

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Penyajian Data

4.1.1 Survei Lapangan

Survei dilaksanakan oleh peneliti untuk melihat kondisi secara langsung. Pada Gambar 4.1 dapat dilihat lokasi lapangan atau objek dari penelitian ini yang terletak pada Anak Sungai Angke STA 0+562 sampai STA 0+030 dan STA 0+60 sampai STA 0+09 yang berada di sekitar Perumahan Graha Mas Serpong. Pada Gambar 4.2 terdapat gambar pada saat pelaksanaan survei pada objek penelitian yang berupa pengukuran dimensi penampang melintang dan memanjang, kecepatan aliran arus sungai, dan tinggi muka air sungai sebagai data pendukung untuk penelitian ini.



Gambar 4.1 Lokasi Penelitian Anak Sungai Angke (Dokumentasi Pribadi, 2023)

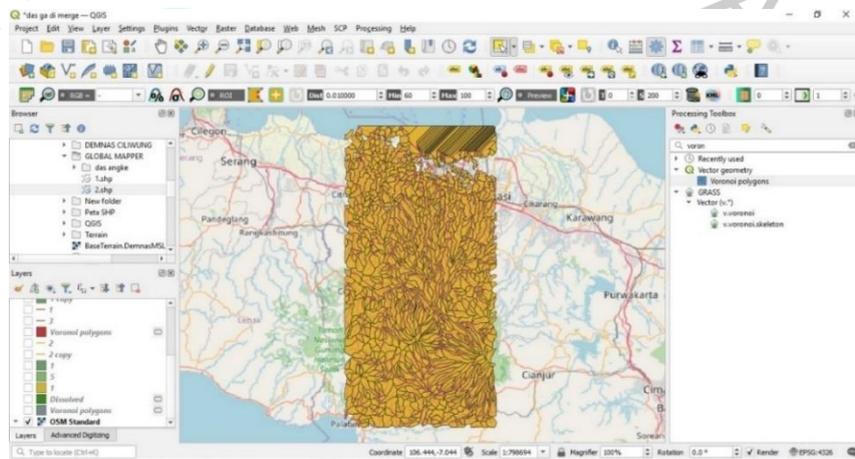


Gambar 4.2 Survei Lapangan Anak Sungai Angke pada Perumahan Graha Mas Serpong (Dokumentasi Pribadi, 2023)

4.1.2 Penentuan Daerah Aliran Sungai (DAS) Menggunakan Aplikasi QGIS

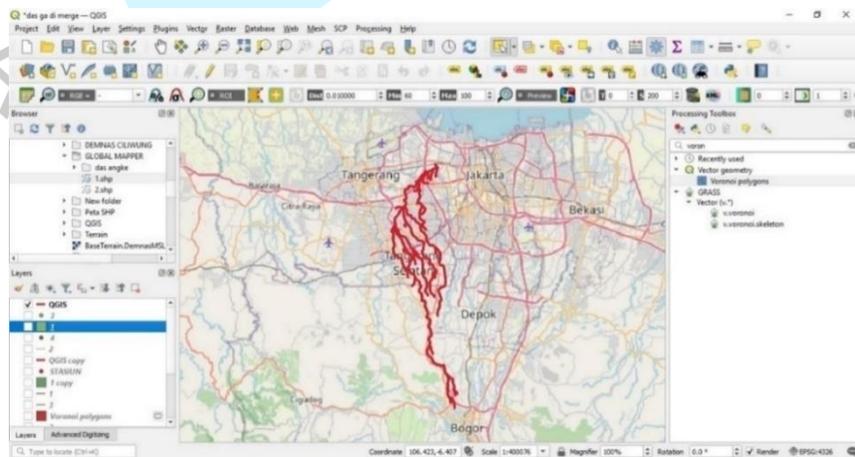
Daerah Aliran Sungai untuk penelitian ini ditentukan menggunakan perangkat lunak *Quantum Geographic Information System* (QGIS) Versi 3.22.11. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam menentukan bentuk DAS:

- Mengunduh *Digital Elevation Model* (DEM) Nasional pada situs tanahair.indonesia.go.id.
- DEMNAS diolah menggunakan fitur *generate watershed* sehingga didapatkannya subDAS dan alur sungai yang dibutuhkan.



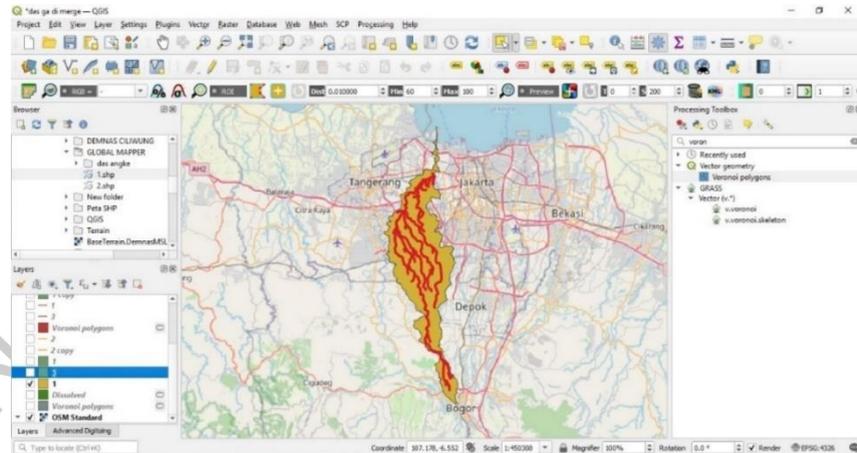
Gambar 4.3 Shapefile SubDAS dan Alur Sungai (Dokumentasi Pribadi, 2023)

- Menentukan alur sungai yang digunakan untuk lokasi penelitian dengan cara *tracing* alur sungai.



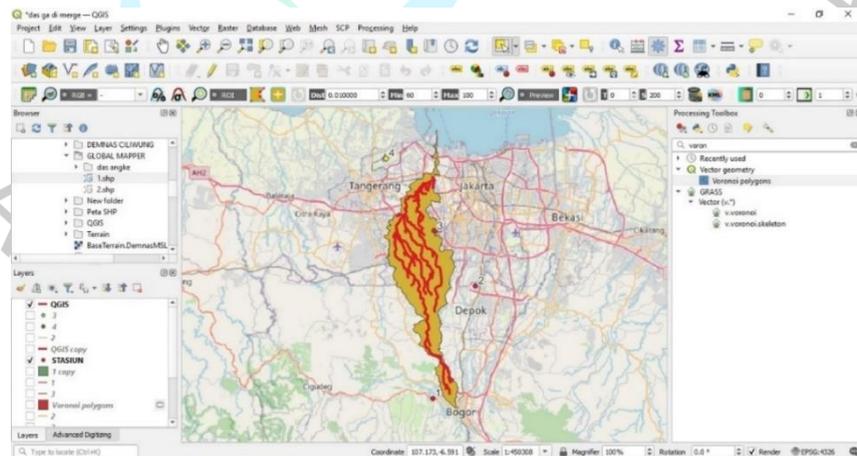
Gambar 4.4 Tracing Alur Sungai Angke (Dokumentasi Pribadi, 2023)

- d. Menentukan DAS dengan cara menyatukan subDAS yang berhubungan aktif dengan alur sungai. Fitur *dissolve* pada aplikasi ini membantu untuk menyatukan subDAS yang terpisah-pisah.



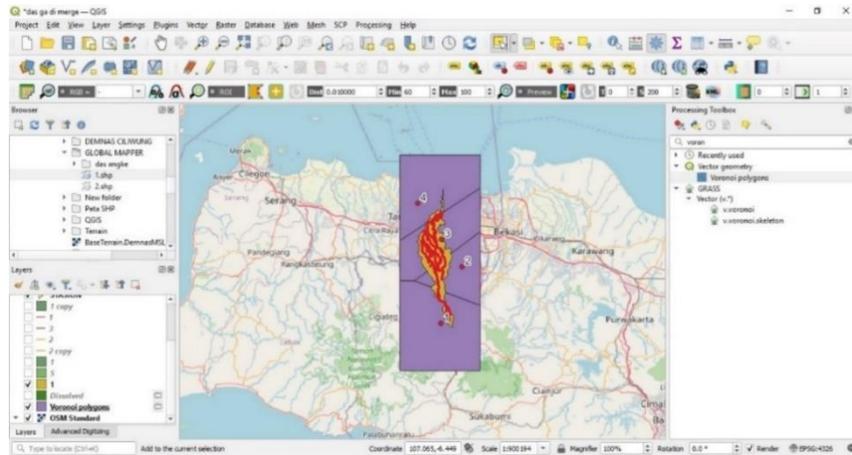
Gambar 4.5 Manggabungkan SubDAS yang Berhubungan dengan Alur Sungai (Dokumentasi Pribadi, 2023)

- e. Menentukan stasiun hujan yang berpengaruh pada DAS Anak Angke. Stasiun pertama merupakan Stasiun Klimatologi Bogor, kedua merupakan Stasiun Klimatologi Fakultas Teknik Universitas Indonesia, ketiga merupakan Stasiun Klimatologi Tangerang Selatan, dan keempat merupakan Stasiun Klimatologi Soekarno Hatta.

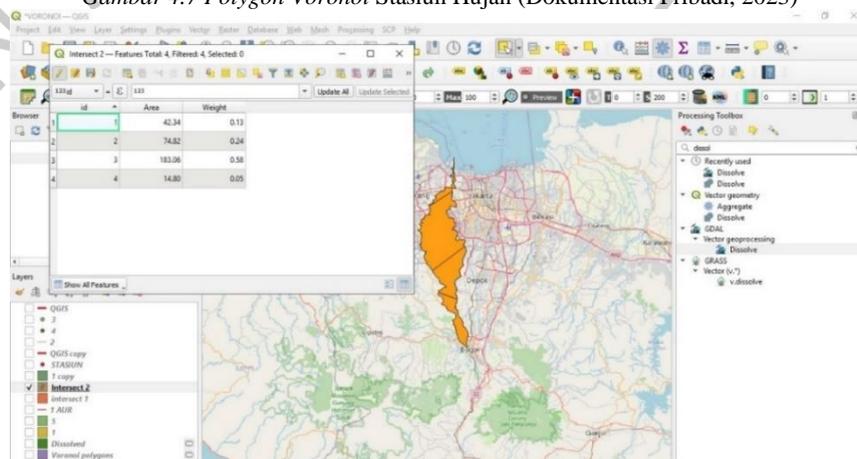


Gambar 4.6 Stasiun Hujan yang Berpengaruh Terhadap DAS (Dokumentasi Pribadi, 2023)

- f. Membuat *Polygon Voronoi* sehingga dapat dihitung luas DAS, lalu persentase pengaruh dari setiap stasiun hujan.



Gambar 4.7 Polygon Voronoi Stasiun Hujan (Dokumentasi Pribadi, 2023)



Gambar 4.8 Hasil Luas DAS dan Persentase Luas (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Daerah Aliran Sungai (DAS) anak Angke didapatkan setelah melakukan beberapa langkah diatas, hasil total luas DAS yang didapat adalah 315 km². *Polygon* yang terpisah juga memiliki persentase pengaruh sesuai luas *polygon* terhadap total luas DAS yang dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1 Data Curah Hujan Setiap Stasiun

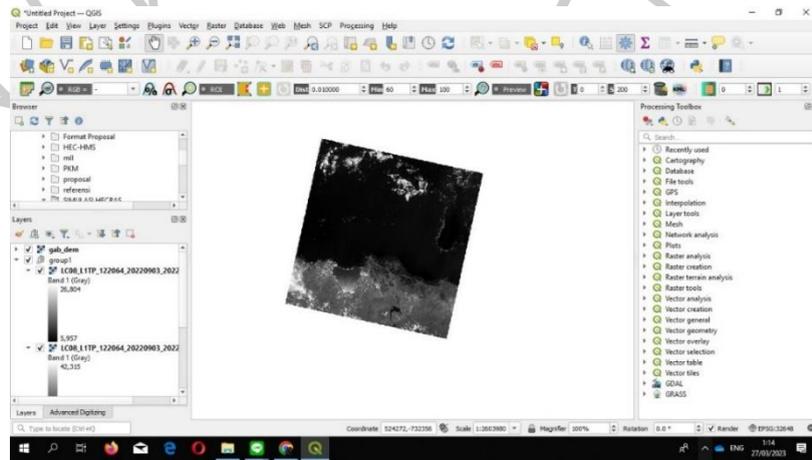
Nama Stasiun Hujan	Luas Pengaruh (km ²)	Rasio Pengaruh Stasiun Hujan
Sta. K. Bogor	42,34	42,34 / 315,02 = 0,13
Sta. H. FT UI	74,82	74,82 / 315,02 = 0,24
Sta. K. Tangerang Selatan	183,06	183,06 / 315,02 = 0,58
Sta. M. Soekarno Hatta	14,8	14,8 / 315,02 = 0,05
Σ	315,02	1

Sumber: BMKG dan BBWSSC (2023)

4.1.3 Penentuan Tutupan Lahan DAS Menggunakan Aplikasi QGIS

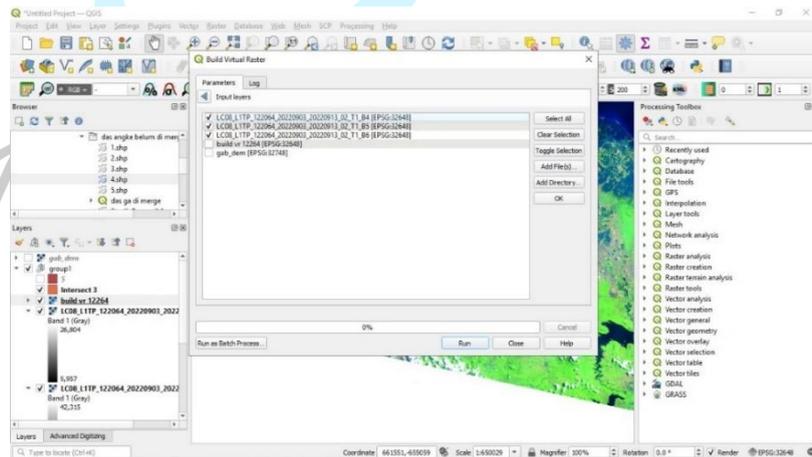
Setelah Daerah Aliran Sungai, dibutuhkan pula tutupan lahan pada DAS yang sudah ada untuk mengetahui pengaruh tutupan lahan terhadap aliran dan penyerapan air pada DAS. Tutupan lahan untuk penelitian ini ditentukan menggunakan perangkat lunak *Quantum Geographic Information System* (QGIS) Versi 3.22.11. Berikut ini adalah langkah menentukan tutupan lahan:

- a. Mengunduh peta *landsat* pada situs *earthexplorer.usgs.gov*.



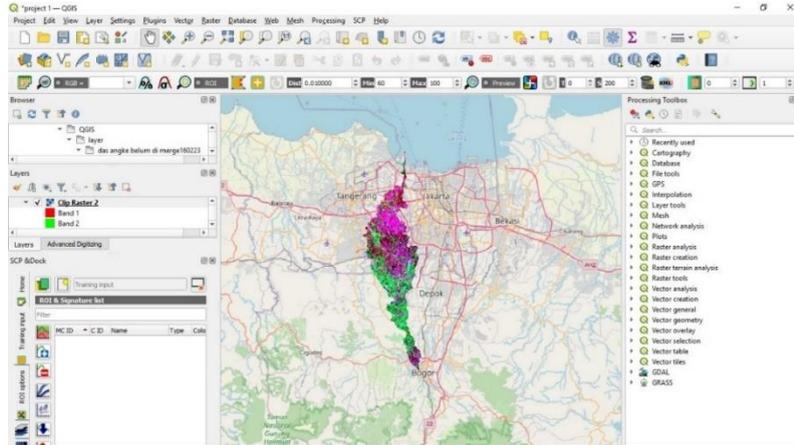
Gambar 4.9 Peta Landsat (Dokumentasi Pribadi, 2023)

- b. Peta yang sudah diunduh diolah menggunakan fitur *build virtual raster* berguna untuk menyatukan *layer landsat*.



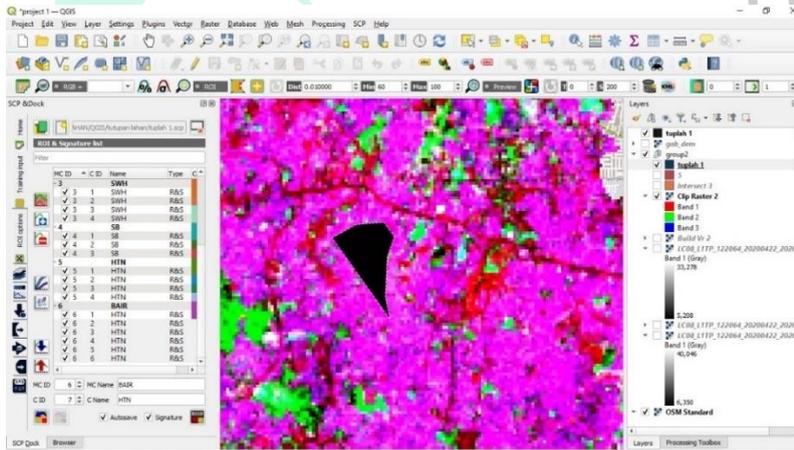
Gambar 4.10 *Build Virtual Raster* Peta Landsat (Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023)

- c. Selanjutnya menyatukan bentuk DAS dengan *virtual raster* menggunakan fitur *clip raster*.



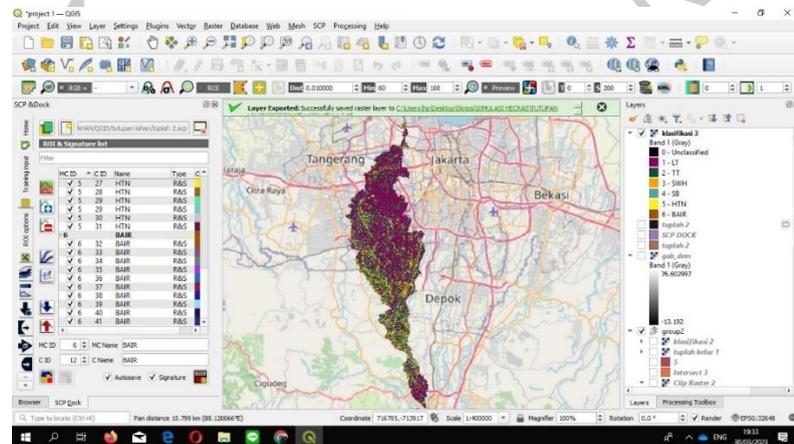
Gambar 4.11 Clip Raster DAS (Dokumentasi Pribadi, 2023)

- d. Mengklasifikasikan jenis tutupan lahan sesuai warna pada DAS yang sudah *clip raster*.



Gambar 4.12 Mengklasifikasikan Jenis Tutupan Lahan (Dokumentasi Pribadi, 2023)

- e. Selanjutnya dilakukan proses klasifikasi tutupan lahan sehingga didapatkan hasil tutupan lahan sesuai warna.



