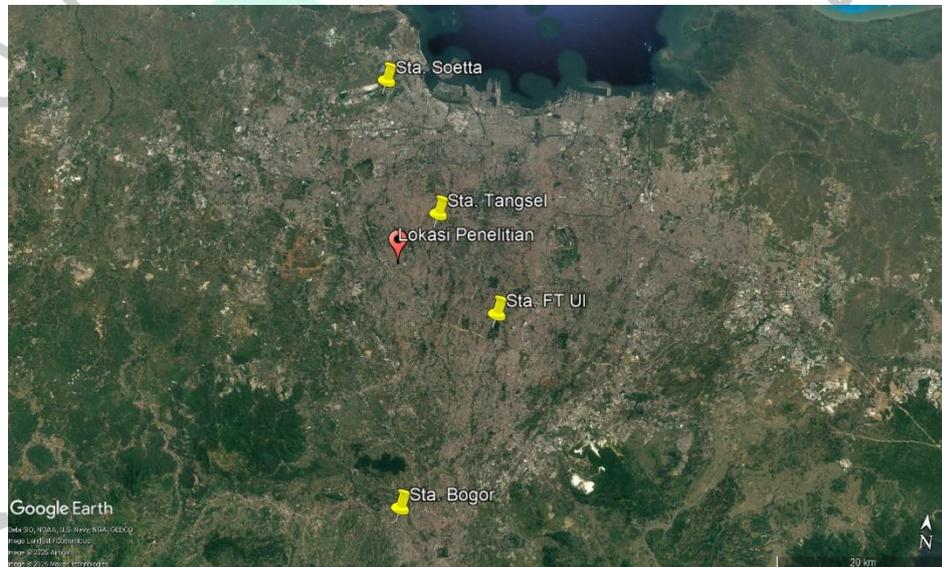


BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penyajian Data

4.1.1 Data Curah Hujan

Penelitian akan dilakukan pada Pertigaan Tanah Tingal Ciputat. Data curah hujan yang akan diterapkan berasal dari empat stasiun hujan yang meliputi stasiun Soekarno Hatta, Tangerang Selatan, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, dan Bogor. Data curah hujan yang diimplementasikan pada penelitian ini, bersumber dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) serta Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS).



Gambar 4. 1 Daerah Penelitian Terhadap Stasiun Hujan
(Sumber: Google Earth Pro)

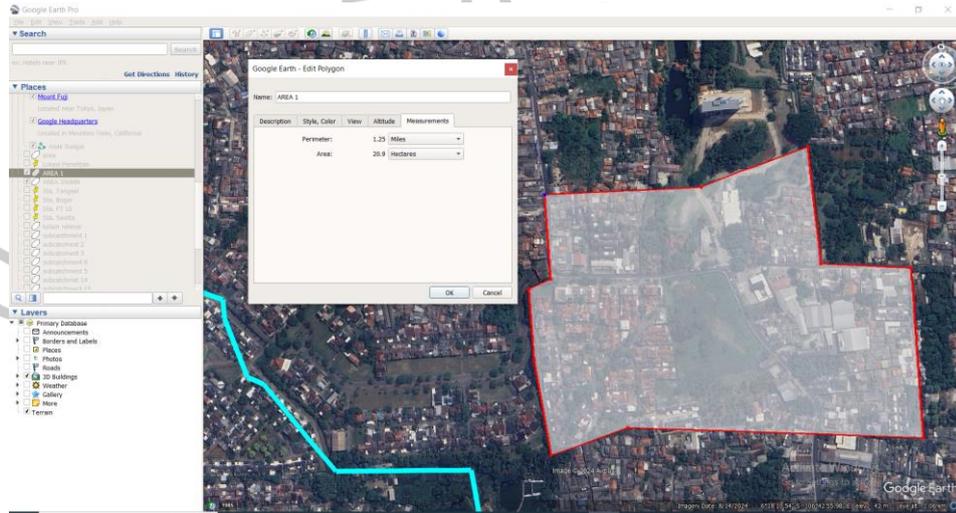
Tabel 4. 1 Titik Koordinat Lokasi Stasiun Hujan

Nama Stasiun	Koordinat		Elevasi (Mdpl)	Wilayah
	Lintang	Bujur		
Sta. Soekarno-Hatta	-6,12524	106,65915	7	Tangerang
Sta. Klimatologi Tangerang Selatan	-6,26113	106,75121	28	Tangerang Selatan
Sta. Fakultas Teknik UI	-6,36236	106,82405	71	Depok
Sta. Klimatologi Bogor	-6,57264	106,74690	192	Bogor

Sumber: Google Earth Pro

4.1.2 Penentuan Daerah Tangkapan Air

Daerah tangkapan air pada lokasi penelitian ini, memiliki luas sebesar 20,9 ha. Penentuan daerah tangkapan air ini berdasarkan elevasi tertinggi yang ada di sekitar lokasi penelitian, sehingga dapat diidentifikasi batas-batas daerah tangkapan air yang efektif. Pada pembuatan daerah tangkapan air menggunakan *Software Google Earth Pro* dengan *tools polygon*.



Gambar 4. 2 Daerah Tangkapan Air
(Sumber: Google Earth)

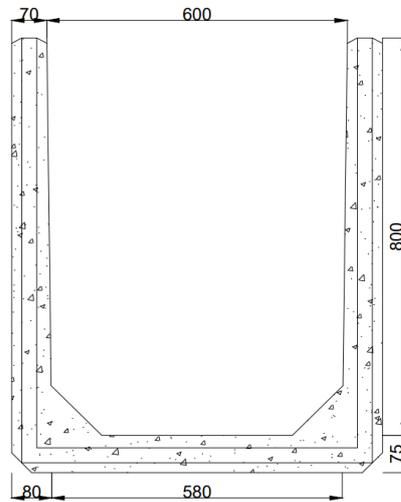
4.1.3 Survei Lapangan

Penelitian ini dilakukan di jalan utama yang ada pada pertigaan Tanah Tingal. Survei yang akan dilakukan adalah pengukuran kedalaman dan lebar dari saluran utama yang ada di lokasi penelitian. Berikut ini merupakan titik-titik survei lapangan yang diidentifikasi sebagai lokasi pengambilan data.



Gambar 4. 3 Titik Survei Lapangan
(Sumber: Google Earth)

Berikut ini merupakan gambaran dari bentuk saluran utama yang ada di lokasi penelitian.

