 20 tahun	T = 50 tahun	T = 100 tahun
K_t	-0,2842	0,6400	1,3166	2,1953	2,8536	3,5562

Tabel 4. 12 Perhitungan Distribusi Log Pearson tipe III

T_r (tahun)	X_r (mm)	K_t	S (mm)	X_t (mm)
2		-0,2842		83,7255
5		0,6400		97,3342
10	1,943	1,3166	0,070771052	108,6793
20		2,1953		125,4094
50		2,8536		139,6109
100		3,5562		156,5482

Plotting data pada kertas grafik probabilitas menggunakan Persamaan 2.11.

Sebagai contoh berikut adalah perhitungan Persamaan 2.11 pada data tahun 2018 dan tabel hasil perhitungan probabilitas curah hujan pada DAS Cibenda :

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

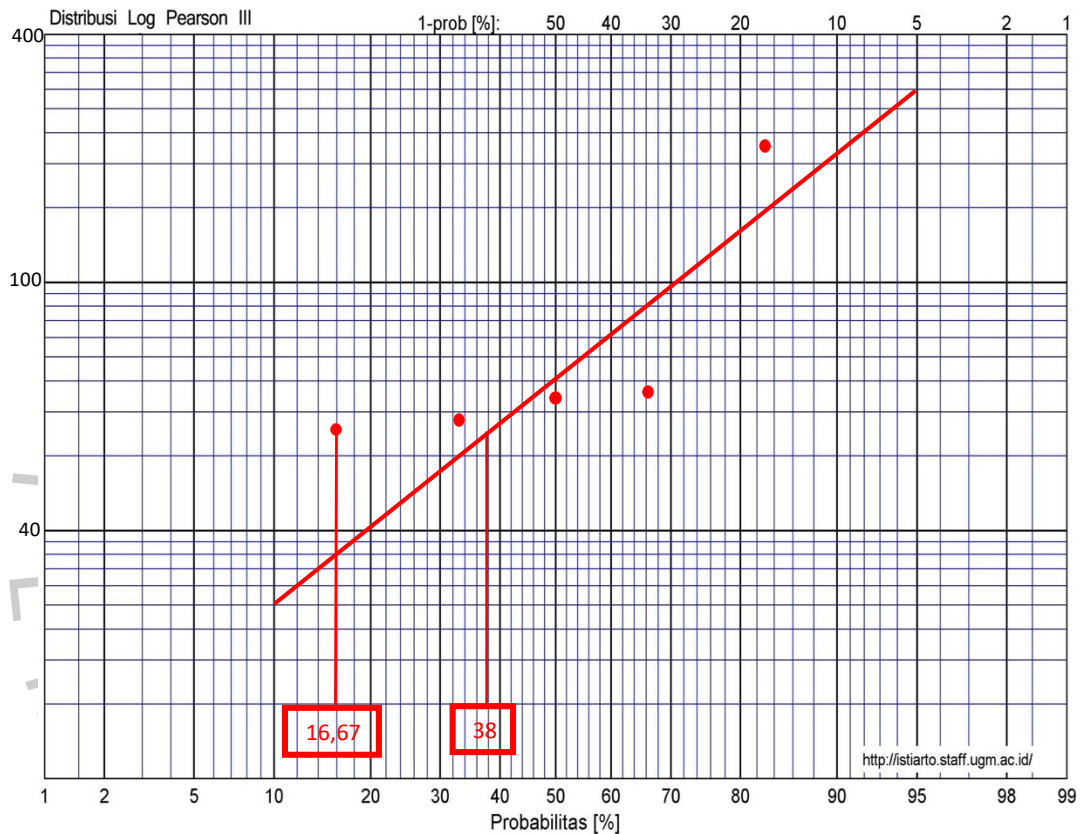
$$P(X_1) = \frac{1}{5+1} \times 100\%$$

$$P(X_1) = 16,67\%$$

Tabel 4. 13 Perhitungan Probabilitas Curah Hujan

Tahun	X_i (mm)	Ranking	$\frac{m}{n+1}$	Peluang (%)
2018	57	1	0,1667	16,67
2019	58	2	0,3333	33,33
2016	64	3	0,5	50,00
2017	67	4	0,66	66,67
2020	368	5	0,83	83,33

Setelah itu, data yang sudah di urutkan berdasarkan ranking tersebut di *plotting* ke kertas grafik probabilitas dengan nilai peluang (P) sebagai absis dan besar curah hujan (Xi) sebagai ordinat. Pada kertas log grafik probabilitas sumbu y, data curah hujan dapat langsung di *plotting* langsung tanpa perlu diubah kedalam bentuk logaritma, sebab kertas log sudah menggunakan skala log.