Gambar 4.13 Hasil Tutupan Lahan DAS Anak Angke (Dokumentasi Pribadi, 2023)

- f. Selanjutnya dilakukan fitur *raster layer unique values report* untuk didatakannya luas dari setiap jenis tutupan lahan.

```
Extent: 679845.0000000000000000,-736485.0000000000000000 : 707415.0000000000000000,-671445.0000000000000000
Projection: EPSG:32648 - WGS 84 / UTM zone 48N
Width in pixels: 919 (units per pixel 30)
Height in pixels: 2168 (units per pixel 30)
Total pixel count: 1992392
NODATA pixel count: 0
Value Pixel count Area (m²)
-999 1642328 1478095200
1 150390 135351000
2 101921 91728900
3 30158 27142200
4 45674 41106600
5 14593 13133700
6 7328 6595200
```

Gambar 4.14 Luas Jenis Tutupan Lahan DAS Anak Angke (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Jenis tutupan lahan Daerah Aliran Sungai (DAS) anak Angke didapatkan setelah melakukan beberapa langkah diatas, hasil total luas jenis tutupan lahan DAS yang didapat adalah 315 km². *Polygon* yang terpisah juga memiliki persentase pengaruh sesuai luas *polygon* terhadap total luas DAS, berikut Tabel 4.2 yang menunjukkan koefisien aliran permukaan pada DAS Sungai Angke:

Tabel 4.2 Koefisien Aliran Permukaan pada DAS Sungai Angke

No	Tutupan Lahan	C_i	A (km ²)	A (%)	$C_i \times A$	$C = \sum_{i=1}^n \frac{C_i \cdot A_i}{A_i}$
1	Lahan terbangun	0,7	121,351	38,52	84,95	0,4132
2	Tanah terbuka	0,1	96,7289	30,71	9,67	
3	Sawah	0,7	27,1422	8,616	19,00	
4	Semak belukar	0,2	46,1066	14,64	9,22	
5	Hutan	0,4	15,1337	4,804	6,05	
6	Badan air	0,15	8,5552	2,716	1,28	
	Σ		315,02	100	130,18	

Sumber: Diolah oleh penulis (2023)

4.1.4 Data Curah Hujan

Data curah hujan dibutuhkan untuk melaksanakan perhitungan analisis hidrologi untuk mendapatkan debit banjir menggunakan aplikasi EPA SWMM. Data curah hujan yang digunakan berdasarkan lokasi stasiun hujan yang mempengaruhi keseluruhan DAS Anak

Angke pada lokasi penelitian di Kawasan Perumahan Graha Mas Serpong, Kota Tangerang Selatan. Terdapat 4 data stasiun hujan yang digunakan, yaitu Stasiun Klimatologi Tangerang Selatan, Stasiun Klimatologi Soekarno-Hatta, Stasiun Fakultas Teknik Universitas Indonesia, dan Stasiun Klimatologi Bogor yang dapat dilihat pada Tabel 4.3. Data setiap stasiun yang digunakan berdasarkan pencatatan dari 10 tahun terakhir, yaitu 2013 – 2022 yang dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.3 Data Curah Hujan Setiap Stasiun

No	Nama Stasiun	Koordinat		Elevasi (m)	Kab. / kota
		Lintang	Bujur		
1	Sta. K. Bogor	-6,50000	106,75000	207	Bogor
2	Sta. H. FT UI	-6,36229	106,82406	69	Depok
3	Sta. K. Tangerang Selatan	-6,26151	106,75084	27	Tangerang Selatan
4	Sta. M. Soekarno Hatta	-6,12000	106,65000	11	Tangerang

Sumber: BMKG dan BBWSCC (2023)

Tabel 4.4 Ketersediaan Data Hujan

No	Nama Stasiun	Data Hujan Tahun-an									
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1.	Sta. K. Bogor	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2.	Sta. H. FT UI	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3.	Sta. K. Tangerang Selatan	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4.	Sta. M. Soekarno Hatta	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Sumber: BMKG dan BBWSCC (2023)

4.1.5 Data Dimensi Penampang Sungai

Data penampang sungai dibutuhkan untuk melaksanakan perhitungan analisis hidrolika untuk mendapatkan luasan limpasan banjir, tinggi muka air, dan kedalaman air limpasan pada periode ulang 10, 25, dan 50 tahun dengan menggunakan aplikasi HEC-RAS. Data dimensi penampang sungai dibutuhkan secara lengkap dan detail agar

simulasi sesuai dengan keadaan yang sebenarnya. Data penampang didapatkan dari DEMNAS dengan pendetailan sesuai data dari Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane (BBWSCC) dan juga digabungkan dengan data survei secara langsung oleh peneliti pada Anak Sungai Angke di wilayah Perumahan Graha Mas Serpong. Dalam proses simulasi pada perangkat lunak HEC-RAS dilakukan beberapa perubahan dari data DEMNAS yang menyesuaikan data yang lengkap serta hasil dari survei lapangan. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.5 sampai Tabel 4.16 untuk penampang melintang alur panjang Anak Sungai Angke, Tabel 4.17 dan Tabel 4.18 untuk penampang melintang alur pendek Anak Sungai Angke

Tabel 4.5 Data Penampang Melintang Alur Panjang Anak Sungai Angke Sta. 0+572 – Sta. 0+532 Di Wilayah Perumahan Graha Mas Serpong

Titik	Stasiun									
	0+572		0+562		0+552		0+542		0+532	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
Titik 1	0,00	21,10	0,00	21,00	0,00	20,92	0,00	20,84	0,00	20,76
Titik 2	9,60	20,94	8,80	20,85	9,80	20,77	10,80	20,68	10,90	20,60
Titik 3	11,80	18,13	11,30	18,03	11,30	17,95	11,90	17,86	11,78	17,78
Titik 4	15,00	17,94	15,10	17,80	15,10	17,72	14,90	17,63	15,10	17,55
Titik 5	16,80	18,26	17,80	18,06	17,70	17,97	16,80	17,89	16,90	17,80
Titik 6	18,70	20,98	18,20	20,84	18,20	20,77	18,10	20,69	18,30	20,62
Titik 7	30,00	21,25	30,00	21,00	30,00	20,96	30,00	20,92	30,00	20,88

Sumber: BMKG dan BBWSCC (2023)

Tabel 4.6 Data Penampang Melintang Alur Panjang Anak Sungai Angke Sta. 0+522 – Sta. 0+482 Di Wilayah Perumahan Graha Mas Serpong

Titik	Stasiun									
	0+522		0+512		0+502		0+492		0+482	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
Titik 1	0,00	20,75	0,00	20,73	0,00	20,72	0,00	20,76	0,00	20,69
Titik 2	10,90	20,60	9,00	20,60	8,90	20,60	9,10	20,60	9,10	20,60
Titik 3	12,10	17,75	11,30	17,72	11,30	17,69	11,30	17,78	11,40	17,63
Titik 4	14,95	17,53	14,65	17,50	14,65	17,48	15,10	17,55	14,65	17,47
Titik 5	17,60	17,77	17,50	17,73	17,80	17,70	18,40	17,80	18,60	17,65
Titik 6	19,20	20,62	19,30	20,61	19,50	20,61	20,00	20,62	20,40	20,63
Titik 7	30,00	20,77	30,00	20,65	30,00	20,54	30,00	20,88	30,00	20,61

Sumber: BMKG dan BBWSCC (2023)

Tabel 4.7 Data Penampang Melintang Alur Panjang Anak Sungai Angke Sta. 0+472 – Sta. 0+430 Di Wilayah Perumahan Graha Mas Serpong

Titik	Stasiun									
	0+472		0+462		0+452		0+440		0+430	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
Titik 1	0,00	20,62	0,00	20,60	0,00	20,60	0,00	20,55	0,00	20,50
Titik 2	9,50	20,60	9,70	20,55	9,50	20,55	8,90	20,48	7,90	20,42
Titik 3	11,20	17,48	11,20	17,44	10,70	17,44	11,10	17,48	11,20	17,51
Titik 4	14,65	17,38	14,65	17,34	15,10	17,34	15,65	17,28	14,65	17,21
Titik 5	18,60	17,49	18,50	17,45	16,90	17,45	18,90	17,50	18,60	17,56
Titik 6	19,80	20,63	20,00	20,62	19,60	20,62	21,50	20,45	20,40	20,29
Titik 7	30,00	20,34	30,00	20,30	30,00	20,30	30,00	20,31	30,00	20,31

Sumber: BMKG dan BBWSCC (2023)

Tabel 4.8 Data Penampang Melintang Alur Panjang Anak Sungai Angke Sta. 0+420 – Sta. 0+380 Di Wilayah Perumahan Graha Mas Serpong

Titik	Stasiun									
	0+420		0+410		0+400		0+390		0+380	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
Titik 1	0,00	20,45	0,00	20,45	0,00	20,45	0,00	20,35	0,00	20,60
Titik 2	8,00	20,35	8,00	20,35	8,30	20,35	9,40	20,01	9,50	19,73
Titik 3	8,40	17,55	9,20	17,55	9,10	17,55	11,30	17,38	11,30	17,52
Titik 4	14,30	17,15	14,50	17,15	14,90	17,15	15,20	17,01	15,20	16,96
Titik 5	17,80	17,61	18,80	17,61	18,90	17,61	17,88	17,44	17,88	17,33
Titik 6	21,00	20,12	20,60	20,12	20,50	20,12	21,10	19,88	20,30	19,74
Titik 7	30,00	20,32	30,00	20,32	30,00	20,32	30,00	20,21	30,00	20,13

Sumber: BMKG dan BBWSCC (2023)

Tabel 4.9 Data Penampang Melintang Alur Panjang Anak Sungai Angke Sta. 0+370 – Sta. 0+330 Di Wilayah Perumahan Graha Mas Serpong

Titik	Stasiun									
	0+370		0+360		0+350		0+340		0+330	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
Titik 1	0,00	20,85	0,00	21,10	0,00	21,47	0,00	21,83	0,00	22,20
Titik 2	9,40	19,46	9,50	19,18	9,70	20,10	9,20	21,02	9,00	21,94
Titik 3	10,50	17,66	10,90	17,80	10,90	17,56	10,90	17,31	11,60	17,07
Titik 4	14,80	16,90	14,70	16,85	15,70	16,77	15,60	16,68	14,95	16,60
Titik 5	18,20	17,22	18,12	17,11	18,42	17,19	18,90	17,26	18,87	17,34
Titik 6	20,10	19,59	19,90	19,45	20,30	19,41	21,40	19,38	22,10	19,34
Titik 7	30,00	20,04	30,00	19,96	30,00	19,93	30,00	19,91	30,00	19,88

Sumber: BMKG dan BBWSCC (2023)

Tabel 4.10 Data Penampang Melintang Alur Panjang Anak Sungai Angke Sta. 0+320 – Sta. 0+280 Di Wilayah Perumahan Graha Mas Serpong

Titik	Stasiun									
	0+320		0+310		0+300		0+290		0+280	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
Titik 1	0,00	21,57	0,00	20,93	0,00	20,30	0,00	20,28	0,00	20,27
Titik 2	8,50	21,09	7,90	20,25	7,20	19,40	6,60	19,30	7,30	19,20
Titik 3	11,30	17,08	10,40	17,09	11,40	17,10	11,00	16,95	11,30	16,80

Titik	Stasiun									
	0+320		0+310		0+300		0+290		0+280	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
Titik 4	15,90	16,55	14,80	16,50	14,90	16,45	14,50	16,42	14,60	16,38
Titik 5	19,70	17,26	20,80	17,18	19,80	17,10	20,80	16,96	17,90	16,82
Titik 6	22,60	19,33	23,00	19,31	22,70	19,30	22,00	19,25	21,50	19,20
Titik 7	30,00	19,74	30,00	19,59	30,00	19,45	30,00	19,41	30,00	19,36

Sumber: BMKG dan BBWSSC (2023)

Tabel 4.11 Data Penampang Melintang Alur Panjang Anak Sungai Angke Sta. 0+270 – Sta. 0+230 Di Wilayah Perumahan Graha Mas Serpong

Titik	Stasiun									
	0+270		0+260		0+250		0+240		0+230	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
Titik 1	0,00	20,25	0,00	20,20	0,00	20,15	0,00	20,10	0,00	20,08
Titik 2	8,40	19,10	8,80	19,05	9,10	19,00	9,00	18,95	9,40	18,93
Titik 3	11,50	16,65	10,80	16,63	10,80	16,62	10,90	16,60	10,20	16,59
Titik 4	14,70	16,35	14,40	16,31	15,40	16,28	15,20	16,24	14,80	16,18
Titik 5	17,70	16,68	18,70	16,65	19,70	16,63	19,90	16,60	20,30	16,70
Titik 6	21,00	19,15	21,10	19,07	21,20	18,98	21,30	18,90	21,20	18,78
Titik 7	30,00	19,32	30,00	19,28	30,00	19,25	30,00	19,21	30,00	19,12

Sumber: BMKG dan BBWSSC (2023)

Tabel 4.12 Data Penampang Melintang Alur Panjang Anak Sungai Angke Sta. 0+220 – Sta. 0+180 Di Wilayah Perumahan Graha Mas Serpong

Titik	Stasiun									
	0+220		0+210		0+200		0+190		0+180	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
Titik 1	0,00	20,05	0,00	20,03	0,00	19,93	0,00	19,83	0,00	19,83
Titik 2	9,60	18,90	9,60	18,88	10,00	18,85	10,10	18,75	10,00	18,85
Titik 3	10,60	16,57	10,60	16,56	10,20	16,45	11,10	16,40	11,10	16,40
Titik 4	15,60	16,13	15,15	16,07	14,80	16,07	15,20	16,07	15,25	16,07
Titik 5	19,50	16,80	19,10	16,90	20,40	16,70	19,70	16,65	19,40	16,50
Titik 6	21,10	18,66	20,70	18,54	20,60	18,54	20,30	18,60	20,50	18,54
Titik 7	30,00	19,02	30,00	18,93	30,00	18,93	30,00	18,63	30,00	17,95

Sumber: BMKG dan BBWSSC (2023)

Tabel 4.13 Data Penampang Melintang Alur Panjang Anak Sungai Angke Sta. 0+270 – Sta. 0+130 Di Wilayah Perumahan Graha Mas Serpong

Titik	Stasiun									
	0+170		0+160		0+150		0+140		0+130	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
Titik 1	0,00	19,69	0,00	19,54	0,00	19,40	0,00	19,47	0,00	19,54
Titik 2	9,80	18,67	9,30	18,48	10,00	18,30	9,00	18,37	9,40	18,43
Titik 3	10,90	16,53	11,60	16,67	11,10	16,80	9,80	16,64	10,20	16,49
Titik 4	15,10	16,05	15,20	16,02	16,40	16,00	15,20	15,98	15,35	15,96
Titik 5	19,80	16,50	20,90	16,50	20,80	16,50	20,90	16,48	20,90	16,45
Titik 6	20,40	18,46	21,10	18,38	22,80	18,30	21,40	18,34	21,30	18,37
Titik 7	30,00	18,23	30,00	18,52	30,00	18,80	30,00	18,84	30,00	18,88

Sumber: BMKG dan BBWSSC (2023)

Tabel 4.14 Data Penampang Melintang Alur Panjang Anak Sungai Angke Sta. 0+120 – Sta. 0+80 Di Wilayah Perumahan Graha Mas Serpong

Titik	Stasiun									
	0+120		0+110		0+100		0+90		0+80	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
Titik 1	0,00	19,61	0,00	19,68	0,00	19,75	0,00	19,82	0,00	19,71
Titik 2	8,30	18,50	8,50	18,61	9,40	18,73	10,80	18,84	10,10	18,53
Titik 3	9,60	16,33	9,50	16,22	10,90	16,11	11,90	16,00	10,90	16,07
Titik 4	14,75	15,94	15,15	15,89	15,10	15,85	15,20	15,80	14,35	15,79
Titik 5	19,90	16,43	19,70	16,35	18,80	16,28	17,80	16,20	18,10	16,20
Titik 6	21,20	18,41	21,80	18,45	20,80	18,48	19,60	18,52	18,60	18,38
Titik 7	30,00	18,92	30,00	18,98	30,00	19,04	30,00	19,10	30,00	19,11

Sumber: BMKG dan BBWSCC (2023)

Tabel 4.15 Data Penampang Melintang Alur Panjang Anak Sungai Angke Sta. 0+70 – Sta. 0+30 Di Wilayah Perumahan Graha Mas Serpong

Titik	Stasiun									
	0+70		0+60		0+50		0+40		0+30	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
Titik 1	0,00	19,61	0,00	19,50	0,00	19,59	0,00	19,69	0,00	19,78
Titik 2	9,80	18,21	9,40	17,90	9,50	17,97	11,20	18,04	10,60	18,11
Titik 3	10,30	16,13	9,90	16,20	10,10	16,27	11,70	16,33	11,40	16,40
Titik 4	14,20	15,79	14,30	15,78	15,20	15,75	14,85	15,72	14,95	15,69
Titik 5	18,00	16,20	18,80	16,20	18,70	16,30	18,40	16,40	18,70	16,50
Titik 6	18,60	18,24	19,30	18,10	19,40	18,35	18,90	18,61	19,30	18,86
Titik 7	30,00	19,12	30,00	19,13	30,00	19,21	30,00	19,29	30,00	19,37

Sumber: BMKG dan BBWSCC (2023)

Tabel 4.16 Data Penampang Melintang Alur Panjang Anak Sungai Angke Sta. 0+20 dan Sta. 0+10 Di Wilayah Perumahan Graha Mas Serpong

Titik	Stasiun			
	0+20		0+10	
	x	y	x	y
Titik 1	0,00	19,74	0,00	19,70
Titik 2	10,70	18,06	11,80	18,00
Titik 3	11,20	16,40	12,20	16,40
Titik 4	14,65	15,45	15,15	15,20
Titik 5	18,00	16,35	17,90	16,20
Titik 6	18,60	18,74	18,40	18,62
Titik 7	30,00	19,26	30,00	19,15

Sumber: BMKG dan BBWSCC (2023)

Tabel 4.17 Data Penampang Melintang Alur Pendek Anak Sungai Angke Sta. 0+80 – Sta. 0+50 Di Wilayah Perumahan Graha Mas Serpong

Titik	Stasiun							
	0+80		0+70		0+60		0+50	
	x	y	x	y	x	y	x	y
Titik 1	0,00	21,15	0,00	21,00	0,00	20,85	0,00	20,79
Titik 2	13,20	21,00	13,10	20,87	11,40	20,73	11,20	20,66
Titik 3	14,10	18,25	13,50	18,10	12,50	17,95	12,50	17,92
Titik 4	15,95	17,85	15,15	17,70	15,45	17,55	15,45	17,48

Titik	Stasiun							
	0+80		0+70		0+60		0+50	
	x	y	x	y	x	y	x	y
Titik 5	18,00	18,30	17,80	18,16	18,90	18,02	18,40	17,95
Titik 6	18,30	20,80	18,20	20,73	19,50	20,66	19,60	20,58
Titik 7	30,00	21,05	30,00	20,95	30,00	20,85	30,00	20,78

Sumber: BMKG dan BBWSCC (2023)

Tabel 4.18 Data Penampang Melintang Alur Pendek Anak Sungai Angke Sta. 0+40 – Sta. 0+10 Di Wilayah Perumahan Graha Mas Serpong

Titik	Stasiun							
	0+40		0+30		0+20		0+10	
	x	y	x	y	x	y	x	y
Titik 1	0,00	20,72	0,00	20,66	0,00	20,61	0,00	20,56
Titik 2	10,40	20,60	10,30	20,53	8,70	20,48	10,40	20,43
Titik 3	11,70	17,88	11,40	17,85	10,70	17,80	11,00	17,75
Titik 4	15,58	17,42	15,05	17,35	14,90	17,30	14,00	17,25
Titik 5	19,40	17,88	18,70	17,81	18,10	17,77	17,00	17,72
Titik 6	20,10	20,51	19,80	20,43	18,80	20,37	17,90	20,31
Titik 7	30,00	20,70	30,00	20,63	30,00	20,59	30,00	20,54