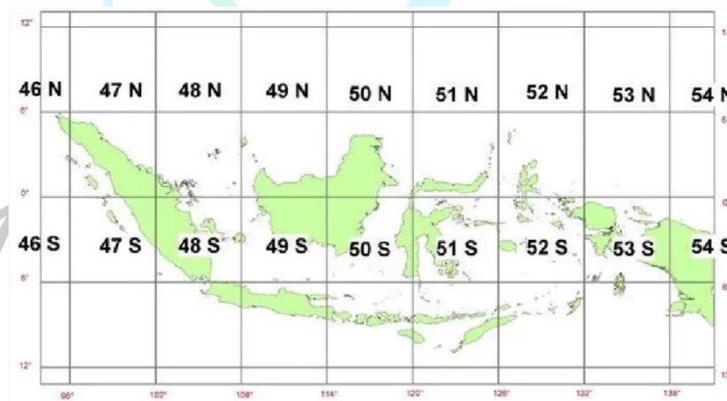


Gambar 4. 4 Potongan Saluran Utama (U-Ditch)

4.2 Analisis Daerah Aliran Sungai dengan QGIS

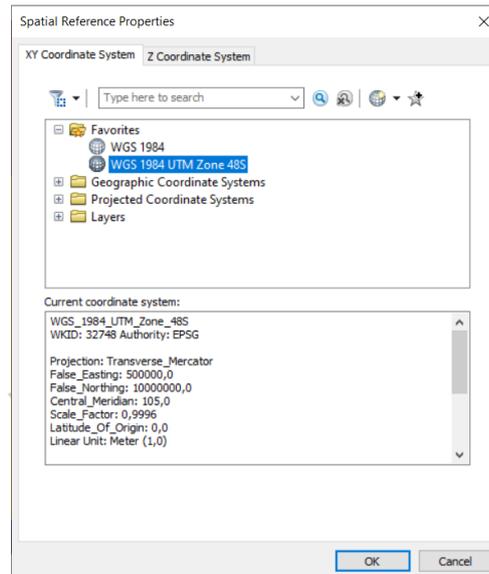
4.2.1 Memasukan Data Demnas

Data Demnas yang telah didapatkan melalui USGS, selanjutnya akan diolah menggunakan *software QGIS*. Sebelum data DEMNAS diolah, data tersebut harus diubah sistem koordinatnya dengan menggunakan *tools project raster*.



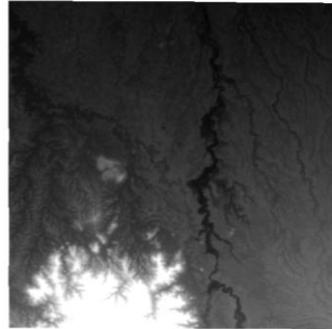
Gambar 4. 5 Peta Pembagian Zona UTM Indonesia
(Sumber: www.inspeksi.co.id)

Pada gambar di atas, daerah lokasi penelitian masuk kedalam zona UTM 48S. Maka, data DEMNAS perlu dilakukannya perubahan koordinat seperti berikut ini.



Gambar 4. 6 Sistem Koordinat

Data DEMNAS yang telah diubah sistem koordinatnya menjadi zona UTM 48S akan diolah datanya untuk mendapatkan DAS Cibenda, sebagai berikut ini.



Gambar 4. 7 Data DEMNAS

4.2.2 Penentuan DAS Cibenda

Data yang diperoleh dari *software QGIS* berupa data DAS Cibenda seperti pada Gambar 4. 8 dan terdapat data aliran sungai Cibenda.



Gambar 4. 8 DAS Cibenda

Data aliran sungai Cibenda didapatkan menggunakan *tools Stream of Feature* seperti Gambar 4. 9 dan dipotong sesuai dengan DAS Cibenda dengan menggunakan *tool Clip (Analysis)* dengan hasil seperti Gambar 4. 10.

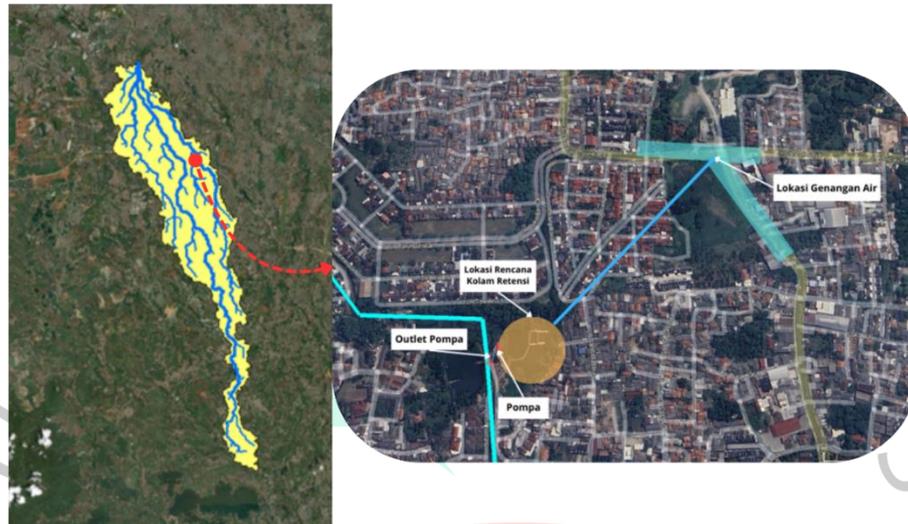


Gambar 4. 9 Aliran Sungai Sebelum Dipotong DAS Cibenda



Gambar 4. 10 Aliran Sungai Setelah Dipotong DAS Cibenda

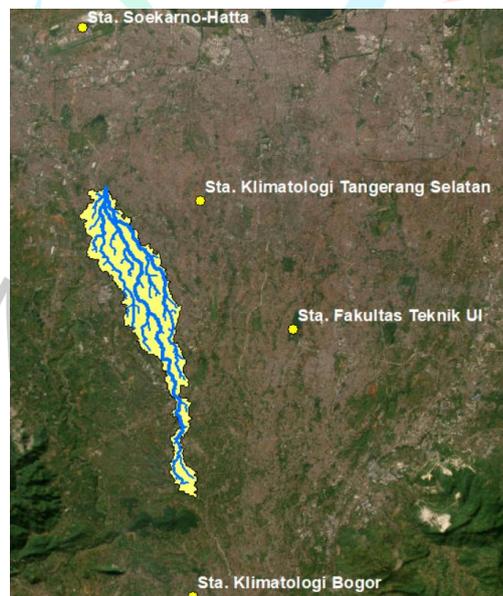
Dari hasil data di atas, maka dapat dilakukan penentuan DAS Cibenda yang akan diolah. Aliran sungai yang telah didapatkan, akan digabung dengan gambar DAS seperti pada gambar berikut.



Gambar 4. 11 Aliran Sungai dan DAS Cibenda pada Lokasi Penelitian

4.2.3 Penentuan Titik Stasiun Hujan

Stasiun hujan yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu Sta. Soekarno Hatta, Tangerang Selatan, FT UI, dan Bogor. Keempat titik koordinat stasiun hujan tersebut (Tabel 4. 1), akan dimasukkan ke dalam *software QGIS*.



Gambar 4. 12 Titik Stasiun Hujan

4.2.4 Poligon Thiessen

Titik stasiun hujan akan digunakan sebagai penentuan besaran pengaruh dari masing-masing stasiun hujan dengan menggunakan cara Poligon Thiessen. Untuk membuat Thiessen pada *QGIS* akan menggunakan *tools Create Thiessen Polygons*.



Gambar 4. 13 Poligon Thiessen DAS Cibenda

Setelah mendapatkan hasil Thiessen, dilanjutkan dengan membuka *open attribute table* untuk membuat perhitungan luas pengaruh seperti gambar berikut ini.