Gambar 4.8. Distribusi Log Pearson Tipe III

Dari grafik pada kertas grafik probabilitas dapat dicari jarak penyimpanan tiap titik data terhadap kurva teoritis. Nilai $\Delta_{maks} < \Delta_{kritis}$ (nilai 0,56). Nilai 0,56 didapatkan dari Tabel 2. 4 Nilai Kritis D_0 dari Uji Smirnov-Kolmogorov. Dari kertas probabilitas dapat diketahui bahwa besaran simpangan data adalah sebagai berikut.

$$\text{Log Pearson Tipe III} = 38\% - 16,67\% = 21,33\% = 0,22$$

Dari hasil perhitungan diatas diketahui bahwa nilai Δ_{maks} (0,22) $<$ Δ_{kritis} (0,56), 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.

4.2.5 Uji Kecocokan Sebaran

Uji Kecocokan Sebaran dilakukan untuk menentukan apakah persamaan distribusi sebaran yang dipilih sudah tepat dan dapat mewakili distribusi statistik 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.

$$\begin{aligned} G \text{ (Jumlah Sub-Kelompok)} &= 1 + 3,222 \text{ Log } 5 \\ &= 1 + 3,222 \text{ Log } 5 \\ &= 3,321 \approx \text{diambil } 3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DK \text{ (Derajat Kebebasan)} &= G - (p + 1) \\ &= 3,321 - 2 - 1 \\ &= 0,321 \approx \text{diambil } 1 \end{aligned}$$

$$E_i \text{ (jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-}i\text{)} = \frac{n}{G} = \frac{5}{3} = 1,66667$$

$$\Delta X = \frac{X_{max} - X_{min}}{G - 1} = \frac{368 - 57}{3 - 1} = 155,5$$

$$X_{awal} = X_{min} - \frac{1}{2} \Delta X = 57 - \frac{1}{2} (155,5) = -20,67$$

$$X_{akhir} = X_{max} - \frac{1}{2} \Delta X = 368 - \frac{1}{2} (155,5) = 290$$

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

Tabel 4. 14 *Pengujian Chi Kuadrat*

No	Nilai Batas Sub Kelompok	Fe	Ft	Fe-Ft	$X^2_{hitung} = \frac{(Fe - Ft)^2}{Ft}$
1	-20,67 < P < 134,67	4	1,666667	2,333333	3,266666667
2	134,67 < P < 290	0	1,666667	-0,66667	0,266666667
3	P ≥ 290	1	1,666667	-0,66667	0,266666667
Jumlah		5	5		
					$X^2_{hitung\ max}$ 3,266666667

Tabel 4. 15 *Hasil Perhitungan Chi Kuadrat*

$X^2 \leq X^2_{cr}$	
X^2	$X^2_{cr} (Dk=1; \alpha = 0.05)$
3,266666667	3,841

Dari hasil perhitungan Tabel 4. 14 Pengujian Chi Kuadrat, didapat hasil nilai X^2 adalah 3,266666667. Nilai derajat kepercayaan yang diambil adalah 0,05 dengan nilai DK adalah 1, sehingga dari Tabel 2. 3 didapat nilai X^2_{cr} adalah 3,841. Hasil pada Tabel 4. 15 menjelaskan bahwa nilai $X^2 \leq X^2_{cr} = 3,266666667 \leq 3,841$, sehingga membuktikan bahwa metode distribusi log pearson tipe III memenuhi syarat pengujian chi kuadrat.

2. Uji Smirnov-Kolmogrov

Uji Smirnov-Kolmogrov dilakukan dengan cara mengurutkan data dari yang terkecil hingga terbesar, kemudian dicari nilai Dmaks. Berikut adalah hasil dari pengujian kecocokan distribusi log pearson tipe III dengan menggunakan metode smirnov-kolmogrov.