Sumber: BMKG dan BBWSCC (2023)

4.1.6 Data Kecepatan Aliran dan Tinggi Muka Air (TMA) Sungai

Data kecepatan aliran dan Tinggi Muka Air (TMA) digunakan sebagai parameter data untuk mengecek hasil simulasi yang dilakukan pada perangkat lunak HEC-RAS tepatnya ketika kondisi kering (*base flow*). Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Data Kecepatan Aliran dan TMA Anak Sungai Angke Di Wilayah Perumahan Graha Mas Serpong

Stasiun	Kecepatan Aliran (m/det)	TMA (m)	Stasiun	Kecepatan Aliran (m/det)	TMA (m)
0+562	0,36	1,10	0+240	0,42	1,22
0+532	0,42	1,12	0+210	0,34	1,32
0+502	0,33	1,14	0+180	0,33	1,44
0+472	0,33	1,16	0+150	0,38	1,53
0+420	0,95	1,15	0+120	0,36	1,45
0+390	0,95	1,13	0+90	0,37	1,48
0+360	0,79	1,19	0+60	0,42	1,44
0+330	0,77	1,25	0+30	0,41	1,45
0+300	0,78	1,30	A' 0+60	0,36	1,15
0+270	0,53	1,28	A' 0+30	0,34	1,17
			A' 0+9	0,35	1,20

Keterangan: A' = Stasiun alur sungai pendek

Sumber: BMKG dan BBWSCC (2023)

4.2 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi merupakan analisis yang pertama kali dilakukan dalam merancang suatu struktur keairan. Berikut merupakan langkah-langkah analisis hidrologi yang dilakukan pada penelitian kali ini:

4.2.1 Analisis Curah Hujan Wilayah

Analisis curah hujan wilayah pada penelitian kali ini dilakukan menggunakan metode poligon Thiessen. Pada metode ini, akan dibuat zonasi wilayah yang cenderung memiliki curah hujan yang sama lalu akan dihitung titik berat jarak mendatar dari setiap stasiun hujan. Analisis curah hujan wilayah dihitung menggunakan Rumus (2.3) dan mendapatkan hasil seperti yang tertera pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Curah Hujan Maksimum Tahunan

No	Tahun	Curah Hujan Maks				Rerata Regional
		Sta. K. Tangerang Selatan	Sta. H. FT. UI	Sta. M. Soekarno Hatta	Sta. K. Bogor	
		0,58	0,24	0,05	0,13	
1	2013	96,00	101,70	397,40	97,40	111,70
2	2014	119,50	151,50	104,10	169,10	133,04
3	2015	117,00	97,20	127,70	155,80	118,01
4	2016	97,00	141,50	147,60	108,60	111,51
5	2017	80,20	105,70	125,50	117,60	93,41
6	2018	86,30	95,20	85,40	134,50	94,85
7	2019	77,40	122,60	57,00	141,00	95,73
8	2020	208,90	155,20	147,90	122,90	181,72
9	2021	118,90	132,60	79,40	95,90	117,21
10	2022	123,80	119,40	150,60	155,20	128,23

Sumber: Diolah Penulis (2023)

Melalui analisis curah hujan wilayah yang dilihat pada Tabel 4.20 dapat dilakukannya analisis penyebab kejadian banjir berdasarkan data curah hujan yang ada, banjir luapan anak sungai angke pada Perumahan Graha Mas Serpong diakibatkan frekuensi hujan lokal dan debit kiriman yang dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Kejadian Banjir pada Perumahan Graha Mas Serpong

Tanggal	Dokumentasi	Deskripsi	Jenis Banjir
24/09/2016		TMA 100 cm	Banjir Kiriman
24/04/2019		TMA 50 CM	Banjir Kiriman
01/01/2020		TMA 2 m	Banjir Lokal dan Banjir Kiriman
09/05/2021		TMA 30 cm	Banjir Lokal dan Banjir Kiriman
15/07/2022		TMA 50 cm	Banjir Lokal dan Banjir Kiriman
10/09/2022		TMA 150 cm	Banjir Lokal dan Banjir Kiriman
23/09/2022		TMA 90 cm	Banjir Lokal dan Banjir Kiriman

Sumber: Diolah Penulis (2023)

4.2.2 Analisis Frekuensi Curah Hujan Rencana

Analisis frekuensi curah hujan rencana dilakukan dalam beberapa langkah, yaitu penentuan parameter statistik hujan, pemilihan jenis distribusi, pengujian jenis distribusi, dan uji kecocokan sebaran yang memiliki penjelasan sebagai berikut:

A. Penentuan Parameter Statistik Hujan

Penentuan parameter statistik hujan dilakukan dalam beberapa langkah, yaitu menghitung nilai rata-rata menggunakan Rumus (2.6), menghitung standar deviasi menggunakan Rumus (2.7), menghitung koefisien variasi menggunakan Rumus (2.8), menghitung koefisien kemencengan menggunakan Rumus (2.9), dan menghitung koefisien kurtosis menggunakan Rumus (2.10). Perhitungan parameter statistik distribusi Normal dan Gumbel terdapat pada Tabel 4.22 dan perhitungan parameter statistik distribusi Log Normal dan Log Pearson III terdapat pada Tabel 4.23.

Tabel 4.22 Perhitungan Parameter Statistik Distribusi Normal dan Gumbel

Tahun	$R_{max}(X_i)$	$(X_i - X_r)$	$(X_i - X_r)^2$	$(X_i - X_r)^3$	$(X_i - X_r)^4$
2013	111,70	-6,84	46,78	-319,92	2188,07
2014	133,04	14,50	210,30	3049,75	44226,78
2015	118,01	-0,53	0,28	-0,15	0,08
2016	111,51	-7,04	49,50	-348,31	2450,72
2017	93,41	-25,13	631,52	-15870,02	398813,72
2018	94,85	-23,69	561,29	-13297,92	315049,18
2019	95,73	-22,82	520,59	-11877,87	271009,70
2020	181,72	63,18	3991,68	252193,24	15933502,74
2021	117,21	-1,33	1,78	-2,38	3,17
2022	128,23	9,69	93,95	910,67	8827,08
Σ	1185,41	0,00	6107,67	214437,09	16976071,22
X_r			118,54		
S_d			26,05		
C_s			1,68		
C_k			7,31		
C_v			0,22		

Sumber: Diolah Penulis (2023)

Tabel 4.23 Perhitungan Parameter Statistik Log Normal dan Log Pearson III

Tahun	R_{\max} (X_i)	Log X_i	Log ($X_i - X_r$)	Log ($X_i - X_r$) ²	Log ($X_i - X_r$) ³	Log ($X_i - X_r$) ⁴
2013	111,70	2,05	-0,02	0,0003080	-0,0000054	0,0000001
2014	133,04	2,12	0,06	0,0034084	0,0001990	0,0000116
2015	118,01	2,07	0,01	0,0000400	0,0000003	0,0000000
2016	111,51	2,05	-0,02	0,0003354	-0,0000061	0,0000001
2017	93,41	1,97	-0,10	0,0090652	-0,0008631	0,0000822
2018	94,85	1,98	-0,09	0,0078455	-0,0006949	0,0000616
2019	95,73	1,98	-0,08	0,0071547	-0,0006052	0,0000512
2020	181,72	2,26	0,19	0,0375562	0,0072782	0,0014105
2021	117,21	2,07	0,00	0,0000112	0,0000000	0,0000000
2022	128,23	2,11	0,04	0,0017972	0,0000762	0,0000032
Σ	1185,41	20,66	0,00	0,0675218	0,0053789	0,0016204
X_r				2,07		
S_d				0,09		
C_s				1,15		
C_k				5,71		
C_v				0,04		

Sumber: Diolah Penulis (2023)

B. Pemilihan Jenis Distribusi

Hasil perhitungan parameter statistik hujan yang tertera pada Tabel 4.22 dan Tabel 4.23 selanjutnya akan dianalisis untuk mendapatkan jenis distribusi frekuensi yang akan digunakan, analisis dilakukan berdasarkan syarat yang terdapat pada Tabel 2.2. Pada Tabel 4.24 terdapat hasil pemilihan jenis distribusi.

Tabel 4.24 Pemilihan Jenis Distribusi

No.	Jenis Sebaran	Hasil Perhitungan	Syarat	Keterangan
1	Normal	1,6847	$C_s = 0$	Tidak Memenuhi
		7,3138	$C_k = 3$	
2	Gumbel	0,2198	$C_s = 1,14$	Tidak Memenuhi
		7,3138	$C_k = 5,4$	
3	Log Normal	1,1496	$C_s = C_v^2 + 3C_v$	Tidak Memenuhi
		5,7122	$C_k = 5,383$	
		0,0419	$C_v \sim 0,06$	
4	Log Pearson III	1,1496	$C_s \neq 0$	Memenuhi
		5,7122	$C_k = 5,383$	
		0,0419	$C_v \sim 0,3$	

Sumber: Diolah Penulis (2023)

C. Pengujian Jenis Distribusi

Mengacu pada hasil Tabel 4.24, dapat disimpulkan bahwa jenis distribusi frekuensi yang memenuhi kriteria adalah distribusi Log Pearson III. Setelah mendapatkan distribusi frekuensi yang memenuhi kriteria, langkah selanjutnya adalah menghitung curah hujan periode ulang 10, 25, dan 50 tahun dengan jenis distribusi Log Pearson III. Untuk perhitungan curah hujan, terlebih dahulu akan dilakukan interpolasi untuk mendapatkan harga K_T Log Pearson III untuk C_a 1,1 yang terdapat pada Tabel 4.25 dan pada Tabel 4.26 terdapat perhitungan curah hujan periode ulang 10, 25, dan 50 tahun.

Tabel 4.25 Harga K_T Log Pearson III

C_s	Periode Ulang T Tahun							
	1,0101	2	5	10	25	50	100	200
1,2	-1,449	-0,195	0,732	1,34	2,087	2,626	3,149	3,661
1,15	-1,484	-0,187	0,739	1,341	2,076	2,605	3,118	3,618
1,1	-1,518	-0,18	0,745	1,341	2,066	2,585	3,087	3,575

Sumber: Diolah Penulis (2023)

Tabel 4.26 Curah Hujan Periode Ulang Distribusi Log Pearson III

Periode Ulang T Tahun	$\text{Log } X_r$	S_a	K_T	$\text{Log } X_T = \text{Log } X_r + S_a K_T$	X_T (mm)
10			1,341	2,182	151,96
25	2,07	0,09	2,076	2,245	175,98
50			2,605	2,291	195,56

Sumber: Diolah Penulis (2023)

D. Uji Kecocokan Sebaran

Uji kecocokan sebaran memiliki 3 jenis, yaitu uji grafis, uji Chi Kuadrat, dan uji Smirnov-kolmogorov yang memiliki penjelasan sebagai berikut.

1) Uji Smirnov-Kolmogorov

Pengujian Smirnov-Kolmogorov dilakukan tanpa menggunakan fungsi distribusi tertentu. Langkah pertama yang dilakukan adalah menghitung selisih terbesar dari peluang pengamatan dan peluang teoritis (D_{maks}) lalu hasilnya akan dibandingkan dengan D_{kritis} . Nilai D_{kritis} sama dengan nilai

Δ kritis, yaitu sebesar 0,49. Persyaratannya adalah nilai D_{maks} harus lebih kecil dari nilai D_{kritis} . Pada Tabel 4.27 terdapat perhitungan uji Smirnov-kolmogorov untuk mendapatkan nilai D_{maks} .

Tabel 4.27 Uji Smirnov-Kolmogorov

Tahun	$R_{max}(x)$	m	$P = \frac{m}{n+1}$	$P(x <) = 1 - P$	$P' = \frac{m}{n-1}$	$P'(x) = 1 - P'$	$D = [P' - P]$
2017	93,41	1	0,091	0,909	-0,96	0,11	0,89
2018	94,85	2	0,182	0,818	-0,91	0,22	0,78
2019	95,73	3	0,273	0,727	-0,88	0,33	0,67
2016	111,51	4	0,364	0,636	-0,27	0,44	0,56
2013	111,70	5	0,455	0,545	-0,26	0,56	0,44
2021	117,21	6	0,545	0,455	-0,05	0,67	0,33
2015	118,01	7	0,636	0,364	-0,02	0,78	0,22
2022	128,23	8	0,727	0,273	0,37	0,89	0,11
2014	133,04	9	0,818	0,182	0,56	1,00	0,00
2020	181,72	10	0,909	0,091	2,43	1,11	-0,11
$D_{maksimum}$							0,202
D_{kritis}							0,41

Sumber: Diolah Penulis (2023)

Melalui hasil perhitungan uji Smirnov-kolmogorov didapatkan nilai D_{maks} sebesar 0,202 sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai D_{maks} lebih kecil dari nilai D_{kritis} . Data tersebut membuktikan bahwa distribusi frekuensi Log Pearson III memenuhi persyaratan pada uji Smirnov-kolmogorov.

2) Uji Chi-Kuadrat

Pengujian Chi-kuadrat memiliki persyaratan bahwa nilai chi kuadrat terhitung ($\sum X_h^2$) harus lebih kecil dibandingkan dengan nilai chi kuadrat kritis (X_{cr}^2). Nilai chi kuadrat kritis didapatkan melalui Tabel 4.28 dengan mencocokkan derajat kebebasan dan derajat kepercayaan. Diketahui nilai derajat kepercayaan sebesar 0,01 dan nilai derajat kebebasan perlu dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 G \text{ (Jumlah sub-kelompok)} &= 1 + 3,322 \log n \\
 &= 1 + 3,322 \log 10 \\
 &= 4,322 \approx 4 \text{ Kelompok}
 \end{aligned}$$

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

Tabel 4.28 Nilai Chi Kuadrat Kritis

DK	Derajat Kepercayaan (α)			
	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: Diolah Penulis (2023)

Pada dengan mencocokkan nilai derajat kebebasan sebesar 2 dan derajat kepercayaan sebesar 0,01, didapatkan nilai chi kuadrat kritis (X_{cr}^2) sebesar 9,21. Selanjutnya akan dilakukan perhitungan nilai chi kuadrat terhitung menggunakan Rumus (2.25), hasil dari perhitungan terdapat pada Tabel 4.29.

Tabel 4.29 Perhitungan Nilai Chi Kuadrat Terhitung

Nilai Batas Sub Kelompok	O_i	E_i	$O_i - E_i$	$X_h^2 = \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
78,69 < P < 108,13	3	2,5	0,5	0,1
108,13 < P < 137,57	6	2,5	3,5	4,9
137,57 < P < 167,00	0	2,5	-2,5	2,5
167,00 < P < 196,44	1	2,5	-1,5	0,9
	ΣX_h^2			8,4
	X_{cr}^2			9,21

Sumber: Diolah Penulis (2023)

Melalui hasil perhitungan, didapatkan nilai chi kuadrat terhitung (ΣX_h^2) sebesar 8,4 sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai chi kuadrat terhitung chi kuadrat terhitung (ΣX_h^2) lebih kecil dibandingkan nilai chi kuadrat kritis (X_{cr}^2). Data tersebut membuktikan bahwa distribusi frekuensi Log Pearson III memenuhi persyaratan pada uji Chi Kuadrat.

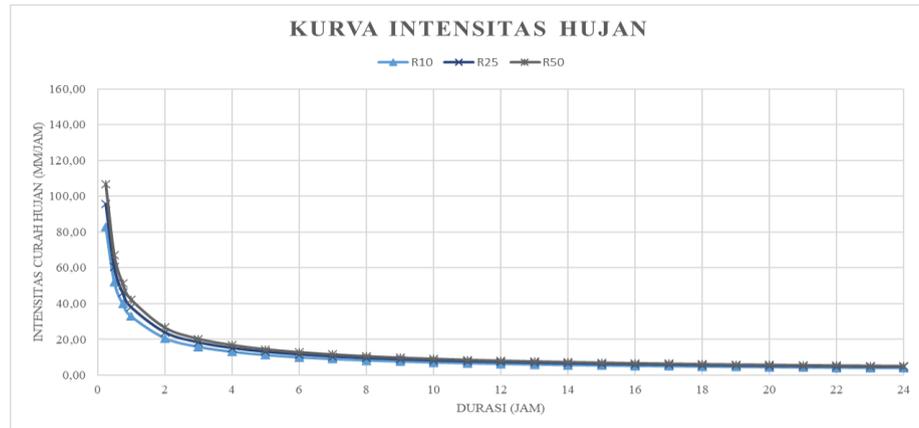
4.2.3 Analisis Intensitas Curah Hujan

Analisis intensitas curah hujan pada analisis ini adalah persamaan mononobe yang dihitung dalam periode ulang 10, 25, dan 50 tahun menggunakan Rumus (2.26). Hasil perhitungan intensitas hujan terdapat pada Tabel 4.30, perhitungan rasio sebaran hujan terdapat pada Tabel 4.31, dan perhitungan curah hujan efektif berdasarkan rasio sebaran hujan Tabel 4.32. Selain itu, pada Gambar 4.15 terdapat kurva intensitas hujan yang terjadi.