	Nama	Luas	Luas Pengaruh
▶	Sta. Klimatologi Bogor	662,214253	0,087629
	Sta. Fakultas Teknik UI	1728,445684	0,228721
	Sta. Klimatologi Tangerang Selatan	5166,034106	0,683609

Gambar 4. 14 Hasil Luas Pengaruh Stasiun Hujan

Tabel 4. 2 Hasil Rasio Pengaruh Stasiun Hujan Terhadap DAS Cibenda

Nama Stasiun	Luas (ha)	Rasio Pengaruh Hujan
Sta. Klimatologi Bogor	662,21	$662,21 / 7556,69 = 0,09$
Sta. Fakultas Teknik UI	1728,45	$1728,45 / 7556,69 = 0,23$
Sta. Klimatologi Tangerang Selatan	5166,03	$5166,03 / 7556,69 = 0,68$
Total	7556,69	1

Sumber: Diolah Penulis (2024)

Berdasarkan Gambar 4. 14, terlihat bahwa hanya tiga stasiun hujan yang memiliki pengaruh pada DAS Cibenda; yaitu Sta. Bogor, FT UI, dan Tangerang Selatan.

Tabel 4. 3 Ketersediaan Data Curah Hujan

No.	Nama Stasiun	Data Hujan Tahunan									
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Sta. K. Bogor	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	Sta. FT UI	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	Sta. K. Tangsel	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Sumber: Diolah Penulis (2024)

4.3 Analisis Hidrologi

4.3.1 Curah Hujan Kawasan

Poligon Thiessen akan digunakan untuk menentukan curah hujan kawasan.

Poligon Thiessen memiliki keakuratan yang lebih baik karena di setiap stasiun hujan yang digunakan dapat terlihat besaran pengaruhnya terhadap DAS yang diteliti. Hasil data olahan curah hujan adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 4 Curah Hujan Kawasan

No.	Tahun	Curah Hujan Maksimum			Rerata Regional
		Sta. Tangsel	Sta. FT UI	Sta. Bogor	
		0,68	0,23	0,09	
1	2014	120	137	169,1	99,71
2	2015	117	109	155,8	112,62
3	2016	97	117,4	108,6	94,63
4	2017	80,2	117,4	117,6	82,41
5	2018	86,3	101,7	134,5	86,49
6	2019	77,4	122,6	141	77,56
7	2020	208,9	155,2	122,9	186,74
8	2021	118,9	132,6	95,9	119,98
9	2022	123,8	119,4	155,2	103,76
10	2023	105	130	148	94,86

Sumber: Diolah Penulis (2024)

4.3.2 Analisis Frekuensi

Jumlah curah hujan selama periode ulang dihitung dengan menggunakan analisis frekuensi, dengan mempertimbangkan kesesuaian tipe distribusi. Kecukupan kebutuhan saat ini adalah dasar untuk memilih jenis distribusi. Analisis frekuensi periode ulang curah hujan ditunjukkan di bawah ini.

1) Parameter Statistik

Analisis frekuensi untuk menentukan parameter statistik pada curah hujan periode ulang, dan hasilnya ditampilkan dalam tabel berikut.

Tabel 4. 5 Parameter Statistik Distribusi Normal dan Gumbel

Tahun	Xi (mm)	(Xi-Xr)	(Xi-Xr) ²	(Xi-Xr) ³	(Xi-Xr) ⁴
2014	99,71	-6,17	38,02	-234,39	1445,21
2015	112,62	6,75	45,51	307,04	2071,39
2016	94,63	-11,25	126,51	-1422,96	16004,97
2017	82,41	-23,46	550,55	-12917,83	303100,04
2018	86,49	-19,38	375,65	-7280,74	141113,14
2019	77,56	-28,32	801,89	-22707,74	643030,99
2020	186,74	80,86	6538,87	528754,87	42756863,86
2021	119,98	14,11	198,96	2806,38	39584,88
2022	103,76	-2,12	4,50	-9,54	20,23
2023	94,86	-11,02	121,39	-1337,44	14735,46
Σ	1058,76	0,00	8801,85	485957,66	43917970,17
Xr (\bar{X})				105,88	
Standar Dev (Sd)				31,27	
Koe. Skewness (Cs)				2,21	
Koe. Kurtosis (Ck)				9,11	
Koe. Varians (Cv)				0,30	

Sumber: Diolah Penulis (2024)

Tabel 4. 6 Parameter Statistik Distribusi Log Normal dan Log Pearson Tipe III

Tahun	Xi (mm)	Log (Xi)	Log (Xi-Xr)	Log (Xi-Xr) ²	Log (Xi-Xr) ³	Log (Xi-Xr) ⁴
2014	99,71	2,00	-0,01	0,0001563	-0,0000020	0,0000000
2015	112,62	2,05	0,04	0,0016307	0,0000658	0,0000027
2016	94,63	1,98	-0,04	0,0012406	-0,0000437	0,0000015
2017	82,41	1,92	-0,10	0,0090728	-0,0008642	0,0000823
2018	86,49	1,94	-0,07	0,0055139	-0,0004094	0,0000304
2019	77,56	1,89	-0,12	0,0147902	-0,0017987	0,0002187
2020	186,74	2,27	0,26	0,0675966	0,0175747	0,0045693
2021	119,98	2,08	0,07	0,0046065	0,0003126	0,0000212

Tahun	X_i (mm)	$\text{Log}(X_i)$	$\text{Log}(X_i - X_r)$	$\text{Log}(X_i - X_r)^2$	$\text{Log}(X_i - X_r)^3$	$\text{Log}(X_i - X_r)^4$
2022	103,76	2,02	0,00	0,0000227	0,0000001	0,0000000
2023	94,86	1,98	-0,03	0,0011674	-0,0000399	0,0000014
Σ	1058,76	20,11	0,00	0,1057977	0,0147954	0,0049276
$X_r (\bar{X})$					2,01	
Standar Dev (Sd)					0,11	
Koe. Skewness (Cs)					1,61	
Koe. Kurtosis (Ck)					7,08	
Koe. Varians (Cv)					0,05	

Sumber: Diolah Penulis (2024)

4.3.3 Pemilihan Jenis Distribusi

Setelah menghitung secara logaritma dan dispersi parameter statistik, maka hasilnya menjadi acuan untuk memilih uji distribusi sesuai Tabel 2. 1. Hasil perhitungan uji distribusi tertera pada tabel berikut.

Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan Jenis Distribusi

No.	Jenis Sebaran	Hasil Perhitungan	Syarat	Keterangan
1	Normal	2,2068	$C_s = 0$	Tidak Memenuhi
		9,1106	$C_k = 3$	
		1,6123	$C_s = C_v^2 + 3C_v$	
2	Log Normal	7,0752	$C_k = 5,383$	Tidak Memenuhi
		0,0539	$C_v \sim 0,06$	
3	Log Pearson type III	1,6123	$C_s \neq 0$	Memenuhi
4	Gumbel	0,2954	$C_s = 1,14$	Tidak Memenuhi
		9,1106	$C_k = 5,4$	

Sumber: Diolah Penulis (2024)

Berdasarkan hasil pada Tabel 4. 7, maka bahwasanya hasil yang paling memenuhi syarat, yaitu Log Pearson tipe III. Distribusi memiliki selisih yang paling kecil dibandingkan jenis distribusi lainnya yang dianggap tidak mendekati syarat.