Tabel 4. 16 *Pengujian Smirnov-Kolmogrov*

Tahun	R max	m	$P = m/n+1$	$P(x <) = 1-P$	$P' = m/n+1$	$P'(x)$	$D = P'(x) - P(x <)$
2018	57	1	0,167	0,833	0,25	0,75	-0,083
2019	58	2	0,333	0,667	0,5	0,5	-0,167
2016	64	3	0,500	0,500	0,75	0,25	-0,250
2017	67	4	0,667	0,333	1	0	-0,333
2020	368	5	0,833	0,167	1,25	-0,25	-0,417
Jumlah	613					Dmaks	-0,417
Rata-rata	122,67						
SD	137,02						

Dari hasil perhitungan Tabel 4. 15, diketahui bahwa nilai D_{maks} dari pengujian smirnov-kolmogrov adalah -0,417. Nilai D_0 dengan nilai derajat kepercayaan ($n=5$) berdasarkan Tabel 2. 4 Derajat Kepercayaan, adalah 0,56. $D_{maks} \leq D_0 = -0,417 \leq 0,56$. Maka distribusi Log Pearson Tipe III telah memenuhi syarat pengujian smirnov-kolmogorov.

4.2.6 Curah Hujan Rencana

Dari hasil perhitungan diketahui bahwa distribusi yang digunakan adalah distribusi log pearson tipe III. Berikut adalah hasil dari perhitungan yang didapat.

Tabel 4. 17 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana

Tr (tahun)	Xr (mm)	K	S (mm)	Xt (mm)
2		-0,2842		83,7255
5		0,6400		97,3342
10	1,943	1,3166	0,071	108,6793
20		2,1953		125,4094
50		2,8536		139,6109
100		3,5562		156,5482

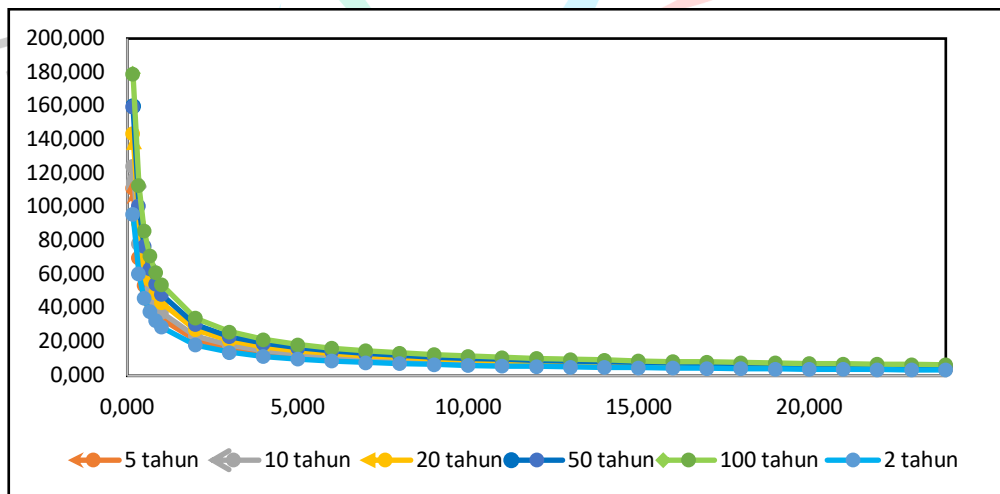
4.2.7 Intensitas Curah Hujan

Perhitungan intensitas curah hujan dilakukan dengan menggunakan rumus mononobe yang merupakan variasi dari beberapa rumus curah hujan jangka pendek. Data curah hujan yang digunakan adalah R_{24} . Rumus yang digunakan adalah rumus pada Persamaan 2.14.

Tabel 4. 18 Hasil Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Time (jam)	R_{24}					
	R_2	R_5	R_{10}	R_{20}	R_{50}	R_{100}
	85,483	98,370	108,850	120,643	138,831	155,641
0.167	95,876	111,474	124,435	143,505	159,670	177,539
0.333	60,398	70,224	78,389	90,403	100,586	111,843
0.500	46,092	53,591	59,822	68,990	76,761	85,352
0.667	38,048	44,238	49,382	56,950	63,365	70,456
0.833	32,789	38,123	42,556	49,078	54,606	60,718
1	29,036	33,760	37,686	43,461	48,356	53,768
2	18,292	21,268	23,740	27,379	30,463	33,872
3	13,959	16,230	18,117	20,894	23,247	25,849