Tabel 4.30 Hasil Perhitungan Intensitas Hujan

Waktu (jam)	Intensitas Hujan Periode Ulang (mm/jam)		
	R10	R25	R50
	94,73	109,71	121,91
0,25	82,76	95,84	106,50
0,5	52,13	60,37	67,09
0,75	39,78	46,07	51,20
1	32,84	38,03	42,26
2	20,69	23,96	26,63
3	15,79	18,28	20,32
4	13,03	15,09	16,77
5	11,23	13,01	14,45
6	9,95	11,52	12,80
7	8,97	10,39	11,55
8	8,21	9,51	10,57
9	7,59	8,79	9,77
10	7,08	8,19	9,11
11	6,64	7,69	8,55
12	6,27	7,26	8,06
13	5,94	6,88	7,64
14	5,65	6,55	7,28
15	5,40	6,25	6,95
16	5,17	5,99	6,66
17	4,97	5,75	6,39
18	4,78	5,54	6,15
19	4,61	5,34	5,94
20	4,46	5,16	5,74
21	4,31	5,00	5,55
22	4,18	4,84	5,38
23	4,06	4,70	5,23
24	3,95	4,57	5,08

Sumber: Diolah Penulis (2023)



Gambar 4.15 Kurva Intensitas Hujan (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Tabel 4.31 Hasil Rasio Sebaran Hujan

T	$I = (R_{24}/t) \times (t/T)^{(2/3)}$	$R_t = t.I - (t-1).(I_{t-1})$
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 Penulis (2023)

Tabel 4.32 Perhitungan Curah Hujan Efektif Berdasarkan Rasio Sebaran Hujan

Periode Ulang	R_{max}	Rasio Distribusi Hujan (R_t)				
		0,585	0,152	0,107	0,085	0,072
R10	151,96	88,87	23,10	16,20	12,90	10,89
R25	175,98	102,91	26,75	18,76	14,94	12,61
R50	195,56	114,36	29,73	20,85	16,60	14,02

Sumber: Diolah Penulis (2023)

4.2.4 Debit Banjir dengan Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu

Setelah mendapatkan perhitungan intensitas curah hujan efektif, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan debit banjir menggunakan metode HSS Nakayasu. Metode HSS Nakayasu digunakan untuk mengerjakan periode ulang 10, 25, dan 50 tahun berdasarkan Rumus (2.31) hingga Rumus (2.34), dengan perhitungan sebagai berikut:

$$R_{24} = 1,00 \text{ mm}$$

$$L = 11,91 \text{ km (panjang sungai)}$$

$$\begin{aligned}
A &= 20,60 \text{ km}^2 \text{ (luas sub DAS Anak Sungai)} \\
C &= 0,41 \text{ (Tabel 4.2)} \\
\alpha &= 2 \text{ (SNI 2415:2016)} \\
T_g (L > 15\text{km}) &= 0,21 L^{0,7} \\
&= 0,21(11,91)^{0,7} \\
&= 1,19 \text{ jam} \\
T_r &= 0,75 T_g \\
&= 0,75 (1,19) \\
&= 0,89 \text{ jam} \\
T_p &= T_g + 0,8 T_r \\
&= 1,19 + 0,8(0,89) \\
&= 1,90 \text{ jam} \\
T_{0,3} &= \alpha T_g \\
&= 2(1,19) \\
&= 2,38 \text{ jam} \\
T_p + T_{0,3} &= 1,90 + 2,38 = 4,28 \text{ jam} \\
T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} &= 4,28 + 1,5(2,38) = 7,85 \text{ jam} \\
Q_p &= \frac{c \cdot A \cdot R_0}{3,6 (0,3T_p + T_{0,3})} \\
&= \frac{(0,41)(20,60)(1)}{3,6 (0,3(1,9) + (2,38))} \\
&= 0,80 \text{ m}^3/\text{detik} \\
Q_{base\ flow} &= 0,5Q_p \\
&= (0,5)(0,80) \\
&= 0,40 \text{ m}^3/\text{detik}
\end{aligned}$$

Posisi waktu harus diperhatikan pada waktu atau jam terjadi banjir ketika melakukan perhitungan debit tiap jam pada hidrograf dengan metode Nakayasu. Perhitungan debit menggunakan Unit Hidrograf (UH) atau bisa disebut sebagai ordinat HSS Nakayasu dihitung dengan menggunakan Rumus (2.35) dan Rumus (2.38). Pada Tabel 4.33 terdapat hasil perhitungan ordinat pada setiap jam:

Tabel 4.33 Hasil Perhitungan UH HSS Nakayasu

Debit Banjir Tiap Jam		
Posisi	T_r (jam)	UH ($m^3/det/mm$)
Pada kurva naik ($0 < t < T_p$)	1	0,17
	1,90	0,80
Pada kurva turun ($T_p < t < T_p + T_{0,3}$)	2,00	0,76
	3,00	0,46
	4,00	0,28
	4,28	0,24
Pada kurva turun ($T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$)	5,00	0,19
	6,00	0,13
	7,00	0,10
	7,85	0,07
	8	0,07
Pada kurva turun ($t > T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$)	9	0,05
	10	0,04
	11	0,03
	12	0,03
	13	0,02
	14	0,02
	15	0,01
	16	0,01
	17	0,01
	18	0,01
	19	0,00
	20	0,00
	21	0,00
	22	0,00
	23	0,00
	24	0,00

Sumber: Diolah Penulis (2023)

Setelah didapatkannya perhitungan ordinat HSS Nakayasu, dilanjutkannya perhitungan debit banjir berdasarkan periode ulang dengan menggunakan Rumus (2.39). Dapat dilihat hasil perhitungan debit sesuai dengan periode ulang pada Tabel 4.34 hingga Tabel 4.36 dan hasil grafik untuk Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu pada Gambar 4.16:

Tabel 4.34 Debit Banjir Periode Ulang 10 Tahun (HSS Nakayasu)

Jam	U (t,i)	Hujan Netto (mm/jam)					Debit m^3/s	Base Flow m^3/s	Total Debit m^3/s
		88,87	23,10	16,20	12,90	10,89			
0	0,00	0,00					0,00	0,40	0,40
1	0,17	15,21	0,00				15,21	0,40	15,61
2	0,76	67,84	3,95	0,00			71,79	0,40	72,19

Jam	U (t,i)	Hujan Netto (mm/jam)					Debit m ³ /s	Base Flow m ³ /s	Total Debit m ³ /s
		88,87	23,10	16,20	12,90	10,89			
3	0,46	40,90	17,63	2,77	0,00		61,30	0,40	61,70
4	0,28	24,65	10,63	12,37	2,21	0,00	49,86	0,40	50,26
5	0,19	16,78	6,41	7,46	9,85	1,86	42,35	0,40	42,75
6	0,13	11,97	4,36	4,50	5,94	8,32	35,08	0,40	35,48
7	0,10	8,54	3,11	3,06	3,58	5,01	23,30	0,40	23,71
8	0,07	6,17	2,22	2,18	2,44	3,02	16,03	0,40	16,44
9	0,05	4,79	1,60	1,56	1,74	2,06	11,75	0,40	12,15
10	0,04	3,72	1,25	1,13	1,24	1,47	8,80	0,40	9,20
11	0,03	2,89	0,97	0,87	0,90	1,05	6,67	0,40	7,08
12	0,03	2,24	0,75	0,68	0,70	0,76	5,13	0,40	5,53
13	0,02	1,74	0,58	0,53	0,54	0,59	3,98	0,40	4,38
14	0,02	1,35	0,45	0,41	0,42	0,46	3,09	0,40	3,49
15	0,01	1,05	0,35	0,32	0,33	0,35	2,40	0,40	2,80
16	0,01	0,82	0,27	0,25	0,25	0,28	1,86	0,40	2,26
17	0,01	0,63	0,21	0,19	0,20	0,21	1,45	0,40	1,85
18	0,01	0,49	0,16	0,15	0,15	0,17	1,12	0,40	1,52
19	0,00	0,38	0,13	0,12	0,12	0,13	0,87	0,40	1,27
20	0,00	0,30	0,10	0,09	0,09	0,10	0,68	0,40	1,08
21	0,00	0,23	0,08	0,07	0,07	0,08	0,53	0,40	0,93
22	0,00	0,18	0,06	0,05	0,06	0,06	0,41	0,40	0,81
23	0,00	0,14	0,05	0,04	0,04	0,05	0,32	0,40	0,72
24	0,00	0,11	0,04	0,03	0,03	0,04	0,25	0,40	0,65
Debit Maksimum									72,19

Sumber: Diolah Penulis (2023)

Tabel 4.35 Debit Banjir Periode Ulang 25 Tahun (HSS Nakayasu)

Jam	U (t,i)	Hujan Netto (mm/jam)					Debit m ³ /s	Base Flow m ³ /s	Total Debit m ³ /s
		102,91	26,75	18,76	14,94	12,61			
0	0,00	0,00					0,00	0,40	0,40
1	0,17	17,61	0,00				17,61	0,40	18,01
2	0,76	78,56	4,58	0,00			83,14	0,40	83,54
3	0,46	47,36	20,42	3,21	0,00		70,99	0,40	71,39
4	0,28	28,55	12,31	14,32	2,56	0,00	57,74	0,40	58,14
5	0,19	19,43	7,42	8,64	11,40	2,16	49,05	0,40	49,45
6	0,13	13,86	5,05	5,21	6,87	9,63	40,62	0,40	41,02
7	0,10	9,89	3,60	3,54	4,14	5,81	26,99	0,40	27,39
8	0,07	7,15	2,57	2,53	2,82	3,50	18,57	0,40	18,97
9	0,05	5,55	1,86	1,80	2,01	2,38	13,61	0,40	14,01
10	0,04	4,31	1,44	1,30	1,44	1,70	10,19	0,40	10,59
11	0,03	3,35	1,12	1,01	1,04	1,21	7,73	0,40	8,13
12	0,03	2,60	0,87	0,79	0,81	0,88	5,94	0,40	6,34
13	0,02	2,02	0,68	0,61	0,63	0,68	4,61	0,40	5,01
14	0,02	1,57	0,52	0,47	0,49	0,53	3,58	0,40	3,98

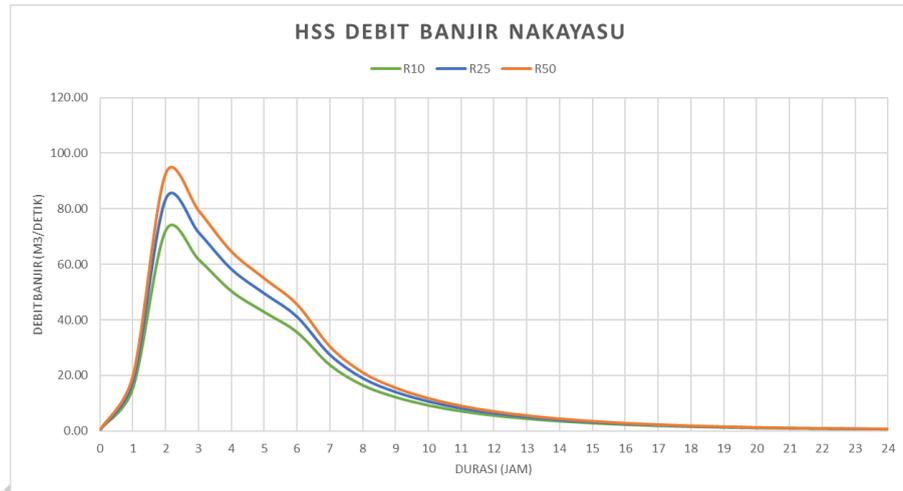
Jam	U (t,i)	Hujan Netto (mm/jam)					Debit m ³ /s	Base Flow m ³ /s	Total Debit m ³ /s
		102,91	26,75	18,76	14,94	12,61			
15	0,01	1,22	0,41	0,37	0,38	0,41	2,78	0,40	3,18
16	0,01	0,94	0,32	0,29	0,29	0,32	2,16	0,40	2,56
17	0,01	0,73	0,25	0,22	0,23	0,25	1,68	0,40	2,08
18	0,01	0,57	0,19	0,17	0,18	0,19	1,30	0,40	1,70
19	0,00	0,44	0,15	0,13	0,14	0,15	1,01	0,40	1,41
20	0,00	0,34	0,11	0,10	0,11	0,12	0,78	0,40	1,18
21	0,00	0,27	0,09	0,08	0,08	0,09	0,61	0,40	1,01
22	0,00	0,21	0,07	0,06	0,06	0,07	0,47	0,40	0,87
23	0,00	0,16	0,05	0,05	0,05	0,05	0,37	0,40	0,77
24	0,00	0,12	0,04	0,04	0,04	0,04	0,28	0,40	0,69
Debit Maksimum									83,54

Sumber: Diolah Penulis (2023)

Tabel 4.36 Debit Banjir Periode Ulang 50 Tahun (HSS Nakayasu)

Jam	U (t,i)	Hujan Netto (mm/jam)					Debit m ³ /s	Base Flow m ³ /s	Total Debit m ³ /s
		114,36	29,73	20,85	16,60	14,02			
0	0,00	0,00					0,00	0,40	0,40
1	0,17	19,57	0,00				19,57	0,40	19,97
2	0,76	87,30	5,09	0,00			92,39	0,40	92,79
3	0,46	52,63	22,69	3,57	0,00		78,89	0,40	79,29
4	0,28	31,73	13,68	15,92	2,84	0,00	64,16	0,40	64,57
5	0,19	21,59	8,25	9,60	12,67	2,40	54,50	0,40	54,90
6	0,13	15,41	5,61	5,78	7,64	10,70	45,14	0,40	45,54
7	0,10	10,99	4,00	3,94	4,61	6,45	29,99	0,40	30,39
8	0,07	7,95	2,86	2,81	3,13	3,89	20,64	0,40	21,04
9	0,05	6,17	2,07	2,00	2,24	2,65	15,12	0,40	15,52
10	0,04	4,79	1,60	1,45	1,60	1,89	11,33	0,40	11,73
11	0,03	3,72	1,25	1,12	1,15	1,35	8,59	0,40	8,99
12	0,03	2,89	0,97	0,87	0,90	0,97	6,60	0,40	7,00
13	0,02	2,24	0,75	0,68	0,70	0,76	5,12	0,40	5,52
14	0,02	1,74	0,58	0,53	0,54	0,59	3,98	0,40	4,38
15	0,01	1,35	0,45	0,41	0,42	0,46	3,09	0,40	3,49
16	0,01	1,05	0,35	0,32	0,33	0,35	2,40	0,40	2,80
17	0,01	0,81	0,27	0,25	0,25	0,27	1,86	0,40	2,26
18	0,01	0,63	0,21	0,19	0,20	0,21	1,45	0,40	1,85
19	0,00	0,49	0,16	0,15	0,15	0,17	1,12	0,40	1,52
20	0,00	0,38	0,13	0,12	0,12	0,13	0,87	0,40	1,27
21	0,00	0,30	0,10	0,09	0,09	0,10	0,68	0,40	1,08
22	0,00	0,23	0,08	0,07	0,07	0,08	0,53	0,40	0,93
23	0,00	0,18	0,06	0,05	0,06	0,06	0,41	0,40	0,81
24	0,00	0,14	0,05	0,04	0,04	0,05	0,32	0,40	0,72
Debit Maksimum									92,79

Sumber: Diolah Penulis (2023)



Gambar 4.16 Grafik HSS Debit Banjir Nakayasu (Dokumentasi Pribadi, 2023)

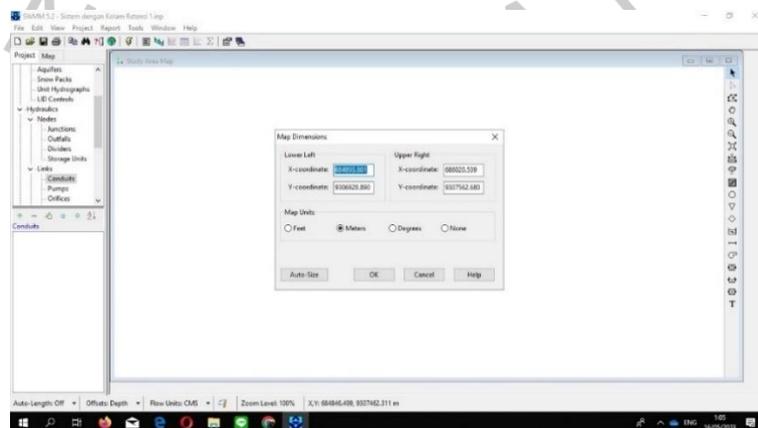
4.3 Analisis Debit Banjir Kolam Retensi Menggunakan Aplikasi EPA SWMM

Aplikasi EPA SWMM Versi 5.2 digunakan untuk melakukan analisis hidrolika yang memiliki tujuan untuk mengetahui debit banjir sebelum dan sesudah adanya kolam retensi. Berikut merupakan tahapan-tahapan penggunaan aplikasi EPA SWMM:

4.3.1 Proses Pembuatan Simulasi Hidrolika Menggunakan EPA SWMM

A. Memasukkan *Backdrop*

Menyimpan gambar wilayah penelitian dari Google Earth dan mencatat koordinat asli map untuk dimasukkan ke dalam aplikasi SWMM.



Gambar 4.17 Mengatur Dimensi Model pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2023)

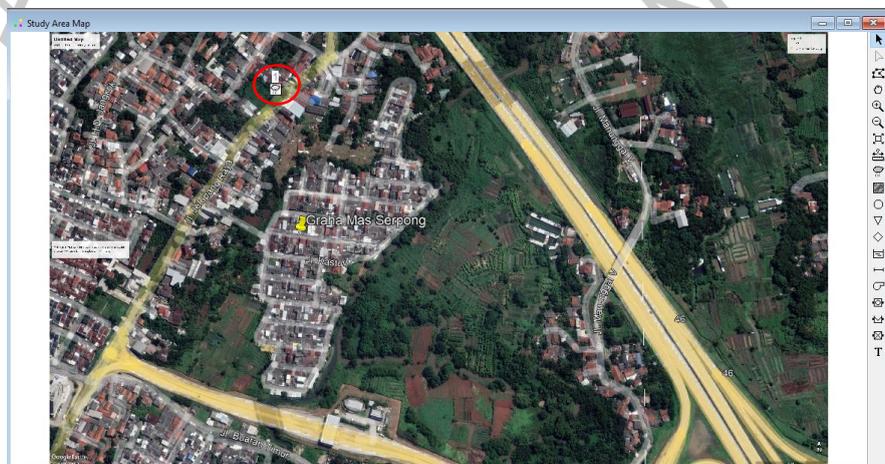
Dapat dilihat pada Gambar 4.17 diatur dimensi model SWMM 5.2 sesuai dengan kondisi sebenarnya dengan memasukkan koordinat dari Google Earth yang sudah dicatat. Lalu, langkah selanjutnya adalah memasukkan *backdrop* dengan memilih ikon *view* lalu memilih ikon *backdrop* dengan mengklik *load* lalu memilih *file backdrop* yang sudah disimpan. Dapat dilihat pada Gambar 4.18 merupakan tampilan ketika *backdrop* sudah dimasukkan ke dalam SWMM 5.2



Gambar 4.18 Tampilan *Backdrop* pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2023)

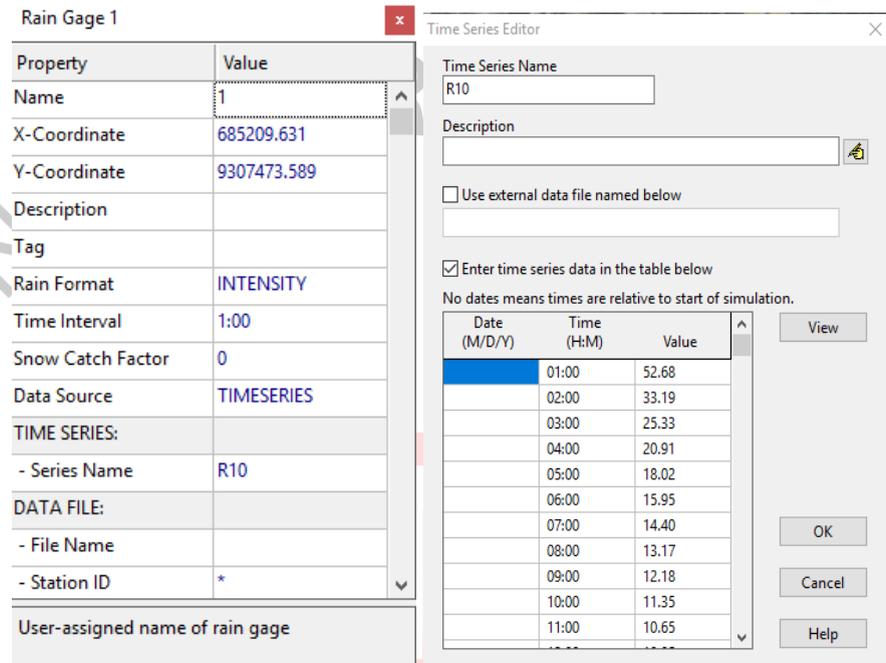
B. Pembuatan Objek *Rain Gage*

Objek *rain gage* dibuat dengan cara memilih ikon *rain gage* dan meletakkannya disekitar *subcatchment* atau wilayah yang diteliti. Dapat dilihat pada Gambar 4.19 merupakan tampilan objek *rain gage* pada saat dimasukkan ke dalam SWMM 5.2



Gambar 4.19 Pembuatan Objek *Rain Gage* pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Setelah pembuatan objek *rain gage*, dilakukan *input* data pada *time series* yang berupa data intensitas hujan seperti yang terdapat pada Tabel 4.30 dengan membuat *time series* sesuai periode ulang yang digunakan. Dapat dilihat pada Gambar 4.20 merupakan data yang akan digunakan pada objek *rain gage*.