4.3.4 Distribusi Frekuensi

Perhitungan distribusi frekuensi dihitung dengan menggunakan Rumus 2. 11 dan disesuaikan dengan data yang ada. Curah hujan yang akan digunakan yaitu periode ulang 2, 5 dan 10 tahun. Tabel berikut menunjukkan nilai faktor frekuensi (Kt) dengan sebaran Log Pearson Tipe III.

Tabel 4. 8 Nilai Faktor Frekuensi (Kt) Log Pearson III

Periode	T = 2 Tahun	T = 5 Tahun	T = 10 Tahun
Kt	-0,254	0,675	1,329

Sumber: Diolah penulis (2024)

Tabel 4. 9 Curah Hujan Periode Ulang Distribusi Log Pearson III

Periode Ulang T Tahun	Log Xr	Sd	Kt	Log Xt	Xt
2			-0,25	1,984	96,32
5	2,01	0,11	0,68	2,084	121,46
10			1,33	2,155	143,00

Sumber: Diolah penulis (2024)

Dari hasil Tabel 4. 9, diperoleh curah hujan untuk periode ulang 2, 5, dan 10 tahun adalah 96,32 mm, 121,46 mm, dan 143 mm.

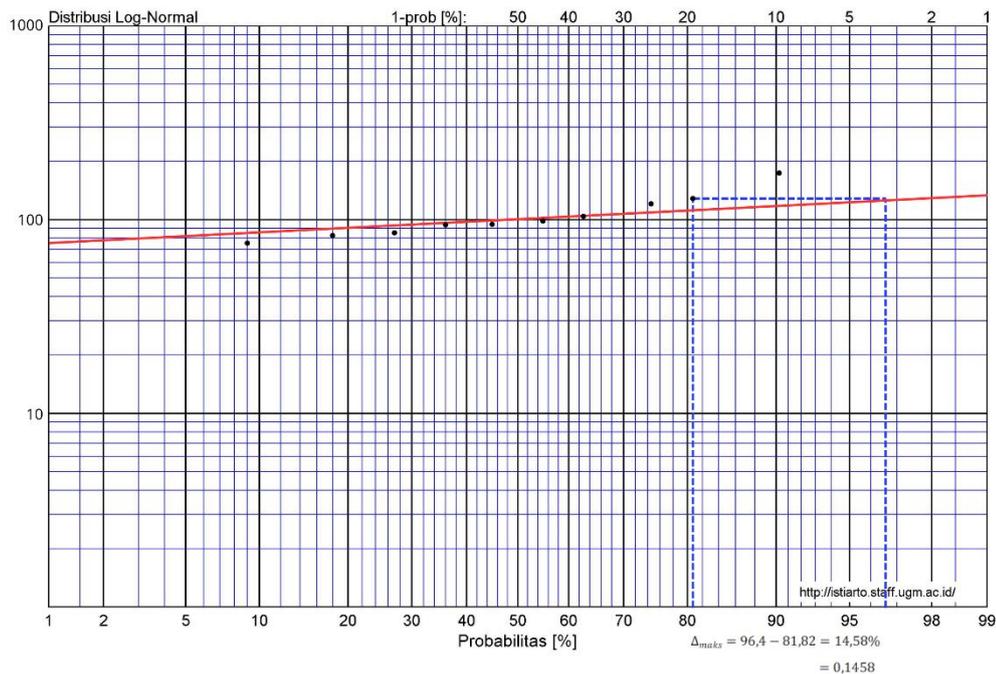
4.3.5 Plotting Data Kertas Grafis

Tabel 4. 10 Perhitungan Probabilitas Curah Hujan

Ranking	Tahun	Xi (mm) Sumbu Y	$y = \ln Xi$	Peluang (%) Sumbu X	T = 1/P
1	2019	77,56	4,351	9,09	11,00
2	2017	82,41	4,412	18,18	5,50
3	2018	86,49	4,460	27,27	3,67
4	2016	94,63	4,550	36,36	2,75
5	2023	94,86	4,552	45,45	2,20
6	2014	99,71	4,602	54,55	1,83
7	2022	103,76	4,642	63,64	1,57
8	2015	112,62	4,724	72,73	1,38
9	2021	119,98	4,787	81,82	1,22
10	2020	186,74	5,230	90,91	1,10
Jumlah		1059	46,311	500,00	32,22

Sumber: Diolah penulis (2024)

Selanjutnya data yang sudah diurutkan berdasarkan peringkat dipetakan pada lembar grafik probabilitas, untuk nilai peluang (P) akan digunakan pada sumbu x serta besaran curah hujan (Xi) pada sumbu y. Data curah hujan dapat langsung di plot ke lembaram grafik probabilitas tanpa dikonversi ke dalam logaritma, karena skala logaritma telah diterapkan pada kertas tersebut.



Gambar 4. 15 Distribusi Log Pearson Tipe III

berdasarkan kertas probabilitas, besaran simpangan data dapat ditentukan sebagai berikut: Log Pearson Tipe III = 94,6% – 81,82% = 14,58% = 0,15. Dari perhitungan tersebut, didapatkan nilai Δ_{maks} (0,15) < Δ_{kritis} (0,49), maka sebaran Log Pearson Tipe III sudah mencukupi syarat sebaran. Karena persyaratan sebaran telah terpenuhi, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian kesesuaian data sebaran menggunakan Uji Chi-Kuadrat serta Uji Smirnov-Kolmogorov.

4.3.6 Uji Kecocokan Sebaran

Pengujian digunakan untuk menentukan kecocokan distribusi yang dipilih dalam pembentukan kurva sesuai dengan distribusi empirisnya. Data akan dibagi ke dalam beberapa kelompok selama pengujian Log Pearson Tipe III dan Chi-Kuadrat, seperti berikut ini:

1) Uji Chi-Kuadrat

G (Jumlah Kelas)	$1 + 3,322 \text{ Log } n$
	$1 + 3,322 \text{ Log } 10$
	4,322
	4
Dk (Derajat kebebasan)	$= G - (p + 1)$

	=4,322-(2+1)
	1,322
	Diambil 2
Ei (Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke i) =	n/G
	10/4
ΔX	2,5
	$(X_{\max} - X_{\min})/G-1$
Xawal	36,39
	$(X_{\min} - \frac{1}{2} \cdot \Delta X)$
	59,36

Tabel 4. 11 Perhitungan Chi-Kuadrat

Chi-Kuadrat							
No	Nilai	Batas Sub Kelompok	Oi	Ei	Oi-Ei	$Xh^2 = (O_i - E_i)^2 / E_i$	
1	59,36	< P <	95,75	5	2,5	2,5	2,5
2	95,75	< P <	132,15	4	2,5	1,5	0,9
3	132,15	< P <	168,54	0	2,5	-2,5	2,5
4	168,54	< P <	204,94	1	2,5	-1,5	0,9
Jumlah							6,8

Sumber: Diolah penulis (2024)

Tabel 4. 12 Hasil Perhitungan Chi-Kuadrat

$X^2 < X^2_{cr}$	
X^2	X^2_{cr}
6,8	9,21

Sumber: Diolah penulis (2024)

Nilai X^2 sebesar 6,8 didapatkan dari pengujian Chi-Kuadrat. Dengan nilai confidence interval sebesar 0,05 dan DK sebesar 1, maka nilai X^2_{cr} didapatkan sebesar 9,21. Oleh sebab itu, didapatkan nilai $X^2 \leq X^2_{cr} = 6,8 \leq 9,21$. Dengan demikian, sebaran Log Pearson Tipe III dinilai sudah mencukupi kriteria dalam pengujian Chi-Kuadrat.