Time (jam)	R ₂₄					
	R ₂	R ₅	R ₁₀	R ₂₀	R ₅₀	R ₁₀₀
	85.483	98.370	108.850	120.643	138.831	155.641
4	11,523	13,398	14,956	17,248	19,190	21,338
5	9,930	11,546	12,888	14,863	16,538	18,389
6	8,794	10,224	11,413	13,162	14,645	16,284
7	7,935	9,226	10,299	11,877	13,215	14,694
8	7,259	8,440	9,421	10,865	12,089	13,442
9	6,711	7,803	8,710	10,045	11,176	12,427
10	6,256	7,273	8,119	9,363	10,418	11,584
11	5,871	6,826	7,619	8,787	9,777	10,871
12	5,540	6,441	7,190	8,292	9,226	10,258
13	5,252	6,106	6,816	7,861	8,746	9,725
14	4,999	5,812	6,488	7,482	8,325	9,256
15	4,774	5,551	6,196	7,146	7,950	8,840
16	4,573	5,317	5,935	6,845	7,616	8,468
17	4,392	5,106	5,700	6,574	7,314	8,133
18	4,228	4,915	5,487	6,328	7,041	7,828
19	4,078	4,741	5,293	6,104	6,791	7,551
20	3,941	4,582	5,115	5,899	6,563	7,297
21	3,815	4,435	4,951	5,710	6,353	7,064
22	3,698	4,300	4,800	5,535	6,159	6,848
23	3,590	4,174	4,660	5,374	5,979	6,648
24	3,490	4,058	4,529	5,223	5,812	6,462



Gambar 4.9. Grafik Intensitas Hujan

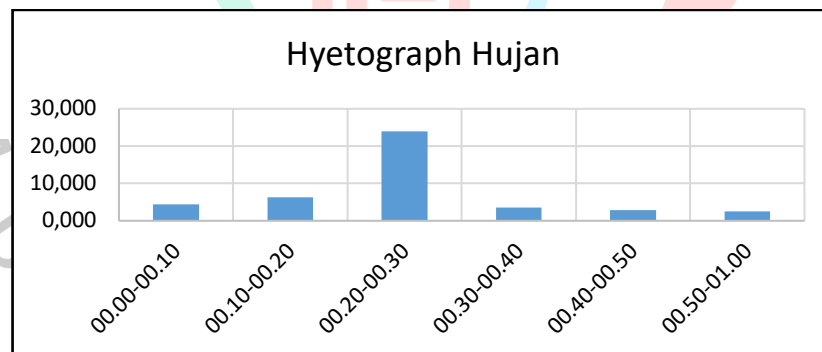
Dapat dilihat dari hasil grafik intensitas hujan bahwa semakin cepat waktu hujan, maka semakin tinggi intensitasnya. Namun, semakin panjang waktu hujannya maka semakin rendah intensitas hujan.

4.2.8 Hyetograph Hujan Rencana

Data curah hujan rencana diperlukan sebagai dasar perhitungan untuk menentukan besar dari intensitas curah hujan. Hal ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan diagram *hyetograph*. Kota Tangerang Selatan termasuk kedalam kategori kota metropolitan, sehingga berdasarkan studi literatur mengenai nilai kala ulang bangunan air di sungai, periode ulang yang sesuai untuk digunakan adalah curah hujan rencana dengan periode ulang 20 tahun. Berikut adalah hasil dari *hyetograph* hujan rencana dengan periode ulang 20 tahun.

Tabel 4. 19 *Hyetograph Hujan Rencana Periode Ulang 20 Tahun*

Tc	Δt (jam)	It mm	Δp mm	Heterograf mm
0,167	00.00-00.10	23,918	23,918	4,361
0,333	00.10-00.20	30,134	6,217	6,217
0,500	00.20-00.30	34,495	4,361	23,918
0,667	00.30-00.40	37,967	3,472	3,472
0,833	00.40-00.50	40,898	2,932	2,932
1,000	00.50-01.00	43,461	2,563	2,563



Gambar 4.10. *Hyetograph Hujan Rencana Periode Ulang 20 Tahun*

4.2.9 Analisis Debit Banjir Rencana Metode Rasional

Analisis debit banjir rencana dengan menggunakan metode rasional digunakan untuk daerah yang memiliki luas aliran $< 80 \text{ km}^2$. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan metode rasional adalah Persamaan 2.15. Berikut adalah hasil dari perhitungan debit banjir rencana metode rasional.

Tabel 4. 20 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana

Tahun Rencana Periode Ulang	Debit Banjir Rencana Rumus Rasional (m ³ /detik)	
	C = 0.75 (Central City Area)	Luas DAS = 29,3 km ²
2 Years	53,721	
5 Years	62,461	
10 Years	69,724	
20 Years	80,409	
50 Thn	89,467	
100 Thn	99,479	

4.2.10 Kala Ulang

Kala ulang yang digunakan dalam analisis ini adalah kala ulang 20 tahun. Diketahui dari Tabel 4. 20 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana, nilai kala ulang 20 tahun adalah sebesar 80,409 m³/detik.