(a) (b)
 Gambar 4.20 Input (a) Data Objek Rain Gage (b) Data Time Series pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2023)

C. Pembagian Objek *Subcatchment*

Objek *subcatchment* dibuat dengan cara memilih ikon *subcatchment* lalu membuat *polygon* dengan membagi wilayah yang diteliti. Berdasarkan ruang terbuka hijau, perumahan Graha Mas Serpong merupakan perumahan yang cukup pada sehingga memiliki *impervious* sebesar 65%, sedangkan pada bagian lahan terbuka dengan semak belukar tepatnya seberang sungai dari wilayah Graha Mas Serpong memiliki *impervious* sebesar 35%. Dapat dilihat Gambar 4.21 merupakan tampilan objek *subcatchment* pada saat dimasukkan ke dalam SWMM 5.2



Gambar 4.21 Pembuatan Objek *Subcatchment* pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Setelah pembuatan objek *subcatchment*, dilakukan *input* data pada *subcatchment*, yaitu *outlet* yang merupakan keluarnya aliran *subcatchment*, luas yang didapatkan dengan bantuan aplikasi Autocad 2023, dan persentase ruang terbuka hijau. Dapat dilihat pada Gambar 4.22 merupakan *input* data yang sesuai dengan karakteristik *subcatchment* pada setiap *subcatchment* yang ada.

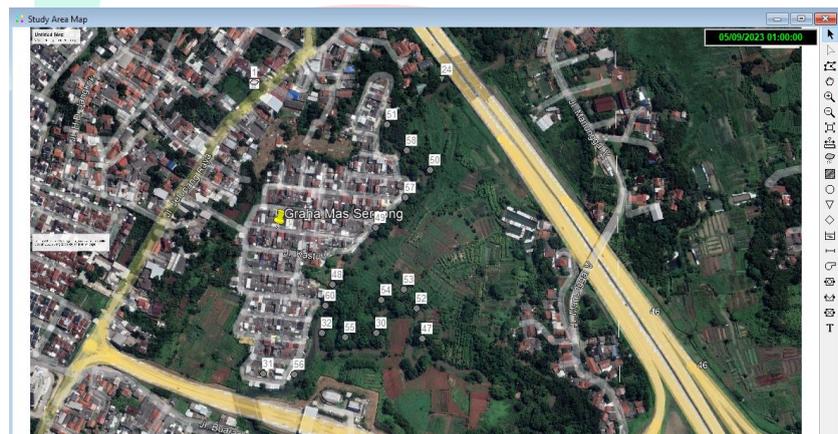
Subcatchment 34		Subcatchment 34	
Property	Value	Property	Value
Name	34	Dstore-Perv	0.05
X-Coordinate	685471.217	%Zero-Imperv	25
Y-Coordinate	9307067.320	Subarea Routing	OUTLET
Description		Percent Routed	100
Tag		Infiltration Data	HORTON
Rain Gage	1	Groundwater	NO
Outlet	47	Snow Pack	
Area	0.000020276	LID Controls	0
Width	500	Land Uses	0
% Slope	0.5	Initial Buildup	NONE
% Imperv	35	Curb Length	0
N-Imperv	0.01	N-Perv Pattern	
N-Perv	0.1	Dstore Pattern	
Dstore-Imperv	0.05	Infil. Pattern	
User-assigned name of subcatchment		User-assigned name of subcatchment	

Gambar 4.22 *Input* Data Objek *Subcatchment* pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2023)

D. Pembuatan Model Jaringan (*Junction, Conduit, Outfall*)

- ***Junction dan Outfall***

Model jaringan pertama yang perlu dibuat adalah *junction* yang merupakan titik pertemuan satu atau lebih saluran pembuangan dan *outfall* merupakan titik yang sama seperti *junction* tetapi terletak pada akhir simulasi hidrolika. Objek *junction* dibuat dengan cara memilih ikon *junction* lalu meletakkannya di tengah sungai dan titik pertemuan saluran pembuangan dari *subcatchment*, sedangkan pembuatan objek *outfall* sama seperti *junction* namun harus terletak pada akhir simulasi hidrolika. Dapat dilihat pada Gambar 4.23 merupakan tampilan objek *junction* dan *outfall* pada saat dimasukkan ke dalam SWMM 5.2:



Gambar 4.23 Tampilan Objek *Junction* pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Setelah pembuatan objek *junction*, dilakukan *input* data pada *junction*, yaitu untuk elevasi yang sesuai dengan kondisi sesungguhnya di lapangan, kedalaman maksimum, dan kedalaman awal sungai sesuai bentuknya. Setelah itu dilakukan *input* data pada *outfall* dengan elevasi hanya pada titik tersebut. Dapat dilihat pada Gambar 4.22 merupakan *input* data yang sesuai dengan karakteristik *junction* pada setiap *junction* yang ada.

Junction 47		Outfall 24	
Property	Value	Property	Value
Name	47	Name	24
X-Coordinate	685466.008	X-Coordinate	685497.098
Y-Coordinate	9307081.264	Y-Coordinate	9307481.814
Description		Description	
Tag		Tag	
Inflows	YES	Inflows	NO
Treatment	NO	Treatment	NO
Invert El.	18.04	Invert El.	15.08
Max. Depth	3.1	Tide Gate	NO
Initial Depth	0.5	Route To	
Surcharge Depth	0	Type	FREE
Ponded Area	0	Fixed Outfall	
		Fixed Stage	0
		Tidal Outfall	
User-assigned name of junction		User-assigned name of outfall	

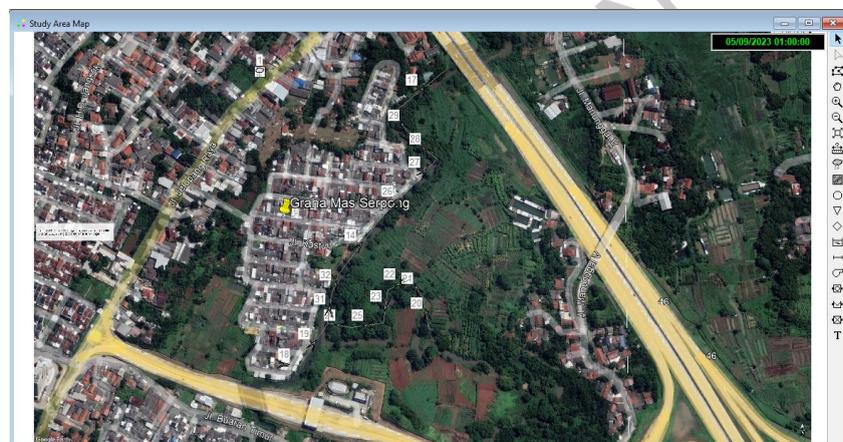
(a)

(b)

Gambar 4.24 Input (a) Data Objek Junction (b) Data Objek Outfall pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2023)

- **Conduit**

Model jaringan yang kedua adalah *conduit* yang merupakan saluran penghubung antara *junction* ke *junction* ataupun *junction* ke *outfall*. Objek *conduit* dibuat dengan cara memilih ikon *conduit*, lalu memilih *junction* yang akan dihubungkan dengan *junction* lainnya ataupun pada *outfall* yang berada di akhir model jaringan. Dapat dilihat pada Gambar 4.25 merupakan tampilan objek *conduit* pada saat dimasukkan ke dalam SWMM 5.2:



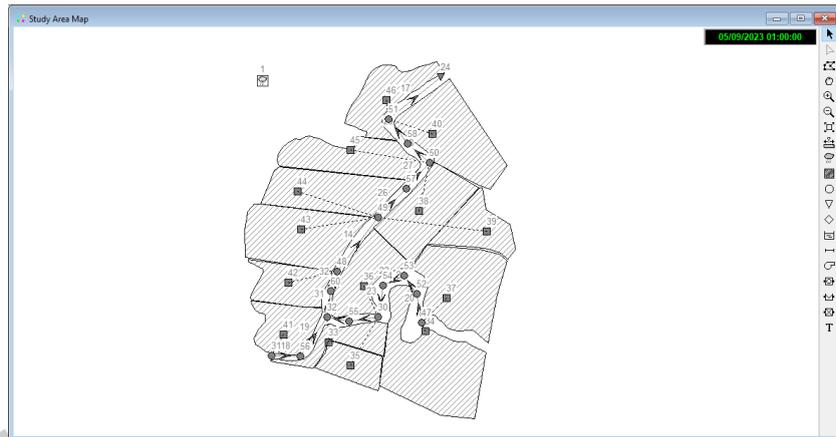
Gambar 4.25 Tampilan Objek Conduit pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Setelah pembuatan objek *conduit*, dilakukan *input* data pada *conduit*, yaitu bentuk saluran, kedalaman maksimum, panjang saluran, dan kekasaran saluran (*roughness*) atau koefisien *mannning*. Koefisien *mannning* yang digunakan berdasarkan Tabel 2.5 adalah 0,033 dikarenakan kondisi saluran tanah yang lurus, seragam, bersih, dan landai. Dapat dilihat pada Gambar 4.26 merupakan *input* data yang sesuai dengan karakteristik *conduit* pada setiap *conduit* yang ada.

Property	Value
Name	25
Inlet Node	30
Outlet Node	55
Description	
Tag	
Shape	TRAPEZOIDAL
Max. Depth	2.72
Length	55.3
Roughness	0.033
Inlet Offset	0
Outlet Offset	0
Initial Flow	0
Maximum Flow	0
Entry Loss Coeff.	0
User-assigned name of Conduit	

Gambar 4.26 Input Data Objek *Conduit* pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2023)

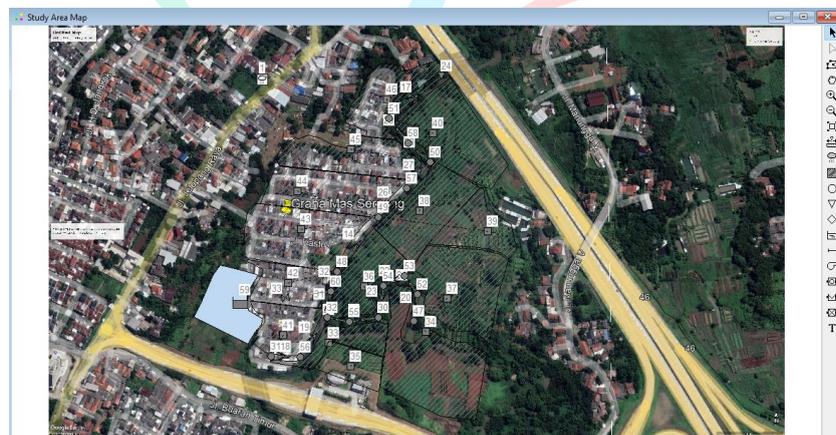
Setelah seluruh proses untuk membuat simulasi sudah selesai dilakukan dan data sudah seluruhnya dimasukkan pada setiap objek pada SWMM 5.2, selanjutnya dilakukan *running* simulasi untuk simulasi tanpa kolam retensi. Dapat dilihat pada Gambar 4.27 adalah tampilan dari seluruh objek untuk simulasi hidrolika dengan objek lengkap tanpa kolam retensi pada aplikasi SWMM 5.2.



Gambar 4.27 Tampilan Objek Simulasi Lengkap tanpa Kolam Retensi pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2023)

- **Kolam Retensi**

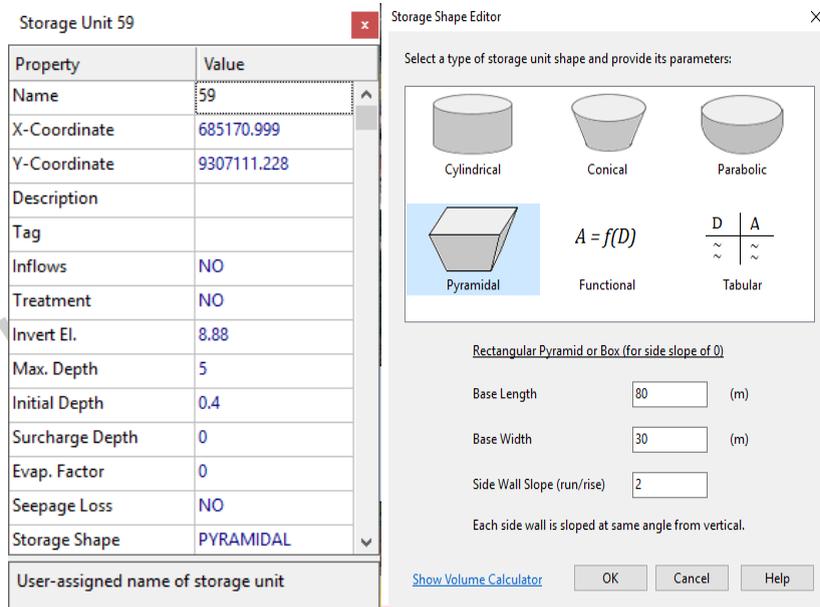
Model jaringan selanjutnya adalah kolam retensi yang berfungsi sebagai mitigasi banjir pada lokasi penelitian, yaitu Perumahan Graha Mas Serpong. Objek kolam retensi dibuat dengan cara memilih ikon *storage unit* lalu membuat poligon sesuai dengan lahan terbuka yang memuna dibuat kolam retensi. Dapat dilihat pada Gambar 4.28 merupakan tampilan objek *conduit* pada saat dimasukkan ke dalam SWMM 5.2:



Gambar 4.28 Tampilan Objek Kolam Retensi pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2023)

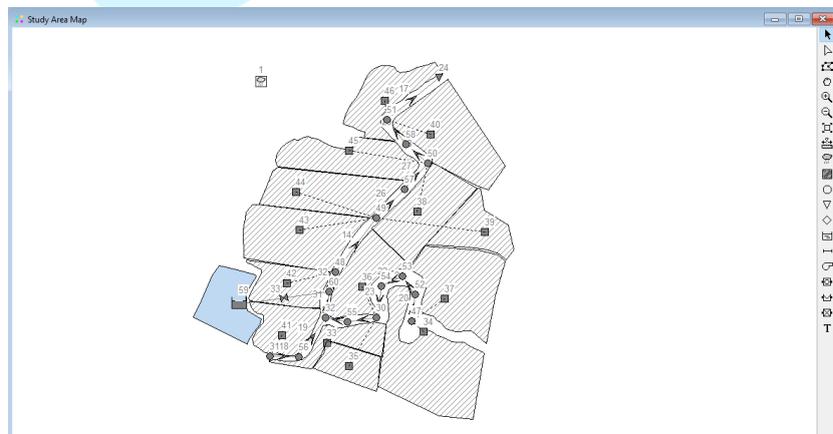
Setelah pembuatan objek *storage unit*, dilakukan *input* data pada *storage unit*, yaitu ketinggian elevasi yang harus lebih rendah dari tinggi *junction/conduit*, kedalaman maksimum kolam retensi, dan kedalaman awal kolam retensi. Dapat dilihat pada

Gambar 4.29 merupakan *input data storage unit* yang sesuai dengan kapasitas yang dapat menampung debit banjir.



Gambar 4.29 *Input Data Objek Storage Unit* pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Setelah seluruh proses untuk membuat simulasi sudah selesai dibuat dan data sudah dimasukkan pada setiap objek pada SWMM 5.2, selanjutnya dilakukan *running* simulasi untuk simulasi dengan kolam retensi. Dapat dilihat pada Gambar 4.30 adalah tampilan dari seluruh objek untuk simulasi hidrolika dengan objek lengkap dengan kolam retensi pada aplikasi SWMM 5.2



Gambar 4.30 Tampilan Objek Simulasi Lengkap dengan Kolam Retensi pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2023)

4.3.2 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 sungai yang ada, dengan cara dikalibrasi menggunakan persamaan RMSE yang dapat dilihat pada Rumus (2.29).

Tabel 4.37 Perhitungan Kalibrasi Debit Banjir dengan RMSE

Saluran Observasi	Waktu	Debit (Q) Observasi	Debit (Q) SWMM	$(Q_{obs} - Q_{SWMM})^2$	RMSE
	0	0,40	0,00	0,16	
	1	15,61	14,63	0,95	
	2	72,19	62,42	95,446	
	3	61,70	62,08	0,14	
	4	50,26	50,77	0,26	
	5	42,75	43,14	0,15	
	6	35,48	35,89	0,17	
	7	23,71	24,42	0,51	
	8	16,44	16,90	0,22	
	9	12,15	12,44	0,08	
	10	9,20	9,41	0,04	
	11	7,08	7,24	0,03	
Conduit 14	12	5,53	5,65	0,02	0,064799
	13	4,38	4,48	0,01	
	14	3,49	3,57	0,01	
	15	2,80	2,87	0,01	
	16	2,26	2,32	0,00	
	17	1,85	1,90	0,00	
	18	1,52	1,56	0,00	
	19	1,27	1,30	0,00	
	20	1,08	1,11	0,00	
	21	0,93	0,95	0,00	
	22	0,81	0,83	0,00	
	23	0,72	0,73	0,00	
	24	0,65	0,66	0,00	
Total				98,212	

Sumber: Diolah Penulis (2023)

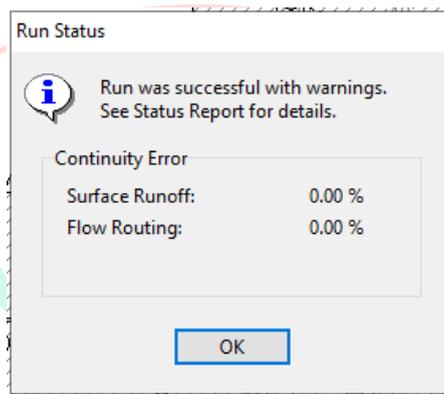
Pada Tabel 4.37, dapat terlihat perbandingan antara debit observasi dengan debit SWMM 5.2 menghasilkan nilai RMSE sebesar

0.064799. 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 Anak Sungai Angke Graha Mas Serpong.

4.3.3 Hasil Simulasi EPA SWMM 5.2 dan Pembahasan

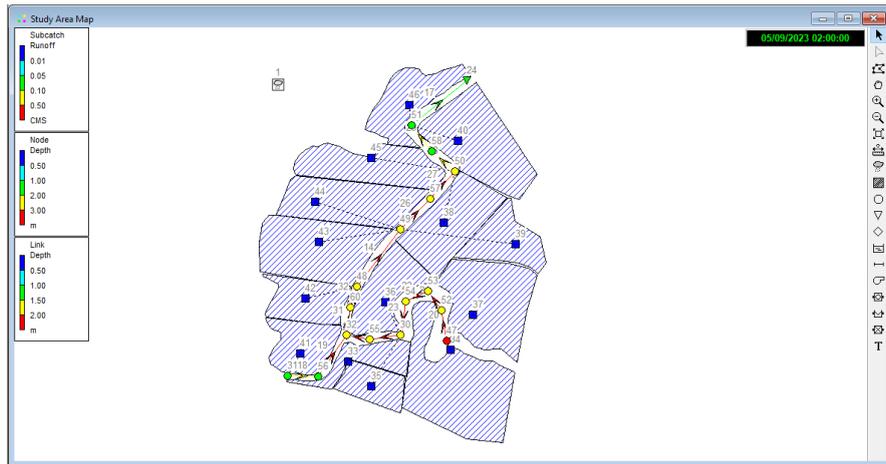
A. Debit Banjir Sebelum Adanya Kolam Retensi

Pada Gambar 4.31, 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.