2) Uji Smirnov-Kolmogorov

Pengerucutan data dari terkecil ke terbesar diperlukan pada Uji Smirnov-Kolmogorov, selanjutnya nilai D_{maks} dapat dicari. Di bawah ini merupakan hasil pengujian Smirnov-Kolmogorov.

Tabel 4. 13 Pengujian 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<)
2019	77,56	1	0,091	0,909	-0,91	0,11	0,89	0,020
2017	82,41	2	0,182	0,818	-0,75	0,22	0,78	0,040
2018	86,49	3	0,273	0,727	-0,62	0,33	0,67	0,061
2016	94,63	4	0,364	0,636	-0,36	0,44	0,56	0,081
2023	94,86	5	0,455	0,545	-0,35	0,56	0,44	0,101
2014	99,71	6	0,545	0,455	-0,20	0,67	0,33	0,121
2022	103,76	7	0,636	0,364	-0,07	0,78	0,22	0,141
2015	112,62	8	0,727	0,273	0,22	0,89	0,11	0,162
2021	119,98	9	0,818	0,182	0,45	1,00	0,00	0,182
2020	186,74	10	0,909	0,091	2,59	1,11	-0,11	0,202
Jumlah	1059						Dmax	0,202
Rata-rata	105,88						Dmax < D	
stDev	31,27						Dmax	D (n=10)
							0,202	0,49

Sumber: Diolah penulis (2024)

- Hasil pada Tabel 4. 13 menunjukkan bahwa nilai Dmax senilai 0,202. Nilai D_0 dengan derajat kepercayaan (n=10) yaitu 0,49. Sehingga, $D_{maks} \leq D_0 = 0,202 \leq 0,49$. Oleh sebab itu, distribusi Log Pearson Tipe III dinilai sudah memenuhi kriteria dalam pengujian Smirnov-Kolmogorov.

4.3.7 Curah Hujan Kawasan

Penentuan jenis sebaran yang telah dihitung sebelumnya, menunjukkan bahwa metode perhitungan hujan rencana didasarkan dari Log Pearson Tipe III. Berikut ini merupakan tabel perhitungan curah hujan rencana.

Tabel 4. 14 Curah Hujan Rencana

No	PUH	Log Pearson III	C	Rn
		Rmax		= Rmax x C
1	2 Thn	96,32	0,75	72,24
2	5 Thn	121,46	0,75	91,09
3	10 Thn	143,00	0,75	107,25

Sumber: Diolah penulis (2024)

4.3.8 Intensitas Hujan

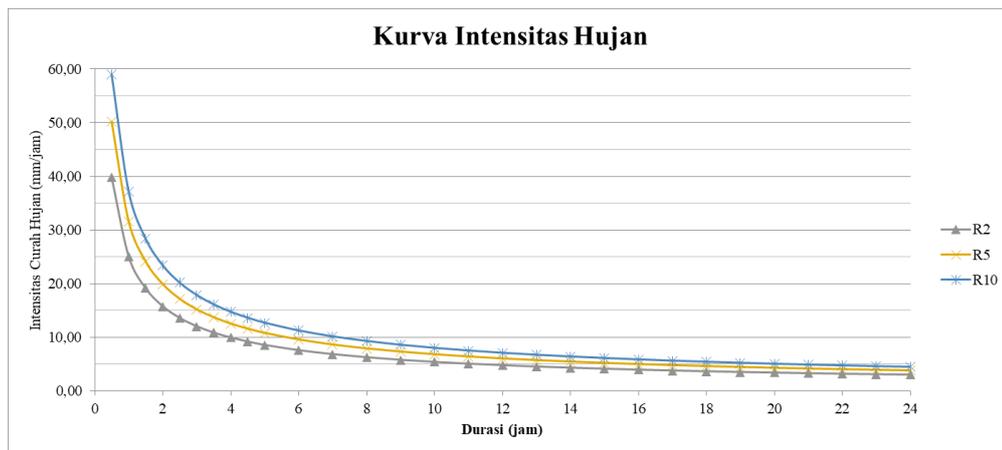
Rumus Mononobe akan diterapkan untuk perhitungan intensitas hujan. Pada hal ini, data yang akan digunakan yaitu R10 dan Rumus 2. 15. Periode ulang

yang digunakan dalam perhitungan ini adalah 2, 5, dan 10 tahun sebagai berikut.

Tabel 4. 15 Intensitas Hujan dengan Metode Mononobe

PUH (jam)	Intensitas Hujan Periode Ulang		
	R2	R5	R10
	72,24	91,09	107,25
0,5	39,75	50,13	59,02
1	25,04	31,58	37,18
1,5	19,11	24,10	28,37
2	15,78	19,89	23,42
2,5	13,60	17,14	20,19
3	12,04	15,18	17,87
3,5	10,86	13,70	16,13
4	9,94	12,53	14,76
4,5	9,19	11,59	13,64
5	8,56	10,80	12,72
6	7,58	9,56	11,26
7	6,84	8,63	10,16
8	6,26	7,90	9,30
9	5,79	7,30	8,59
10	5,40	6,80	8,01
11	5,06	6,38	7,52
12	4,78	6,03	7,09
13	4,53	5,71	6,73
14	4,31	5,44	6,40
15	4,12	5,19	6,11
16	3,94	4,97	5,86
17	3,79	4,78	5,62
18	3,65	4,60	5,41
19	3,52	4,44	5,22
20	3,40	4,29	5,05
21	3,29	4,15	4,88
22	3,19	4,02	4,74
23	3,10	3,90	4,60
24	3,01	3,80	4,47

Sumber: Diolah penulis (2024)



Gambar 4. 16 Kurva Intensitas Hujan

Grafik pada Gambar 4. 16 menunjukkan bahwasanya makin singkat waktu hujan, maka intensitasnya akan semakin tinggi. Tetapi, apabila waktu hujannya semakin lama, maka intensitas hujan akan semakin rendah.

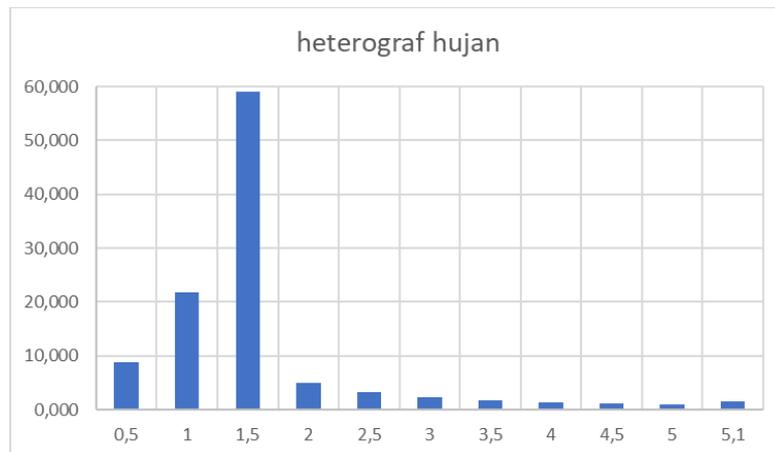
4.3.9 Heterograf Hujan Rencana

Hasil dari hujan rencana digunakan sebagai acuan perhitungan untuk menetapkan intensitas hujan. Proses tersebut akan dilaksanakan dengan pendekatan diagram heterograf.