4.3 Pembahasan

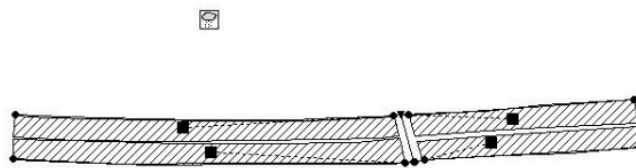
4.3.1 Evaluasi Model Jaringan Drainase Eksisting

Hal pertama yang perlu dilakukan dalam evaluasi jaringan drainase eksisting dari Jalan Tol Pondok Aren-Serpong KM. 8+600 adalah dengan menentukan *subcatchment* pada ruas jalan tol. Proses ini dibantu dengan data denah yang didapatkan dari aplikasi Google Earth sebagai acuan penentuan *subcatchment* pada aplikasi SWMM. Gambar denah dapat dilihat pada Gambar 4.11. Denah Jalan Tol Pondok Aren-Serpong KM. 8+600 di bawah ini.



Gambar 4.11. Denah Jalan Tol Pondok Aren-Serpong KM. 8+600

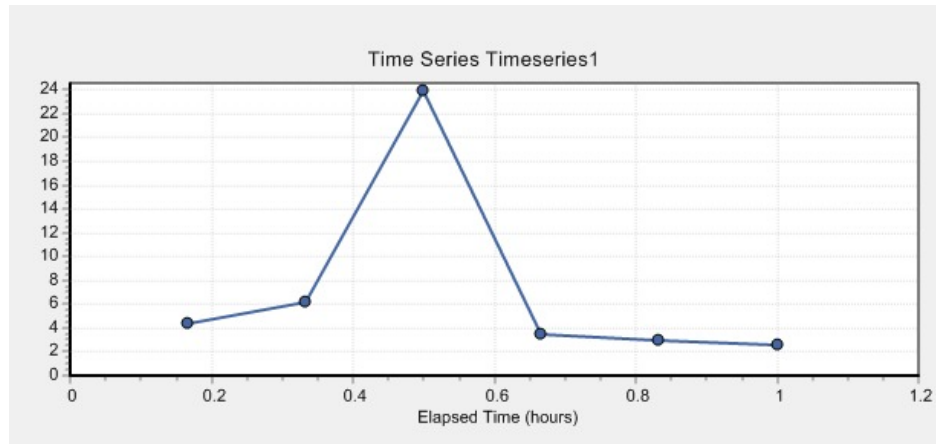
Sistem dari jaringan drainase eksisting dimodelkan dengan menggunakan aplikasi EPA SWMM 5.1. Komponen yang digunakan dalam pemodelan ini antara lain adalah, *Subcatchment*, *Conduit*, *Junction*, dan *Outfall*. Setelah dilakukan pemodelan, didapatkan hasil yaitu, terdapat 4 *subcatchment*, 5 *conduit* yang terdiri dari 4 saluran drainase pinggir jalan tol dan 1 *conduit* utama yaitu aliran Sungai Cibenda, 9 *junction*, dan 1 *outfall*. Berikut adalah hasil dari pemodelan drainase.



Gambar 4.12. Pemodelan Jaringan Drainase Eksisting

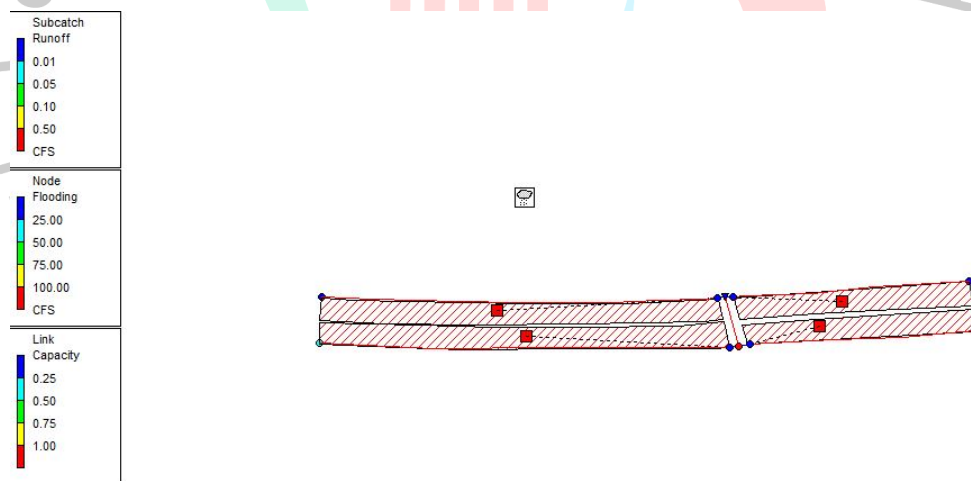
Air hujan pada tiap *subcatchment* tidak terserap oleh tanah dan menjadi limpasan, sehingga air limpasan dari tiap *subcatchment* ini akan mengalir ke *junction*. *Junction* berfungsi untuk mengumpulkan air limpasan dan menampungnya sebelum dialirkan ke *conduit*. *Conduit* akan meneruskan aliran air yang diterima *junction* sebelumnya dan dialirkan ke *conduit* utama yaitu Sungai Cibenda.