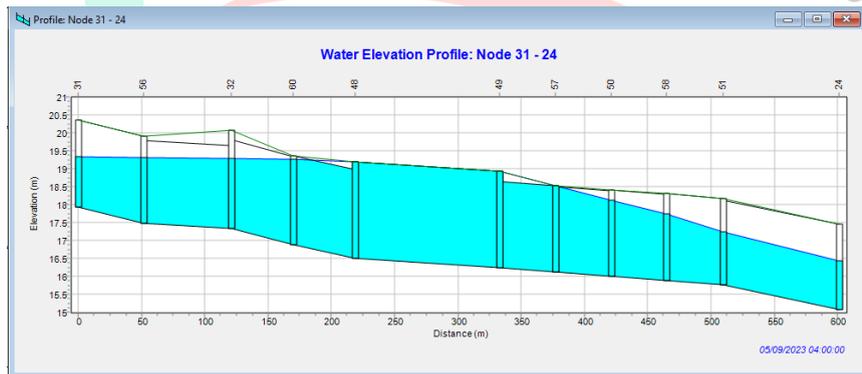
Gambar 4.31 Nilai Continuity Error Setelah Running pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Pada Gambar 4.32, dapat dilihat hasil tampilan simulasi tanpa kolam retensi yang sudah dijalankan pada aplikasi SWMM 5.2. Simulasi dilakukan pada tiga periode ulang dengan intensitas hujan dan debit *baseflow* yang berbeda, sesuai dengan masing-masing periode ulang.

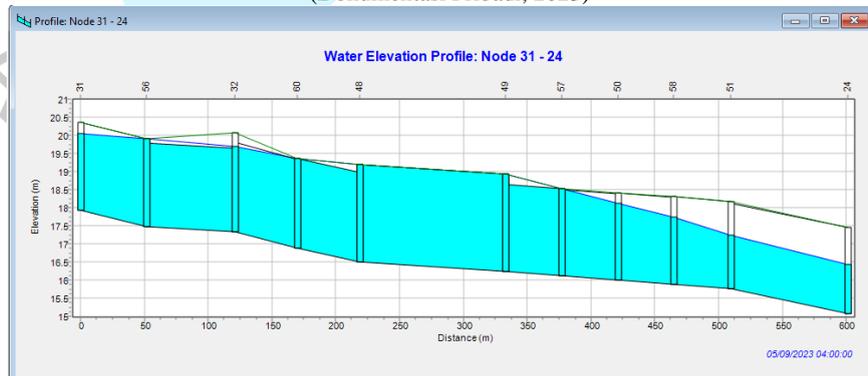


Gambar 4.32 Tampilan Simulasi Tanpa Kolam Retensi Setelah *Running* pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2023)

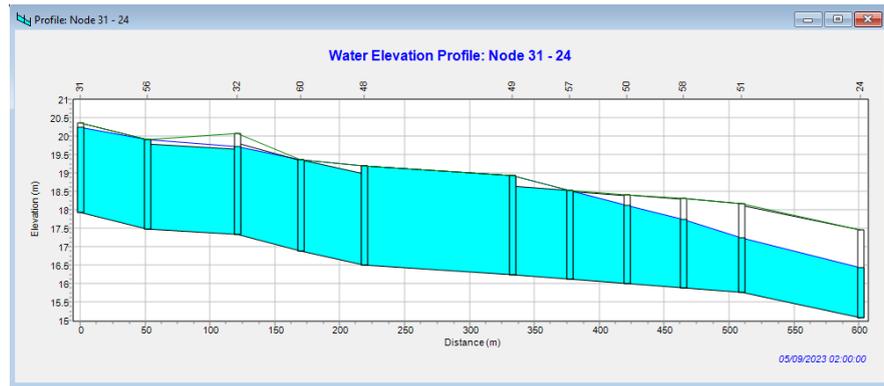
Hasil simulasi hidrolika tanpa kolam retensi untuk aliran sungai dan debit yang dihasilkan aplikasi SWMM 5.2 dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4.33 Elevasi Air Periode Ulang 10 Tahun Tanpa Kolam Retensi pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2023)



Gambar 4.34 Elevasi Air Periode Ulang 25 Tahun Tanpa Kolam Retensi pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2023)



Gambar 4.35 Elevasi Air Periode Ulang 50 Tahun Tanpa Kolam Retensi pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Berdasarkan hasil simulasi hidrolika tanpa kolam retensi, tepatnya pada Gambar 4.33 hingga Gambar 4.35 terlihat bahwa saluran pada sungai tidak dapat menampung debit banjir maksimum pada periode ulang 10, 25, dan 50 tahun.

Tabel 4.38 Hasil Debit Banjir Tanpa Kolam Retensi Pada SWMM 5.2

Jam	Debit Periode Ulang (m ³ /s)		
	R10	R25	R50
00:00	2,78	1,41	1,47
01:00	20,12	33,51	37,2
02:00	48,04	48,04	48,04
03:00	48,04	48,04	48,04
04:00	48,04	48,04	48,04
05:00	48,04	48,04	48,04
06:00	48,04	48,04	48,04
07:00	42,63	48,04	48,04
08:00	34,09	39,12	43,3
09:00	29,04	28,75	31,84
10:00	25,49	21,7	24,03
11:00	22,34	16,66	18,41
12:00	19,74	12,99	14,33
13:00	17,56	10,27	11,31
14:00	15,65	8,17	8,98
15:00	13,95	6,53	7,17
16:00	12,4	5,26	5,75
17:00	10,98	4,28	4,65
18:00	9,64	3,5	3,8
19:00	8,39	2,9	3,13
20:00	7,19	2,43	2,61
21:00	6,04	2,07	2,22
22:00	4,92	1,79	1,91

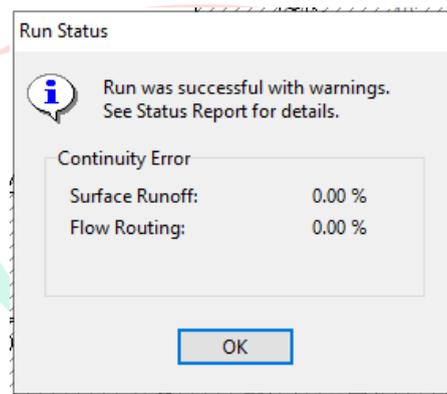
Jam	Debit Periode Ulang (m ³ /s)		
	R10	R25	R50
23:00	3,84	1,57	1,66
24:00	2,78	1,41	1,47

Sumber: Diolah Penulis (2023)

Hasil pada Tabel 4.38 menunjukkan bahwa debit banjir untuk periode ulang 10, 25, dan 50 tahun terjadi peluapan air ketika debit mencapai 48,04 m³/s yang terjadi konstan dalam beberapa jam.

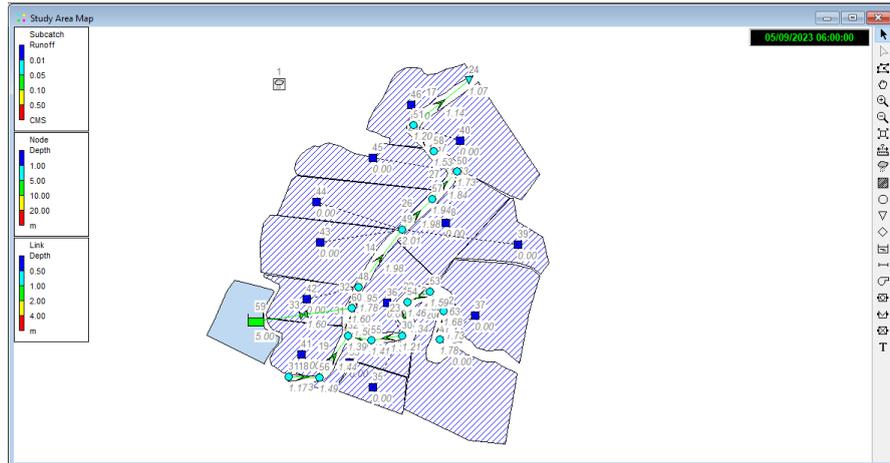
B. Debit Banjir Sesudah Adanya Kolam Retensi

Pada Gambar 4.36, 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.



Gambar 4.36 Nilai Continuity Error Setelah Running pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Pada Gambar 4.37, dapat dilihat hasil tampilan simulasi dengan kolam retensi yang sudah dijalankan pada aplikasi SWMM 5.2. Simulasi dilakukan pada tiga periode ulang dengan intensitas hujan dan debit *baseflow* yang berbeda, sesuai dengan masing-masing periode ulang.



Gambar 4.37 Tampilan Simulasi dengan Kolam Retensi Setelah *Running* pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Untuk mengatasi luapan banjir yang terjadi pada simulasi tanpa kolam retensi dibutuhkannya percobaan untuk menemukan volume kolam retensi yang efektif. Bentuk dari kolam retensi yang digunakan adalah *pyramid* dengan luas dasar kolam sebesar 2400 m^2 dan kemiringan untuk tebing adalah 2. Oleh karena itu kapasitas kolam retensi berdasarkan perhitungan SWMM adalah 9324 m^3 (kedalaman 3 m), $18166,7 \text{ m}^3$ (kedalaman 5 m), dan $36010,7 \text{ m}^3$ (kedalaman 8 m). Berikut ini adalah hasil simulasi untuk skenario dalam menemukan kapasitas kolam retensi yang efektif menggunakan debit *baseflow* pada periode ulang 10, 25 dan 50 tahun:

Tabel 4.39 Hasil Skenario Kapasitas Kolam Retensi dengan Debit Periode 10 Tahun pada SWMM 5.2

Jam	Debit Banjir R10 (m^3/s)			
	Kedalaman Kolam Retensi			
	0 m	3 m	5 m	8 m
00:00	1,47	4,25	4,25	4,25
01:00	37,20	11,46	11,46	11,46
02:00	48,04	19,59	19,59	19,59
03:00	48,04	23,72	23,72	23,72
04:00	48,04	27,71	27,71	27,71
05:00	48,04	26,19	26,19	26,19
06:00	48,04	37,09	27,95	27,95
07:00	48,04	36,28	26,67	26,67
08:00	43,30	34,29	25,20	25,20
09:00	31,84	33,14	24,42	24,42
10:00	24,03	32,15	23,69	23,69

Debit Banjir R10 (m ³ /s)				
Jam	Kedalaman Kolam Retensi			
	0 m	3 m	5 m	8 m
11:00	18,41	30,30	22,27	22,27
12:00	14,33	28,30	28,11	28,11
13:00	11,31	26,31	26,15	26,15
14:00	8,98	24,31	24,15	24,15
15:00	7,17	22,32	22,15	22,15
16:00	5,75	20,16	20,16	20,16
17:00	4,65	18,16	18,16	18,16
18:00	3,80	16,17	16,17	16,17
19:00	3,13	14,17	14,17	14,17
20:00	2,61	12,18	12,18	12,18
21:00	2,22	10,19	10,19	10,19
22:00	1,91	8,20	8,20	8,20
23:00	1,66	6,22	6,22	6,22
24:00	1,47	4,25	4,25	4,25

Sumber: Diolah Penulis (2023)

Tabel 4.40 Hasil Skenario Kapasitas Kolam Retensi dengan Debit Periode 25 Tahun pada SWMM 5.2

Debit Banjir R25 (m ³ /s)				
Jam	Kedalaman Kolam Retensi			
	0 m	3 m	5 m	8 m
00:00	1,47	4,25	4,25	4,25
01:00	37,20	11,46	11,46	11,46
02:00	48,04	19,59	19,59	19,59
03:00	48,04	25,57	25,57	25,57
04:00	48,04	23,35	23,35	23,35
05:00	48,04	26,59	25,01	25,01
06:00	48,04	42,66	32,02	32,02
07:00	48,04	38,82	28,32	28,32
08:00	43,30	34,57	25,30	25,30
09:00	31,84	33,14	24,42	24,42
10:00	24,03	32,15	23,69	23,69
11:00	18,41	30,30	22,27	22,27
12:00	14,33	28,30	28,11	28,11
13:00	11,31	26,31	26,15	26,15
14:00	8,98	24,31	24,15	24,15
15:00	7,17	22,32	22,15	22,15
16:00	5,75	20,16	20,16	20,16
17:00	4,65	18,16	18,16	18,16
18:00	3,80	16,17	16,17	16,17
19:00	3,13	14,17	14,17	14,17

Debit Banjir R25 (m ³ /s)				
Jam	Kedalaman Kolam Retensi			
	0 m	3 m	5 m	8 m
20:00	2,61	12,18	12,18	12,18
21:00	2,22	10,19	10,19	10,19
22:00	1,91	8,20	8,20	8,20
23:00	1,66	6,22	6,22	6,22
24:00	1,47	4,25	4,25	4,25

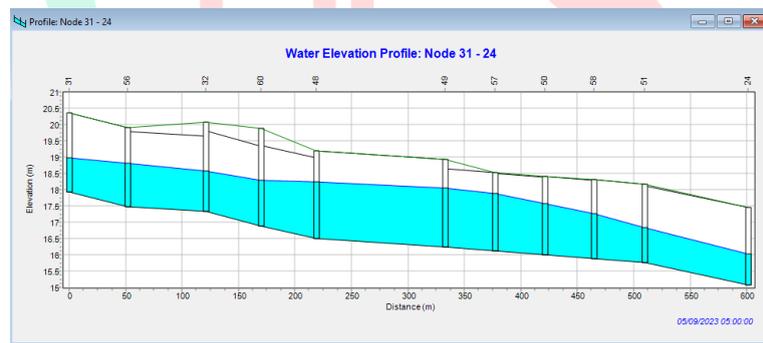
Sumber: Diolah Penulis (2023)

Tabel 4.41 Hasil Skenario Kapasitas Kolam Retensi dengan Debit Periode 50 Tahun pada SWMM 5.2

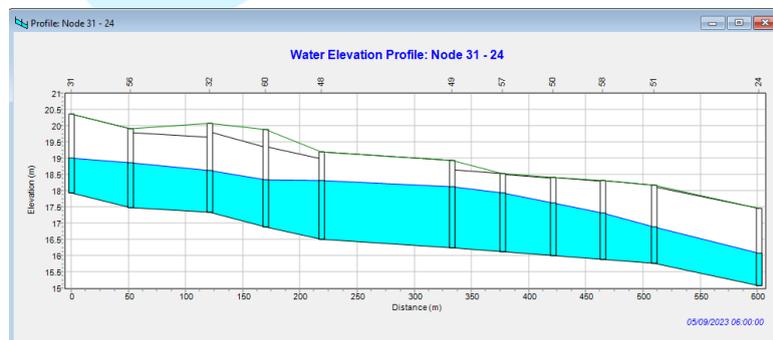
Debit Banjir R50 (m ³ /s)				
Jam	Kedalaman Kolam Retensi			
	0 m	3 m	5 m	8 m
00:00	1,47	4,25	4,25	4,25
01:00	37,20	11,46	11,46	11,46
02:00	48,04	19,59	19,59	19,59
03:00	48,04	27,43	27,43	27,43
04:00	48,04	26,19	26,19	26,19
05:00	48,04	38,83	29,33	29,33
06:00	48,04	46,50	36,50	36,50
07:00	48,04	41,34	29,98	29,98
08:00	43,30	36,56	26,76	26,76
09:00	31,84	33,43	24,51	24,51
10:00	24,03	32,15	23,69	23,69
11:00	18,41	30,30	22,27	22,27
12:00	14,33	28,30	28,11	28,11
13:00	11,31	26,31	26,15	26,15
14:00	8,98	24,31	24,15	24,15
15:00	7,17	22,32	22,15	22,15
16:00	5,75	20,16	20,16	20,16
17:00	4,65	18,16	18,16	18,16
18:00	3,80	16,17	16,17	16,17
19:00	3,13	14,17	14,17	14,17
20:00	2,61	12,18	12,18	12,18
21:00	2,22	10,19	10,19	10,19
22:00	1,91	8,20	8,20	8,20
23:00	1,66	6,22	6,22	6,22
24:00	1,47	4,25	4,25	4,25

Sumber: Diolah Penulis (2023)

Adanya kolam retensi sudah dapat menampung banjir di kedalaman 3, 5, dan 8 m. Berdasarkan hasil skenario untuk periode ulang 10, 25 dan 50 tahun pada Tabel 4.41 dan Tabel 4.41 menunjukkan bahwa kedalaman 0 m memiliki debit banjir pada sungai yang lebih besar dari kedalaman 3 m, lalu kedalaman 3 m memiliki debit yang lebih besar dari kedalaman 5 m, dan pada kedalaman 5 m debit banjir pada sungai sama dengan kedalaman 8 m. Untuk antisipasi peningkatan debit kolam, maka dibutuhkan penampungan yang lebih maka dari itu kedalaman efektif untuk kapasitas kolam retensi adalah kedalaman 5 m, karena. Setelah dilakukan skenario kapasitas kolam retensi, proses simulasi dapat dijalankan pada setiap periode ulang 10, 25, dan 50 tahun dengan kedalaman kolam retensi 5 m. Hasil simulasi hidrolika dengan kolam retensi untuk aliran pada penampang sungai yang dihasilkan aplikasi SWMM 5.2 dapat dilihat sebagai berikut:

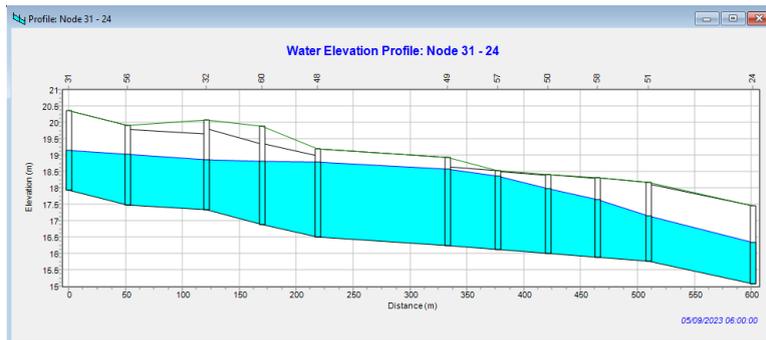


(a)

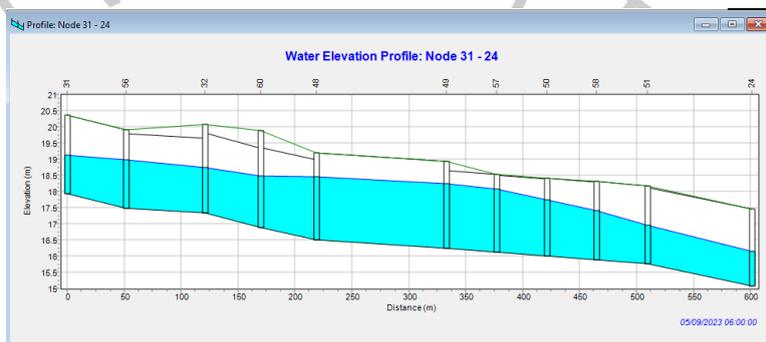


(b)

Gambar 4.38 Elevasi Air Periode Ulang 10 Tahun dengan Kolam Retensi (a) kedalaman 3 m dan (b) kedalaman 5 dan 8 m pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2023)

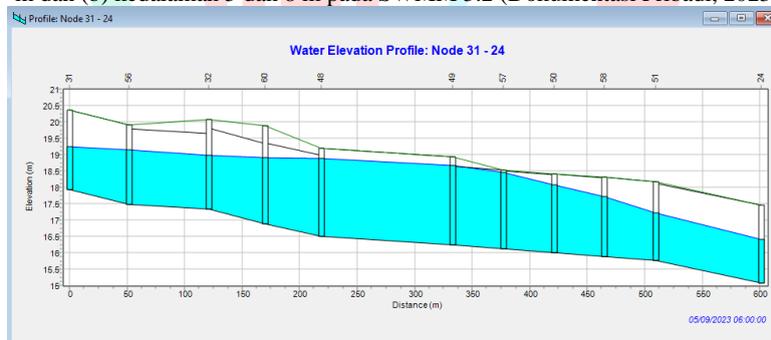


(a)