Tabel 4. 16 Perhitungan Curah Hujan Rencana

Tc	Δt (jam)	It mm	Δp mm	Heterograf mm
0,5	00.00-00.30	59,022	59,022	8,807
1	00.30-01.00	37,181	21,840	21,840
1,5	01.00-01.30	28,375	8,807	59,022
2	01.30-02.00	23,423	4,952	4,952
2,5	02.00-02.30	20,185	3,238	3,238
3	02.30-03.00	17,875	2,310	2,310
3,5	03.00-03.30	16,129	1,746	1,746
4	03.30-04.00	14,755	1,374	1,374
4,5	04.00-04.30	13,641	1,114	1,114
5	04.30-05.00	12,716	0,925	0,925
5,1	05.00-05.10	11,260	1,455	1,455

Sumber: Diolah penulis (2024)



Gambar 4. 17 Grafik Curah Hujan Rencana

4.3.10 Kajian Debit Rencana Menggunakan Metode Rasional

Metode rasional dilakukan guna menganalisis debit banjir rencana di wilayah dengan luas aliran. Penghitungan metode rasional merujuk pada Rumus 2. 16. Di bawah ini merupakan hasil debit banjir rencana dengan metode rasional.

Tabel 4. 17 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Tahun Rencana Periode Ulang	Debit Puncak Limpasan Permukaan Rumus Rasional (m ³ /detik)	
	C = 0.75 (Perumahan Berkelompok, Bersambung)	Luas DAS = 75,57
2 Thn	133,684	
5 Thn	168,579	
10 Thn	198,478	

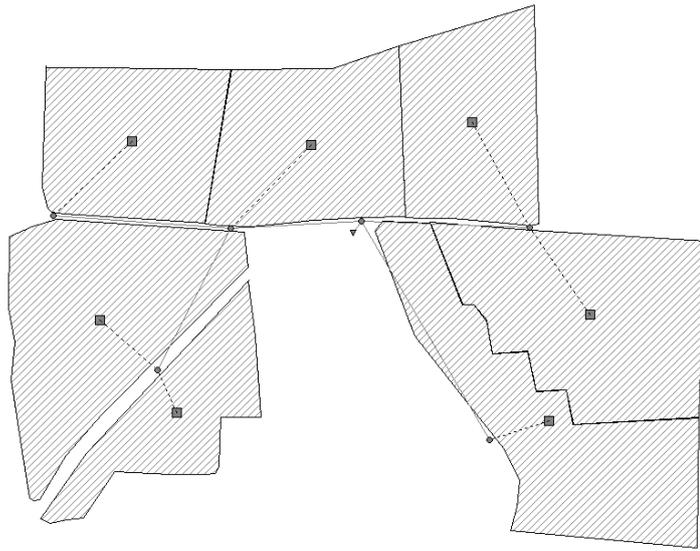
Sumber: Diolah penulis (2024)

Berdasarkan Tabel 2. 6, maka kala ulang yang akan diaplikasikan ke dalam evaluasi model jaringan drainase adalah kala ulang 10 tahun.

4.4 Pembahasan

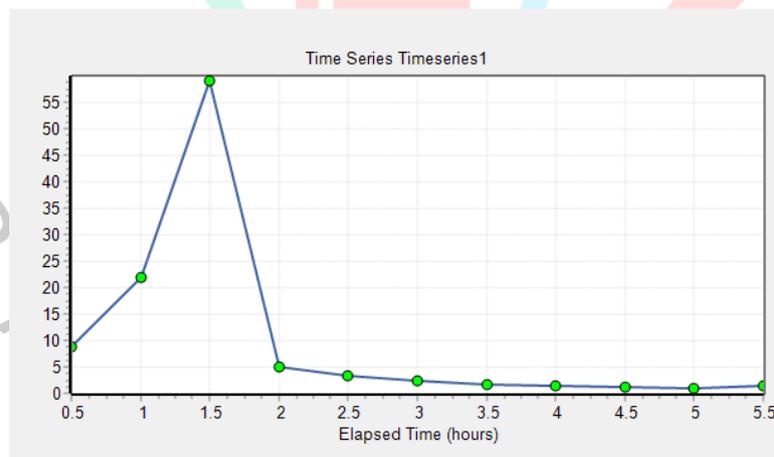
4.4.1 Evaluasi Model Jaringan Drainase Eksisting

Penentuan *subcatchment* evaluasi jaringan drainase eksisting penelitian, dibagi menjadi 7 bagian *subcatchment*, yang dibantu dengan menggunakan *software Google Earth Pro* dan dimasukkan kedalam SWMM sebagai *backdrop*. Pemodelan jaringan drainase eksisting juga memasukan beberapa komponen lainnya seperti *Junction*, *Conduit*, *Outfall* dan *Rain gage*.



Gambar 4. 18 Subcatchment Area Drainase Eksisting

Pada komponen *Rain gage* akan digunakan sebagai acuan curah hujan rencana. Seperti yang sudah di analisis sebelumnya pada Tabel 4. 16, selanjutnya hasil tersebut akan dimasukkan ke dalam *software* SWMM pada bagian *Time series*. Berikut ini merupakan grafik heterograf yang di input ke dalam SWMM.



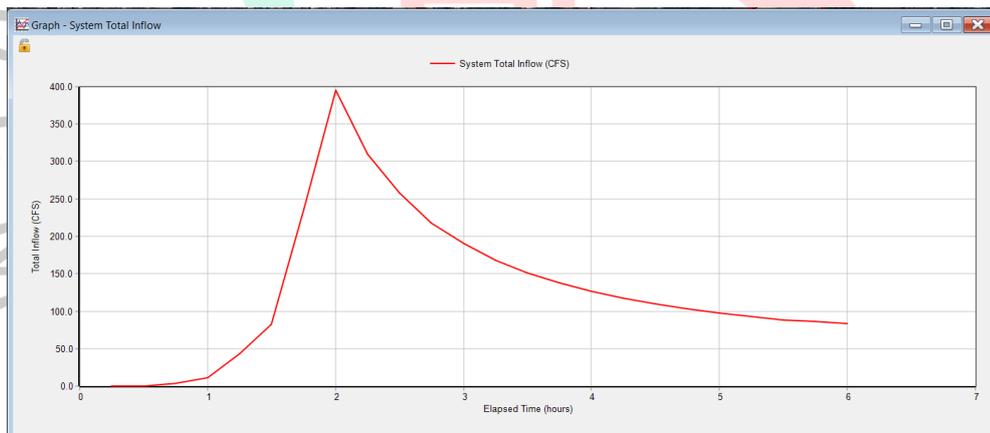
Gambar 4. 19 Grafik Time Series SWMM 5.2

Setelah memasukan data *Time series*, selanjutnya melakukan pemedalan lanjutan. Model yang sudah siap akan di *running* untuk melihat hasilnya. Di bawah ini merupakan hasil pemodelan dengan batas maksimum pada menit ke 01:45.