Komponen selanjutnya yang digunakan adalah *rain gage*. *Rain gage* berguna untuk memberi hujan rencana kepada model jaringan drainase yang telah dibuat. Simulasi dilakukan dengan menggunakan data curah hujan yang didapat dari analisis curah hujan. Data curah hujan disimulasikan pada *time series* dengan perhitungan curah hujan rencana dari data curah hujan yang dapat dilihat pada Tabel 4. 19 Hyetograph Hujan Rencana Periode Ulang 20 Tahun. Berikut adalah grafik curah hujan pada aplikasi SWMM.



Gambar 4.13. Grafik Curah Hujan

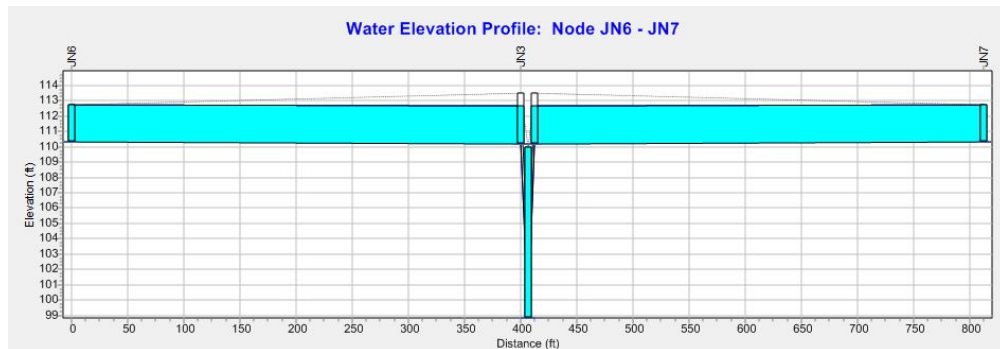
Selanjutnya dilakukan simulasi untuk melihat respon dari aliran air. Setelah simulasi dijalankan, dapat dilihat bahwa terjadi limpasan pada saluran drainase dan sungai utama. Hal ini membuktikan bahwa aliran air yang berada di saluran debitnya melebihi kapasitas maksimum, akibat puncak intensitas hujan pada menit ke 20 hingga menit ke 30. Berikut adalah hasil dari simulasi model jaringan drainase eksisting.



Gambar 4.14. Hasil Simulasi Model

Hasil dari simulasi menunjukkan warna yang berbeda-beda tiap komponen. Warna merah pada tiap *conduit* menunjukkan bahwa kondisi tidak aman karena debit yang masuk pada saluran melebihi kapasitas dari saluran yang tersedia. Pada CN1 - CN4 yang merupakan saluran drainase pinggir jalan tol digunakan data *runoff* sebesar 1,35 m³/detik dan pada CN5 yaitu saluran utama Sungai

Cibenda menggunakan data *runoff* sebesar 80,409 m³/detik. Berikut adalah profil aliran dari JN6 hingga JN7 yang terdiri dari CN3, CN4 dan CN5.



Gambar 4.15. Profil Aliran

Dapat dilihat dari profil aliran bahwa banjir yang terjadi di Jalan Tol Pondok Aren-Serpong KM. 8+600 terjadi akibat limpasan dari Sungai Cibenda yang terlalu besar, bukan karena saluran drainase yang meluap.