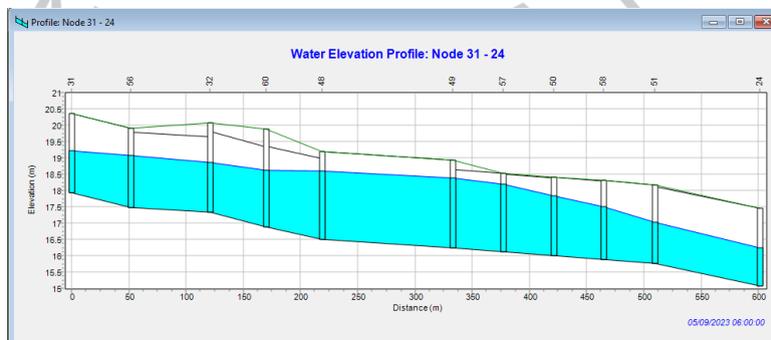


(b)

Gambar 4.39 Elevasi Air Periode Ulang 25 Tahun dengan Kolam Retensi (a) kedalaman 3 m dan (b) kedalaman 5 dan 8 m pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2023)



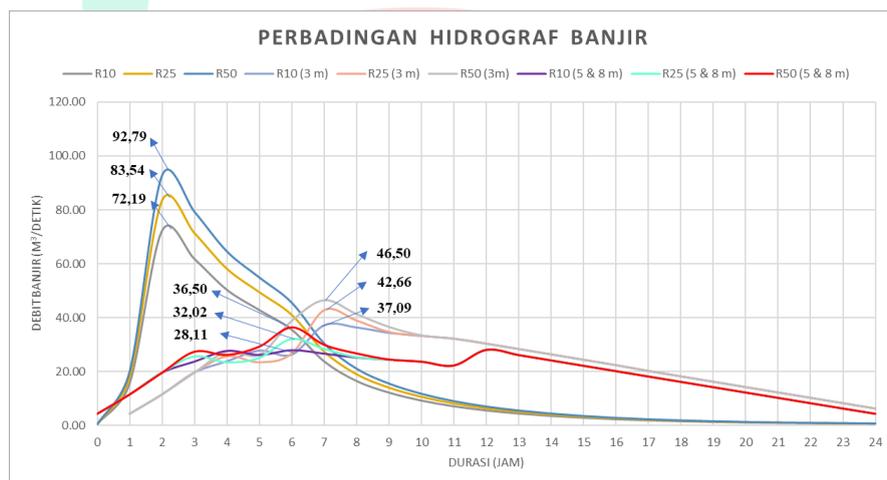
(a)



(b)

Gambar 4.40 Elevasi Air Periode Ulang 50 Tahun dengan Kolam Retensi (a) kedalaman 3 m dan (b) kedalaman 5 dan 8 m pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Berdasarkan hasil simulasi hidrolika dengan kolam retensi, tepatnya pada Gambar 4.38 hingga Gambar 4.40 terlihat bahwa saluran pada sungai dapat menampung debit banjir maksimum pada periode ulang 10, 25, dan 50 tahun karena debit sudah dialihkan masuk ke dalam kolam retensi. Hasil pada Tabel 4.39 dan Tabel 4.41 menunjukkan bahwa debit banjir untuk periode ulang 10, 25, dan 50 tahun sudah tidak meluap dengan debit tertinggi untuk periode ulang 10 tahun sebesar 27,95 m³/s, 25 tahun sebesar 32,02 m³/s, dan 50 tahun sebesar 46,5 m³/s untuk kolam retensi dengan kedalaman 5 m. Pada Gambar 4.41 pula didapatkannya hasil perbandingan untuk hidrograf banjir pada periode ulang 10, 25 dan 50 tahun pada saat sebelum adanya kolam retensi dan sesudah ada kolam retensi pada kedalaman 3 m dan kedalaman efektif 5 m.



Gambar 4.41 Perbandingan Hidrograf Banjir Sebelum dan Sesudah Kolam Retensi (Dokumentasi Pribadi, 2023)

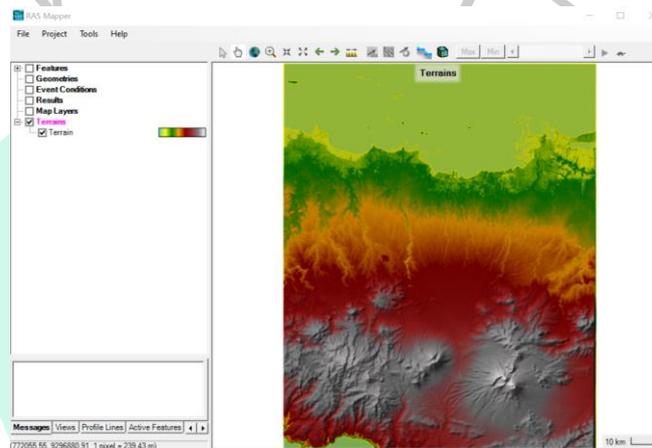
4.4 Analisis Tinggi Muka Air Banjir Menggunakan Aplikasi HEC-RAS

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 dan luas limpasan banjir pada saat sebelum dan sesudah adanya kolam retensi. Berikut ini merupakan tahapan-tahapan penggunaan aplikasi HEC-RAS:

4.4.1 Proses Pembuatan Simulasi Hidrolika Menggunakan HEC-RAS

A. Pembuatan *Terrain*

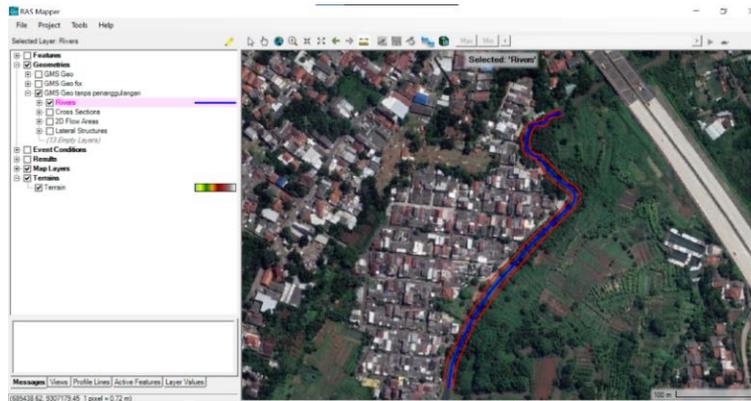
Pembuatan *terrain* atau elevasi kontur tanah pada aplikasi HEC-RAS dilakukan dengan menggunakan peta DEMNAS. Langkah pembuatan *terrain* adalah dengan cara menjalankan *RAS-Mapper*, lalu klik *terrain*, dan *create a New RAS terrain*. Setelah itu, masukkan *projection* yang disesuaikan dengan lokasi peta DEMNAS dan akan didapatkan hasil *terrain* seperti yang terdapat pada Gambar 4.42



Gambar 4.42 Hasil Pembuatan *Terrain* (Dokumentasi Pribadi, 2023)

B. Penggambaran *River* dan *Bank Lines*

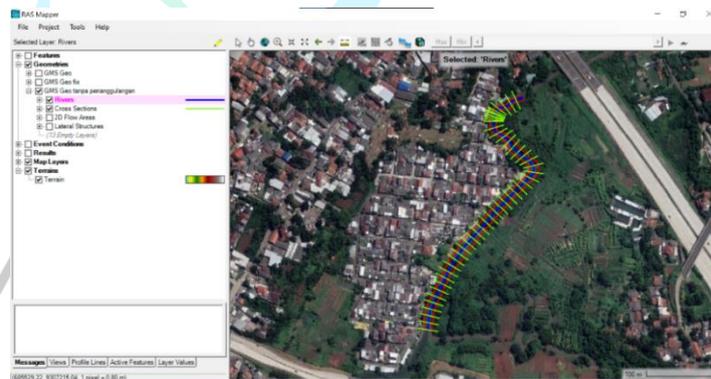
Penggambaran *river* dan *bank lines* atau yang biasa diketahui sebagai alur sungai dan tepi sungai dilakukan untuk mengetahui letak aliran air. Langkah pertama dalam penggambaran *river* dan *bank lines* adalah membuka *Google Satellite* pada *map layer* untuk menandakan lokasi Perumahan Graha Mas Serpong (Lokasi Penelitian). Langkah selanjutnya adalah pembuatan *layer geometries* baru, lalu memasukkan *river* dan *bank lines* yang sesuai dengan lokasi sebenarnya pada menu *geometries*. Pada Gambar 4.43 terdapat gambar *river* dan *bank lines* yang sudah ditandai pada menu *map layer*.



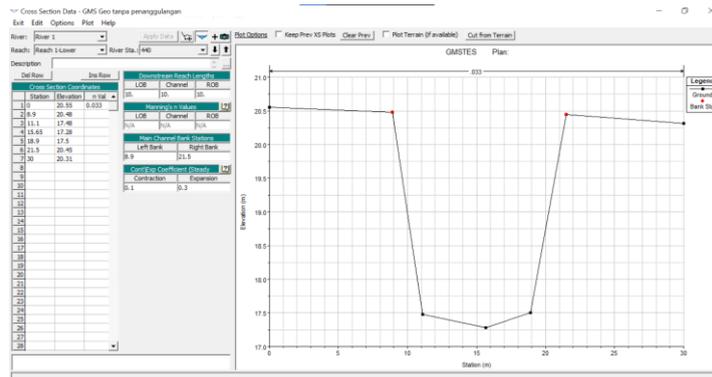
Gambar 4.43 River dan Bank Lines pada Menu Map Layer (Dokumentasi Pribadi, 2023)

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 4.44 terdapat gambar *cross section* alur sungai yang terdapat pada menu *map layer* dan pada Gambar 4.45 terdapat gambar tampak depan *cross section*.



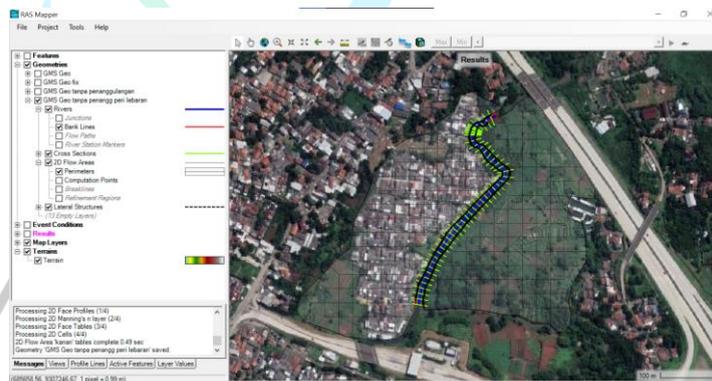
Gambar 4.44 Cross Section Alur Sungai pada Menu Map Layer (Dokumentasi Pribadi, 2023)



Gambar 4.45 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* yang berada di sebelah *bank lines* dan dilanjutkan dengan mengatur *grid size* sesuai dengan kelipatan ukuran *grid size* peta DEMNAS yang berukuran 8,33 m, maka *grid size* yang digunakan sebesar 8 x 8 m. Selain itu, perlu dimasukkan nilai koefisien *manning*, yaitu sebesar 0,06 untuk daerah semi-alami dan 0,013 untuk daerah perkotaan (Tabel 2.6). Pada Gambar 4.46 terdapat gambar hasil pembuatan 2D *flow area* pada menu *map layer*.



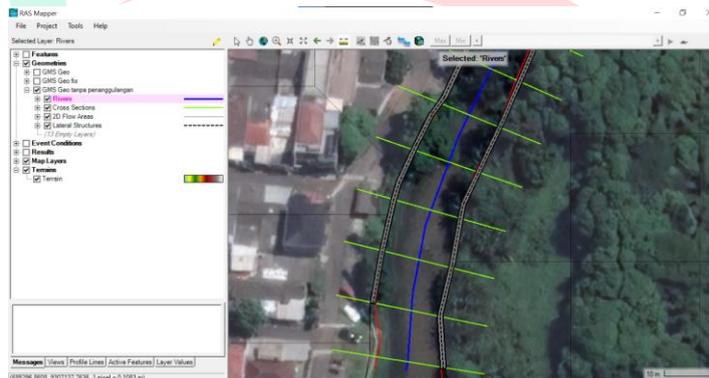
Gambar 4.46 Hasil Pembuatan 2D *Flow Area* pada Menu *Map Layer* (Dokumentasi Pribadi, 2023)

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 0,033 dikarenakan memiliki kondisi saluran tanah yang lurus, seragam, landai, dan bersih (Tabel 2.5).

F. Pembuatan *Lateral Structure*

Lateral Structure terdapat diantara *bank lines* dan *perimeter* seperti garis ungu yang terdapat pada Gambar 4.47. 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 2.7).



Gambar 4.47 Hasil Pembuatan *Lateral Structure* pada Menu *Map Layer* (Dokumentasi Pribadi, 2023)

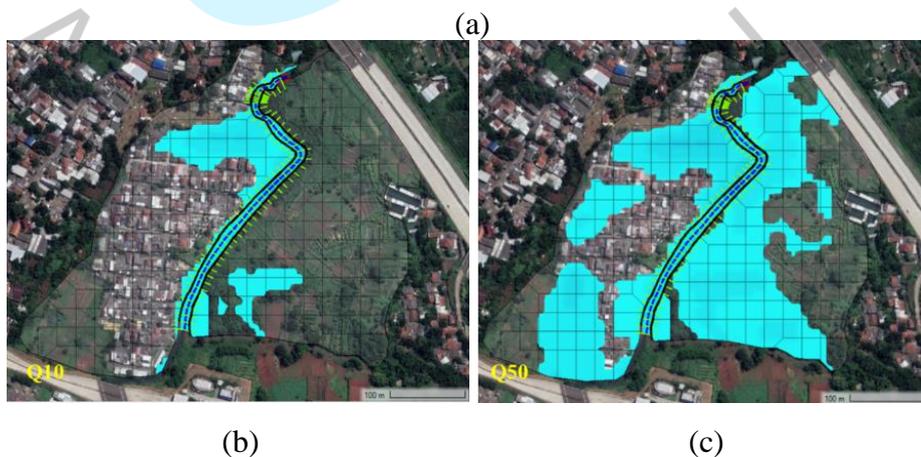
G. Pengaturan *Unsteady Flow Data* dan *Unsteady Flow Analysis*

Dalam pengaturan *unsteady flow data* dan *unsteady flow analysis*, digunakan menu *view/edit unsteady flow data*. Bagian hulu dan hilir sungai memiliki pengaturan yang berbeda. Pada bagian hulu sungai, digunakan pengaturan *flow hydrograph* yang memiliki interval HSS debit banjir selama 1 jam dan durasi HSS debit banjir selama 24 jam, lalu setelah itu akan dimasukkan data HSS debit banjir. Pada bagian hilir sungai, digunakan pengaturan *normal depth*. Perbedaan pengaturan terjadi karena setelah bagian hilir sungai masih

terdapat alur sungai. 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.

4.4.2 Kalibrasi Model Hidrolika HEC-RAS 6.3.1

Pada aplikasi HEC-RAS 6.3.1 hasil simulasi yang sudah dijalankan harus dibandingkan dengan data kenyataannya yang pernah terjadi dengan cara dikalibrasi sama seperti pada aplikasi SWMM 5.2.



Gambar 4.48 Perbandingan Antara (a) Peta Banjir Graha Mas Serpong (b) Simulasi Limpasan Banjir R10 HEC-RAS (c) Simulasi Limpasan Banjir R50 HEC-RAS (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Berdasarkan Gambar 4.48, daerah limpasan banjir yang merupakan daerah rawan banjir sudah sesuai dengan hasil simulasi HEC-RAS 6.3.1 yang dapat dilihat pada poin gambar (a) dan (b) yaitu pada periode ulang 10 tahun. Hasil simulasi limpasan pada poin (c) atau pada periode ulang 50 tahun sudah sesuai dengan kejadian banjir terbesar pada peta banjir (a). Banjir terbesar terjadi pada tanggal 1 Januari 2020 dengan curah hujan 208,9 mm yang hampir sama dengan curah hujan pada periode 50 tahun, yaitu 195,56 mm (Tabel 4.26). Perbedaan tersebut dapat terjadi karena ketelitian dari DEMNAS yang digunakan masih tidak cukup teliti, sehingga proses simulasi pada HEC-RAS dapat dilanjutkan.

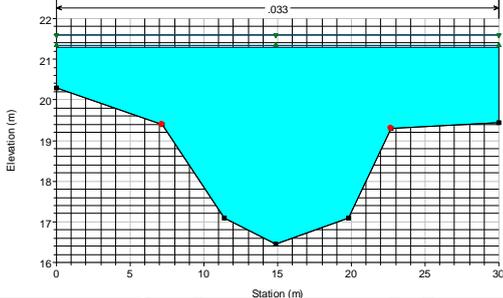
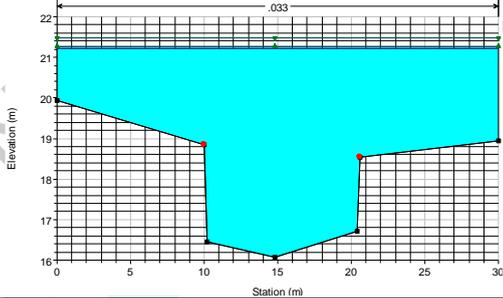
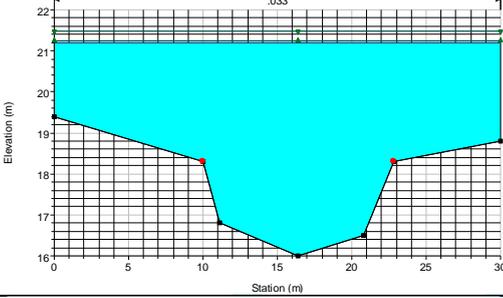
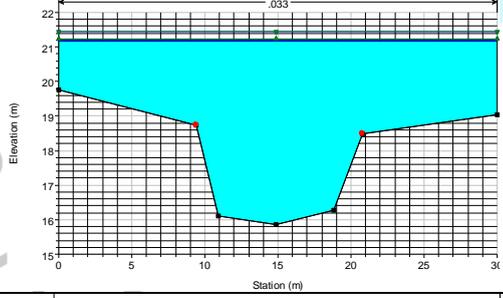
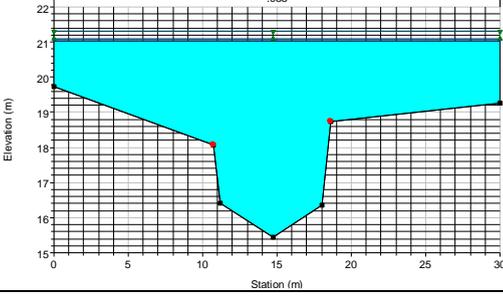
● 4.4.3 Hasil Analisis Hidrolika HEC-RAS 6.3.1 dan Pembahasan

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, 25, dan 50 tahun pada saat sebelum mitigasi dan sesudah adanya mitigasi kolam retensi. Berikut ini adalah hasil simulasi dari proses simulasi yang dilakukan pada HEC-RAS 6.3.1:

A. Hasil Hidrolika Sebelum Adanya Kolam Retensi

Tabel 4.42 Elevasi Banjir Pada Potongan Melintang Anak Sungai Angke Tanpa Kolam Retensi