Gambar 4. 20 Hasil Pemodelan Jaringan Drainase Eksisting

Grafik di bawah ini merupakan grafik debit air masuk total pada pemodelan drainase eksisting, dengan nilai maksimum genangan sebesar 400 cfs atau 1,13 m³/s.



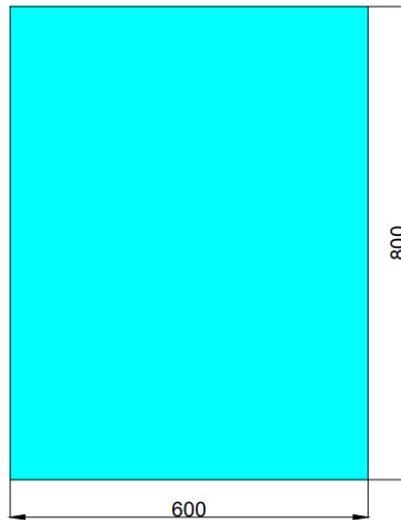
Gambar 4. 21 Grafik Luapan Air pada Pemodelan Jaringan Eksisting

4.4.2 Kalibrasi Model

Pada tanggal 24 Oktober 2024, dilakukan pengambilan sampel data pada saluran *conduit* 20 yang merupakan bagian dari sistem drainase. Pengambilan sampel ini dilakukan pada saat kondisi hujan dengan intensitas yang tinggi, yang mana penampang tersebut terisi penuh. Dengan ukuran penampang drainase seperti gambar berikut ini.



Gambar 4. 22 Conduit 20



Gambar 4. 23 Saluran Drainase Ukuran 0,6 m x 0,8 m

Sehingga debit saluran (Q) dapat dihitung dengan rumus manning:

Luas Penampang Saluran (A)

$$A = B \times h = 0,6 \times 0,8 = 0,464 \text{ m}^2$$

Keliling Basah Saluran (P)

$$P = (h \times 2) + B = (0,8 \times 2) + 0,6 = 2,6 \text{ m}$$

Jari-jari Hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,464}{2,6} = 0,213 \text{ m}$$

Kemiringan Dasar Saluran (S)

$$S = \frac{\Delta t}{L} = \frac{1}{119} = 0,08$$

Kecepatan Aliran (V)

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) \times R^{2/3} \times S^{1/2} = \left(\frac{1}{0,016}\right) \times 0,213^{2/3} \times 0,08^{1/2} = 2,042 \text{ m/s}$$

Debit Saluran (Q)

$$Q = V \times A = 2,042 \times 0,464 = 0,948 \text{ m}^3/\text{s}$$

Berdasarkan perhitungan debit aliran menggunakan metode flood marking dengan mengambil sampel ukuran 0,6 m × 0,8 m dan menggunakan persamaan Manning, diperoleh hasil debit aliran (Q) sebesar 0,948 m³/s. sementara itu, simulasi menggunakan SWMM 5.2 menghasilkan debit aliran (Q) sebesar 1,060 m³/s. Metode *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE) digunakan untuk memvalidasi data dari kedua debit tersebut.

$$NSE = 1 - \frac{(0,948 - 1,060)^2}{(0,948 - 0,000004)^2} = 0,99$$

Hasil yang didapat dari perhitungan NSE sebesar 0,99 dan termasuk dalam kategori sangat baik, karena nilainya mendekati 1, yang menunjukkan tingkat keandalan tinggi dengan parameter yang terkuantifikasi dengan jelas.

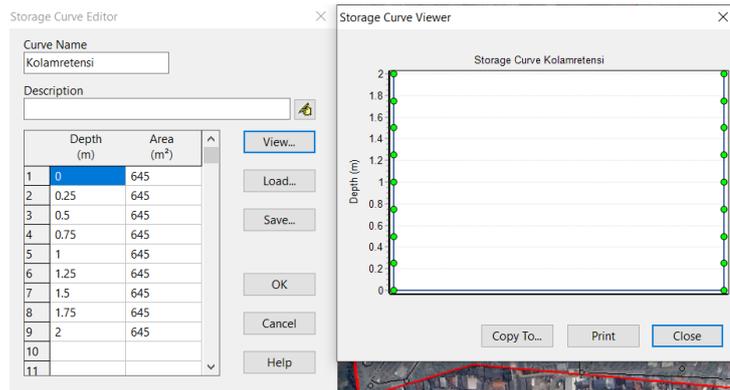
4.4.3 Perencanaan Kolam Retensi

Hasil yang diperoleh dari pemodelan jaringan drainase eksisting, akan dilanjutkan dengan merencanakan kolam retensi sebagai solusi untuk penanggulangan banjir. Berikut ini merupakan perhitungan perencanaan kolam retensi dengan menggunakan rumus 2. 17 dan 2. 18.

$$\text{Volume Kolam Retensi} = 0,448 \times 3600 = 1290 \text{ m}^3$$

$$\text{Luas Kolam Retensi} = \frac{1.290}{2} = 645 \text{ m}^2$$

Setelah melakukan perhitungan luas kolam retensi, tahap berikutnya adalah menginput data tersebut ke dalam *Software* SWMM. Proses ini dilakukan dengan memilih opsi *Curve* pada bar menu bagian kiri, kemudian memilih *Storage Curve* dan memasukan data yang telah dihitung sebelumnya. Berikut ini merupakan gambar data yang dimasukkan pada *Software* SWMM.

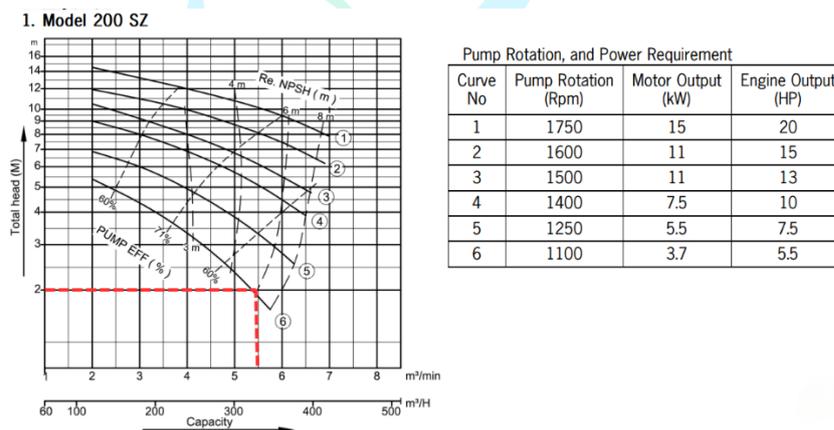


Gambar 4. 24 Penginputan Model Kolam Retensi Pada SWMM 5.2

4.4.4 Perencanaan Pompa Banjir

Perencanaan pompa banjir akan disesuaikan dengan kedalaman kolam retensi yang mencapai 2 m. Pompa akan dikendalikan secara otomatis untuk mulai beroperasi serta mengalirkan air ke Sungai Cibenda ketika ketinggian air mencapai 1,5 m. Tindakan ini diambil untuk mencegah terjadinya luapan di Sungai Cibenda. Selanjutnya, pompa akan berhenti beroperasi saat ketinggian air berkurang hingga 0,5 m.