4.3.2 Perencanaan Kolam Retensi

Setelah mendapatkan hasil evaluasi model jaringan drainase eksisting, selanjutnya dilakukan perencanaan kolam retensi untuk menanggulangi banjir. Persamaan yang digunakan adalah Persamaan 2.16 untuk volume kolam retensi dan Persamaan 2.17 untuk Luas Kolam Retensi. Dari data *runoff* CN5 sebesar 80,409 m³/detik, diambil $Q_{flooding}$ sebesar sebesar 30,409 m³/detik. Berikut adalah perhitungan total volume yang dibutuhkan dan Luas kolam Retensi.

$$Volume\ Kolam\ Retensi = 30,409 \times 3600$$

$$= 109.764\ m^3$$

$$Luas\ Kolam\ Retensi = \frac{109.764}{3}$$

$$= 36.588\ m^2$$

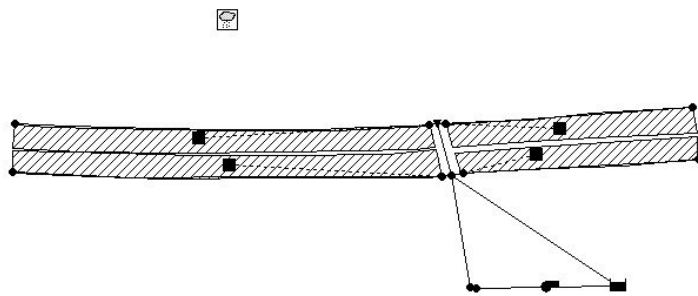
4.3.3 Perencanaan Pompa Banjir

Perencanaan pompa banjir disesuaikan dengan kedalaman dari Sungai Cibenda. Diketahui kedalaman dari Sungai Cibenda adalah 3,4 m, sehingga

dilakukan penyesuaian dimana pompa pada kolam retensi akan dibuat otomatis hidup dan memompa air dari Sungai Cibenda menuju kolam retensi apabila ketinggian air mencapai 3 m. Hal ini dilakukan untuk mencegah meluapnya Sungai Cibenda. Selanjutnya, apabila ketinggian air sudah mencapai ketinggian 2,5 m pompa air akan dibuat otomatis mati dan berhenti memompa air ke kolam retensi. Setelah debit Sungai Cibenda sudah kembali normal, air dari kolam retensi akan dipompa kembali ke Sungai Cibenda secara perlahan.

4.3.4 Evaluasi Model Jaringan Drainase Rencana

Tahap selanjutnya adalah pemodelan ulang jaringan drainase. Pemodelan ulang jaringan drainase di fokuskan ke pembuatan kolam retensi dan pompa banjir sebagai solusi dari banjir. Komponen tambahan yang digunakan adalah *Storage Unit* dan *Pump*. Setelah dilakukan pemodelan ulang, didapatkan hasil tambahan yaitu, 2 *conduit* baru yaitu saluran yang digunakan untuk menyalurkan air dari dan ke Sungai Cibenda, 1 *storage unit* sebagai kolam retensi, dan 1 *pump* yang digunakan sebagai alat pemompa air dari Sungai Cibenda ke kolam retensi.