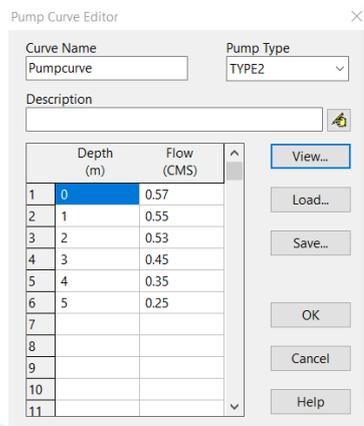
Berdasarkan Gambar 4. 25 Pump Curve, dengan menarik garis dari sumbu Y pada kedalaman kolam retensi sebesar 2 meter akan bersinggungan dengan sumbu X kapasitas pompa 5,5 m³/min.



Gambar 4. 25 Pump Curve
(Sumber: PT EBARA Indonesia)

Maka dari itu, kolam retensi dengan kedalaman 2 meter akan optimal digunakan dengan pompa berkapasitas 5,5 m³/min. selanjutnya, langkah penginputan data pompa pada *Software* SWMM dilakukan dengan memilih

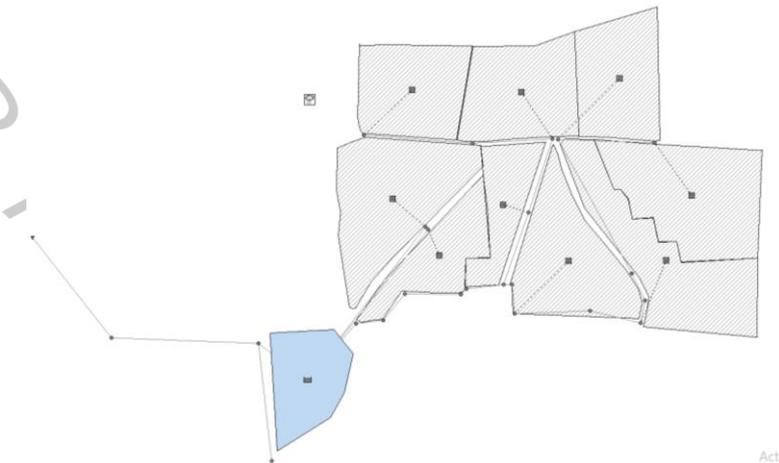
opsi *Curve* pada bar menu bagian kiri, kemudian memilih *Pump Curve* dan memasukkan data spesifikasi pompa seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 4. 26 Penginputan Model Pompa Pada SWMM 5.2

4.5 Evaluasi Model Jaringan

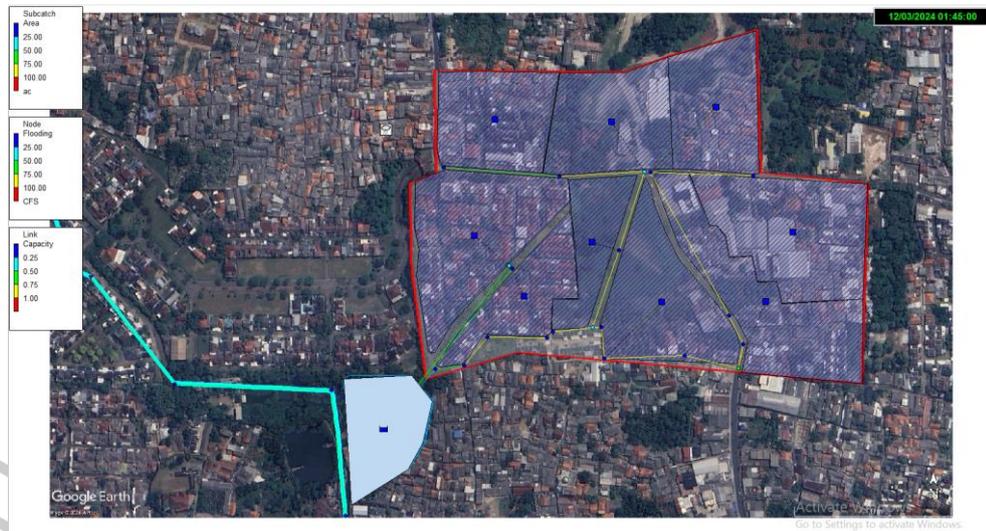
Proses selanjutnya adalah melakukan pemodelan ulang jaringan drainase. Pada simulasi evaluasi model jaringan, daerah *subcatchment* penelitian akan dibagi menjadi 9 bagian, yang semula hanya terdapat 7 *subcatchment area*. Pemodelan ulang jaringan drainase juga akan menambahkan komponen kolam retensi (*Storage unit*) dan pompa (*Pump*).



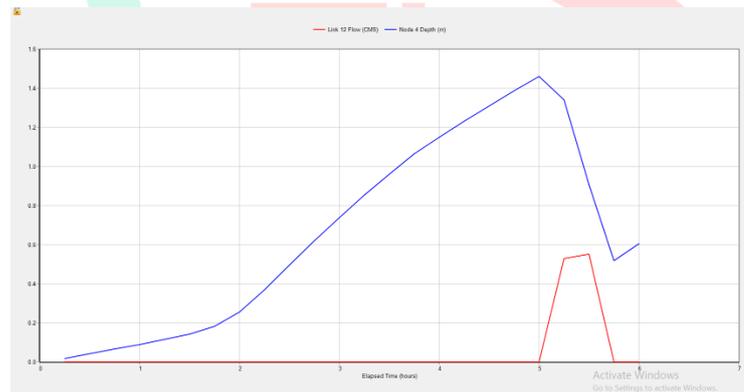
Gambar 4. 27 Pembagian Subcatchment Area

Berikut ini merupakan hasil pemodelan dengan menggunakan kolam retensi. Volume kolam retensi dibuat dengan kapasitas 1290 m³ dan kedalaman sebesar 2 m. Pompa banjir akan secara otomatis aktif ketika ketinggian air

mencapai 1,5 m dan akan mati secara otomatis saat ketinggian air mencapai 0,5 m.



Gambar 4. 28 Hasil Simulasi Pemodelan Rencana



Gambar 4. 29 Grafik Kedalaman Kolam retensi dan Laju Aliran Pompa

Berdasarkan grafik pada Gambar 4. 29, terlihat bahwa kedalaman air pada kolam retensi meningkat secara bertahap. Ketika kedalaman air mencapai 1,5 meter, sistem pompa otomatis diaktifkan untuk menyalurkan air dari kolam retensi ke sungai Cibenda dan otomatis dimatikan ketika mencapai kedalaman air mencapai 0,5 m. Grafik tersebut juga menunjukkan bahwa aliran air yang dipompa menuju sungai Cibenda berjalan secara efektif dan optimal.