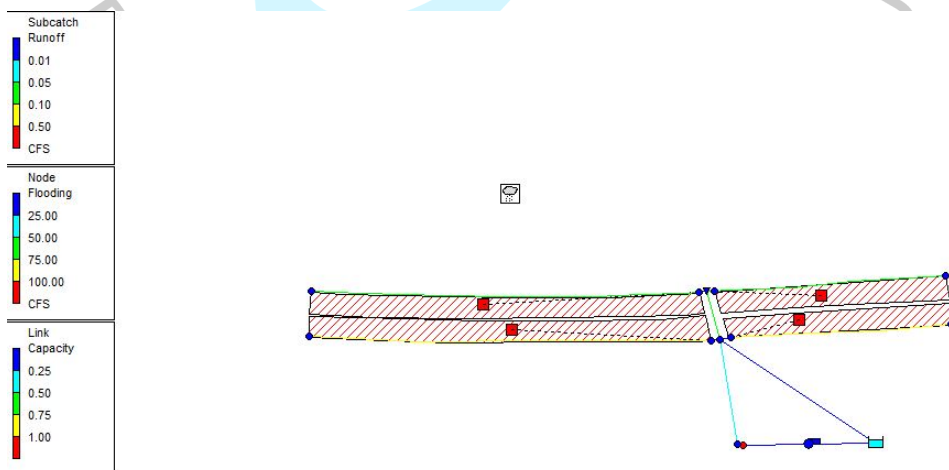


Gambar 4.16. Pemodelan Jaringan Drainase Rencana



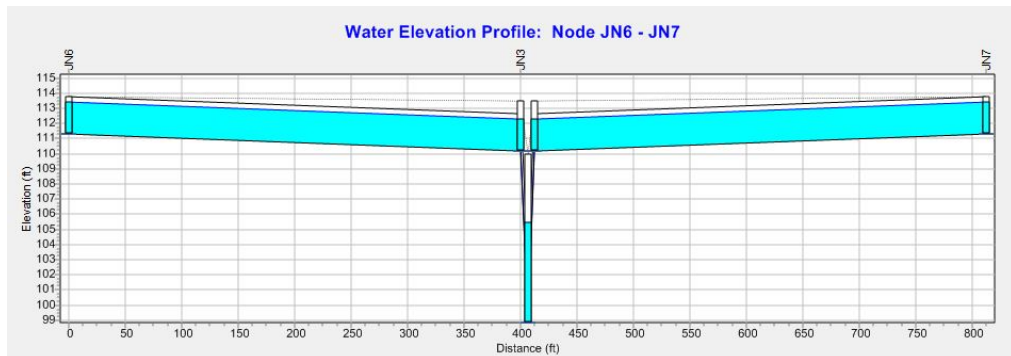
Gambar 4.17. Pemodelan Jaringan Drainase Rencana pada Denah

Pada pemodelan, volume kolam retensi dibuat dengan kapasitas 109.764 m³. Luas dari kolam retensi adalah 36.588 m² dengan kedalaman kolam retensi ditentukan sedalam 3 m. Pompa banjir diatur akan otomatis hidup apabila ketinggian air pada Sungai Cibenda sudah menyentuh ketinggian 3 m dan akan otomatis mati pada ketinggian 2,5 m. Berikut adalah hasil dari simulasi jaringan drainase rencana.



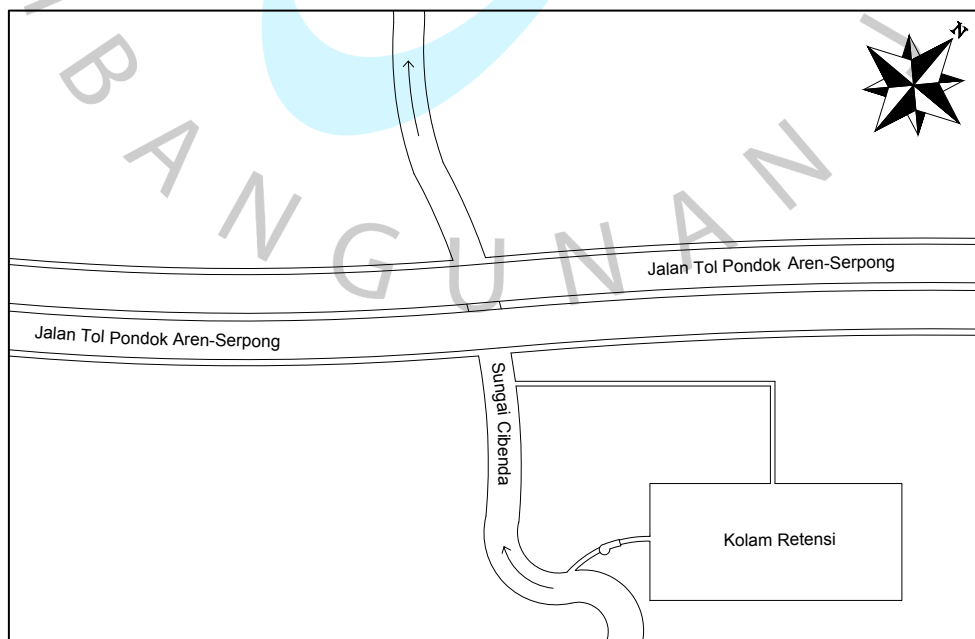
Gambar 4.18. Hasil Simulasi Model Rencana

Hasil dari simulasi model rencana menunjukkan, kolam retensi efektif mencegah meluapnya Sungai Cibenda. Apabila dilihat dari indikator warna pada tiap *conduit*, sudah tidak ada conduit yang berwarna merah. Hal ini menunjukkan bahwa sudah tidak ada lagi limpasan di Sungai Cibenda dan di saluran drainase pinggir jalan tol. Berikut adalah profil aliran dari JN6 hingga JN7 setelah simulasi model rencana.



Gambar 4.19. Profil Aliran Pasca Pemodelan Rencana

Dapat dilihat dari profil aliran pada CN5 atau Sungai Cibenda, dapat dilihat bahwa debit *inflow* dikurangi sebesar 30,409 m³/detik efektif untuk mencegah terjadinya limpasan. Gambar 4.20. Penampang Aliran Rencana Sungai Cibenda menunjukkan pemodelan dari Sungai Cibenda setelah dibuat kolam retensi.



Gambar 4.20. Penampang Aliran Rencana Sungai Cibenda