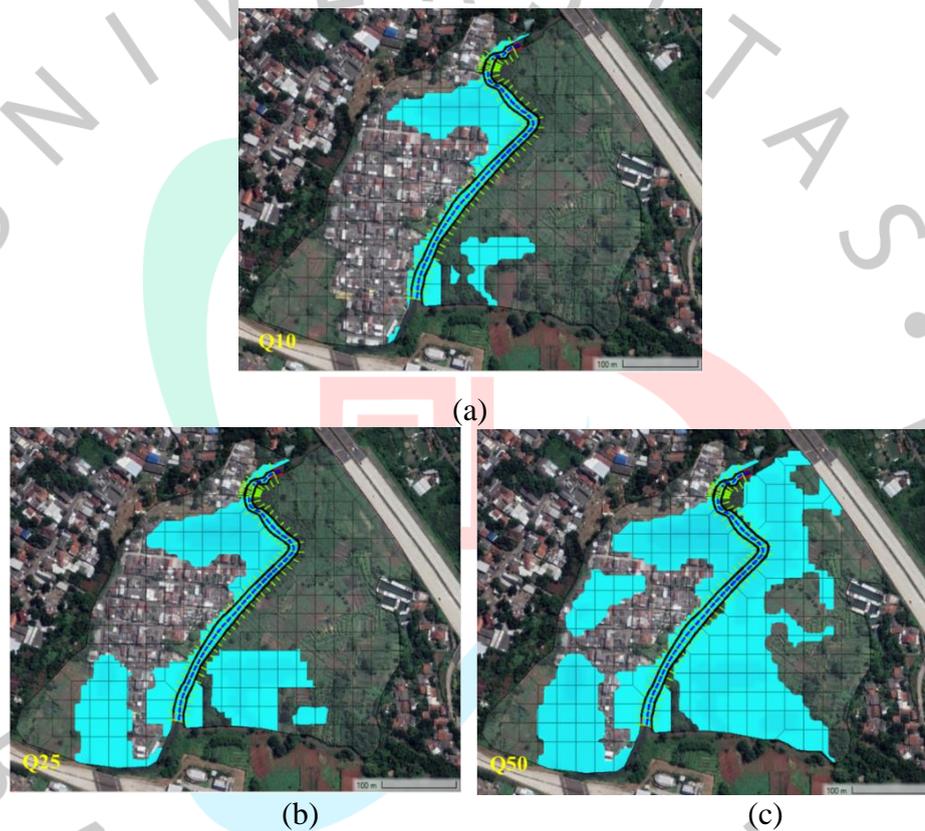
Sta.	Potongan Melintang		Elevasi
	Kondisi Eksisting Tanpa Mitigasi		
0+400			<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elv. Dasar = +17,15 ▪ Elv. Tanggul (kiri) = +21,79 ▪ Elv. Tanggul (kanan) = +21,00 ▪ Elv. Banjir: <li style="padding-left: 20px;">Q₁₀ = +21,49 <li style="padding-left: 20px;">Q₂₅ = +21,58 <li style="padding-left: 20px;">Q₅₀ = +22,00

Sta.	Potongan Melintang Kondisi Eksisting Tanpa Mitigasi	Elevasi
0+300		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elv. Dasar = +16,45 ▪ Elv. Tanggul (kiri) = +23,00 ▪ Elv. Tanggul (kanan) = +20,00 ▪ Elv. Banjir: <li style="padding-left: 20px;">Q₁₀ = +21,29 <li style="padding-left: 20px;">Q₂₅ = +21,34 <li style="padding-left: 20px;">Q₅₀ = +21,60
0+200		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elv. Dasar = +16,07 ▪ Elv. Tanggul (kiri) = +21,35 ▪ Elv. Tanggul (kanan) = +19,00 ▪ Elv. Banjir: <li style="padding-left: 20px;">Q₁₀ = +21,21 <li style="padding-left: 20px;">Q₂₅ = +21,28 <li style="padding-left: 20px;">Q₅₀ = +21,50
0+150		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elv. Dasar = +16,00 ▪ Elv. Tanggul (kiri) = +21,49 ▪ Elv. Tanggul (kanan) = +19,00 ▪ Elv. Banjir: <li style="padding-left: 20px;">Q₁₀ = +21,19 <li style="padding-left: 20px;">Q₂₅ = +21,25 <li style="padding-left: 20px;">Q₅₀ = +21,48
0+100		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elv. Dasar = +15,85 ▪ Elv. Tanggul (kiri) = +21,74 ▪ Elv. Tanggul (kanan) = +20,38 ▪ Elv. Banjir: <li style="padding-left: 20px;">Q₁₀ = +21,18 <li style="padding-left: 20px;">Q₂₅ = +21,23 <li style="padding-left: 20px;">Q₅₀ = +21,45
0+20		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elv. Dasar = +15,69 ▪ Elv. Tanggul (kiri) = +22,09 ▪ Elv. Tanggul (kanan) = +21,00 ▪ Elv. Banjir: <li style="padding-left: 20px;">Q₁₀ = +21,05 <li style="padding-left: 20px;">Q₂₅ = +21,09 <li style="padding-left: 20px;">Q₅₀ = +21,31

Keterangan:

Sta.	Potongan Melintang Kondisi Eksisting Tanpa Mitigasi	Elevasi																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Legend</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>EG Max WS - R50 tanpa penanggulangan</td> <td></td> </tr> <tr> <td>WS Max WS - R50 tanpa penanggulangan</td> <td></td> </tr> <tr> <td>EG Max WS - R25 tanpa penanggulangan</td> <td></td> </tr> <tr> <td>WS Max WS - R25 tanpa penanggulangan</td> <td></td> </tr> <tr> <td>EG Max WS - R10 tanpa penanggulangan</td> <td></td> </tr> <tr> <td>WS Max WS - R10 tanpa penanggulangan</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ground</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Bank Sta</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Legend		EG Max WS - R50 tanpa penanggulangan		WS Max WS - R50 tanpa penanggulangan		EG Max WS - R25 tanpa penanggulangan		WS Max WS - R25 tanpa penanggulangan		EG Max WS - R10 tanpa penanggulangan		WS Max WS - R10 tanpa penanggulangan		Ground		Bank Sta	
Legend																				
EG Max WS - R50 tanpa penanggulangan																				
WS Max WS - R50 tanpa penanggulangan																				
EG Max WS - R25 tanpa penanggulangan																				
WS Max WS - R25 tanpa penanggulangan																				
EG Max WS - R10 tanpa penanggulangan																				
WS Max WS - R10 tanpa penanggulangan																				
Ground																				
Bank Sta																				

Sumber: Diolah Penulis (2023)

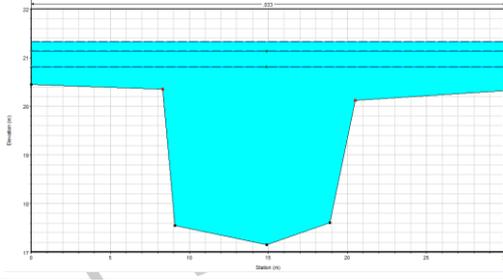
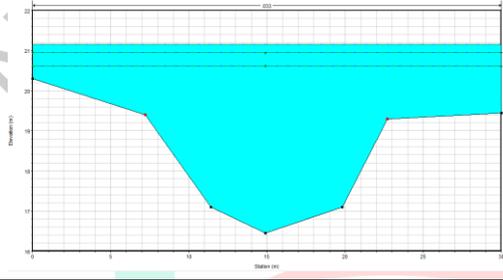
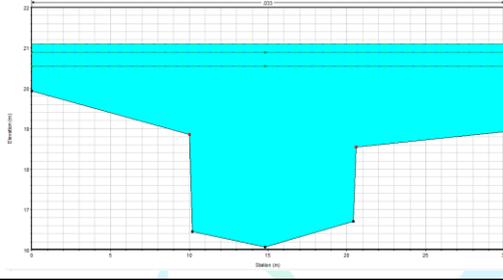
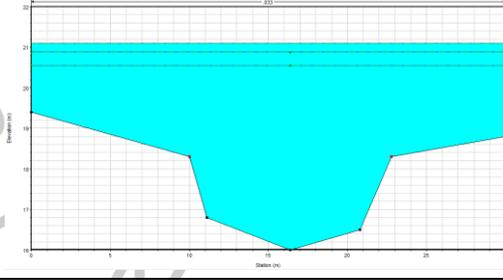
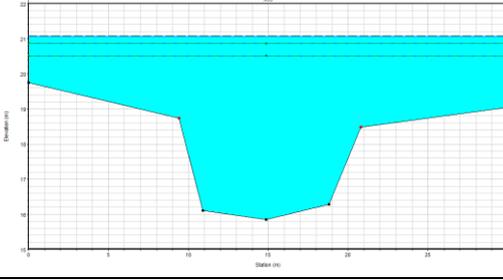


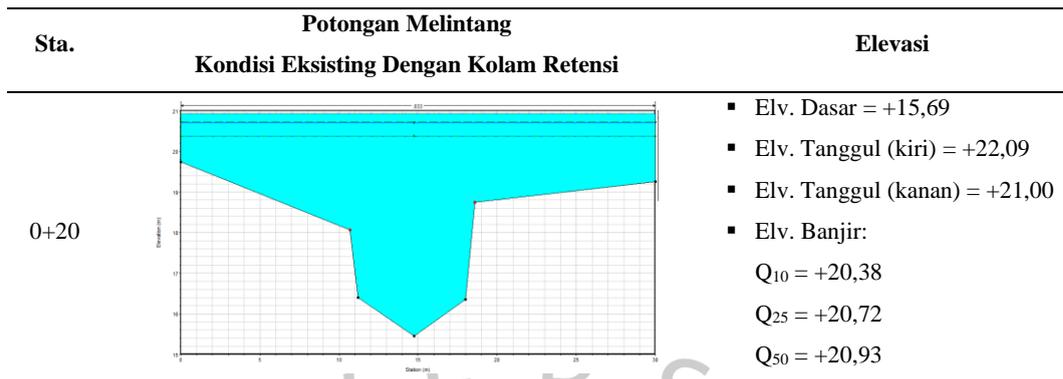
Gambar 4.49 Limpasan Banjir Periode Ulang (a) 10 Tahun, (b) 25 Tahun, dan (c) 50 Tahun Tanpa Mitigasi (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Berdasarkan Gambar 4.49, dapat dilihat hasil simulasi hidrolika dengan HEC-RAS 6.3.1 mengenai bentuk limpasan banjir sebelum adanya kolam retensi pada periode ulang 10, 25, dan 50 tahun. Hasil pada Tabel 4.42 merupakan tampak dari cross section pada alur sungai untuk mengetahui elevasi tinggi muka air banjir dan bentuk penampang sungai sebelum adanya kolam retensi. Selanjutnya dilakukan simulasi hidrolika setelah adanya kolam retensi.

B. Hasil Hidrolika Sesudah Adanya Kolam Retensi

Tabel 4.43 Elevasi Banjir Pada Potongan Melintang Anak Sungai Angke Dengan Kolam Retensi 3 m

Sta.	Potongan Melintang Kondisi Eksisting Dengan Kolam Retensi	Elevasi
0+400		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elv. Dasar = +17,15 ▪ Elv. Tanggul (kiri) = +21,79 ▪ Elv. Tanggul (kanan) = +21,00 ▪ Elv. Banjir: $Q_{10} = +20,81$ $Q_{25} = +21,14$ $Q_{50} = +21,33$
0+300		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elv. Dasar = +16,45 ▪ Elv. Tanggul (kiri) = +23,00 ▪ Elv. Tanggul (kanan) = +20,00 ▪ Elv. Banjir: $Q_{10} = +20,61$ $Q_{25} = +20,95$ $Q_{50} = +21,16$
0+200		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elv. Dasar = +16,07 ▪ Elv. Tanggul (kiri) = +21,35 ▪ Elv. Tanggul (kanan) = +19,00 ▪ Elv. Banjir: $Q_{10} = +20,55$ $Q_{25} = +20,89$ $Q_{50} = +21,10$
0+150		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elv. Dasar = +16,00 ▪ Elv. Tanggul (kiri) = +21,49 ▪ Elv. Tanggul (kanan) = +19,00 ▪ Elv. Banjir: $Q_{10} = +20,54$ $Q_{25} = +20,88$ $Q_{50} = +21,09$
0+100		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elv. Dasar = +15,85 ▪ Elv. Tanggul (kiri) = +21,74 ▪ Elv. Tanggul (kanan) = +20,38 ▪ Elv. Banjir: $Q_{10} = +20,52$ $Q_{25} = +20,86$ $Q_{50} = +21,08$

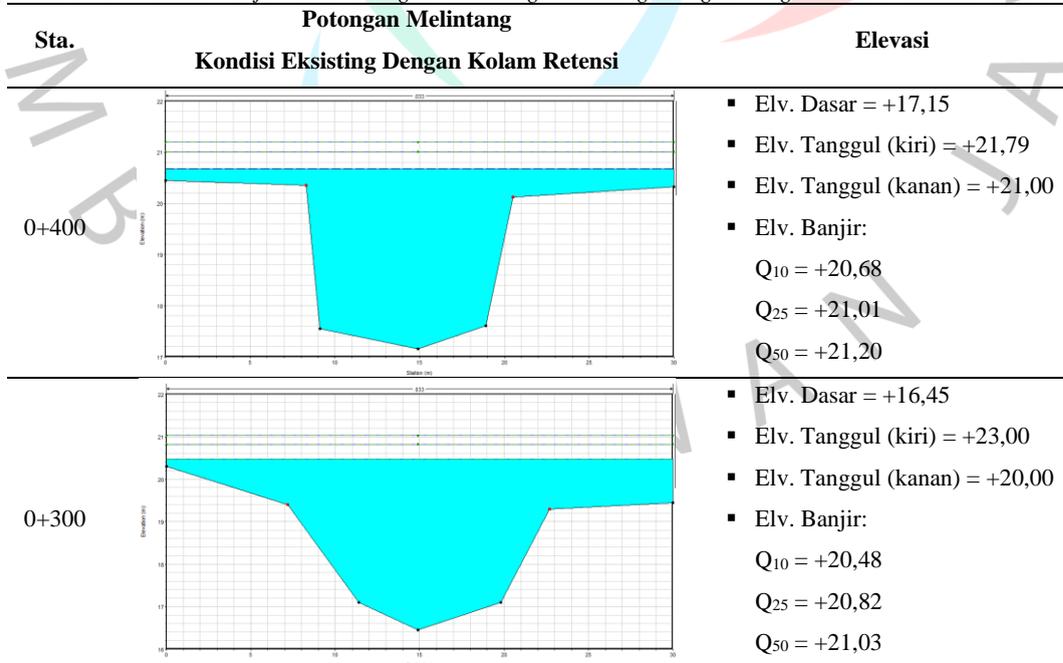


Keterangan:



Sumber: Diolah Penulis (2023)

Tabel 4.44 Elevasi Banjir Pada Potongan Melintang Anak Sungai Angke Dengan Kolam Retensi 5 & 8 m



Sta.	Potongan Melintang Kondisi Eksisting Dengan Kolam Retensi	Elevasi
0+200		<ul style="list-style-type: none"> Elv. Dasar = +16,07 Elv. Tanggul (kiri) = +21,35 Elv. Tanggul (kanan) = +19,00 Elv. Banjir: <ul style="list-style-type: none"> Q₁₀ = +20,41 Q₂₅ = +20,76 Q₅₀ = +20,97
0+150		<ul style="list-style-type: none"> Elv. Dasar = +16,00 Elv. Tanggul (kiri) = +21,49 Elv. Tanggul (kanan) = +19,00 Elv. Banjir: <ul style="list-style-type: none"> Q₁₀ = +20,41 Q₂₅ = +20,75 Q₅₀ = +20,96
0+100		<ul style="list-style-type: none"> Elv. Dasar = +15,85 Elv. Tanggul (kiri) = +21,74 Elv. Tanggul (kanan) = +20,38 Elv. Banjir: <ul style="list-style-type: none"> Q₁₀ = +20,39 Q₂₅ = +20,73 Q₅₀ = +20,94
0+20		<ul style="list-style-type: none"> Elv. Dasar = +15,69 Elv. Tanggul (kiri) = +22,09 Elv. Tanggul (kanan) = +21,00 Elv. Banjir: <ul style="list-style-type: none"> Q₁₀ = +20,24 Q₂₅ = +20,58 Q₅₀ = +20,80

Keterangan:

Legend	
	EG Max WS - Q50 dengan Kolam Retensi
	WS Max WS - Q50 dengan Kolam Retensi
	EG Max WS - Q25 dengan Kolam Retensi
	WS Max WS - Q25 dengan Kolam Retensi
	EG Max WS - Q10 dengan Kolam Retensi
	WS Max WS - Q10 dengan Kolam Retensi
	Ground
	Bank Sta

Sumber: Diolah Penulis (2023)



(a)



(b)



(c)

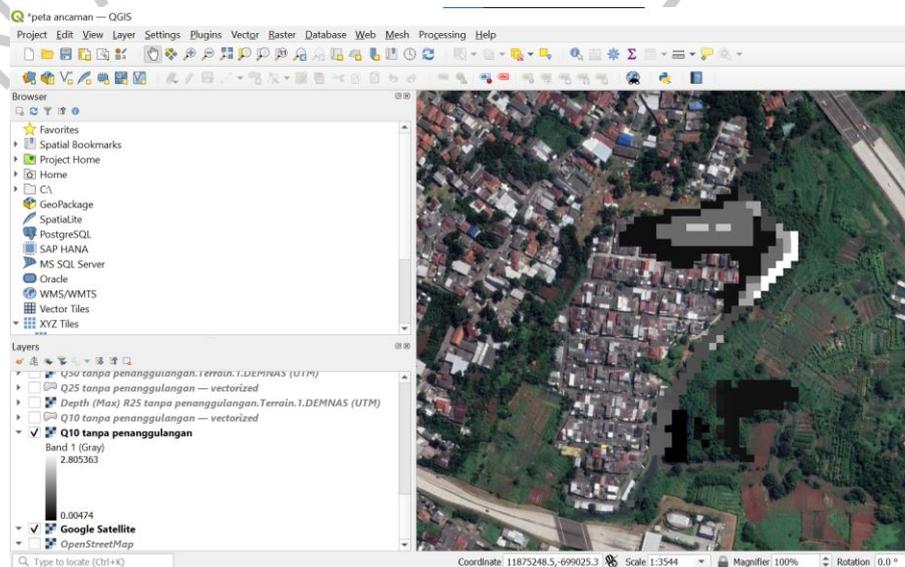
Gambar 4.50 Limpasan Banjir Periode Ulang (a) 10 Tahun, (b) 25 Tahun, dan (c) 50 Tahun Dengan Kolam Retensi pada Kedalaman 3,5, dan 8 m (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Berdasarkan Gambar 4.50, dapat dilihat hasil simulasi hidrolika dengan HEC-RAS 6.3.1 mengenai bentuk limpasan banjir sesudah adanya kolam retensi pada kedalaman 3 dan kedalaman efektif yaitu 5 m pada periode ulang 10, 25, dan 50 tahun. Hasil simulasi pada kedalaman 3 ataupun 5 m tidak didapatkannya limpasan banjir. Hasil pada Tabel 4.43 dan Tabel 4.44 merupakan tampak dari *cross section* pada alur sungai untuk mengetahui elevasi tinggi muka air banjir dan bentuk penampang sungai sesudah adanya kolam retensi pada kedalaman 3 m dan 5 m. Kapasitas eksisting yang tercatat pada hasil perhitungan aplikasi HEC-RAS pada saat kondisi eksisting sungai tanpa mitigasi atau tanpa kolam retensi adalah 16.429,43 m³.

4.4.4 Pengolahan Data Simulasi Hidrolika HEC-RAS 6.3.1 dan Pembahasan

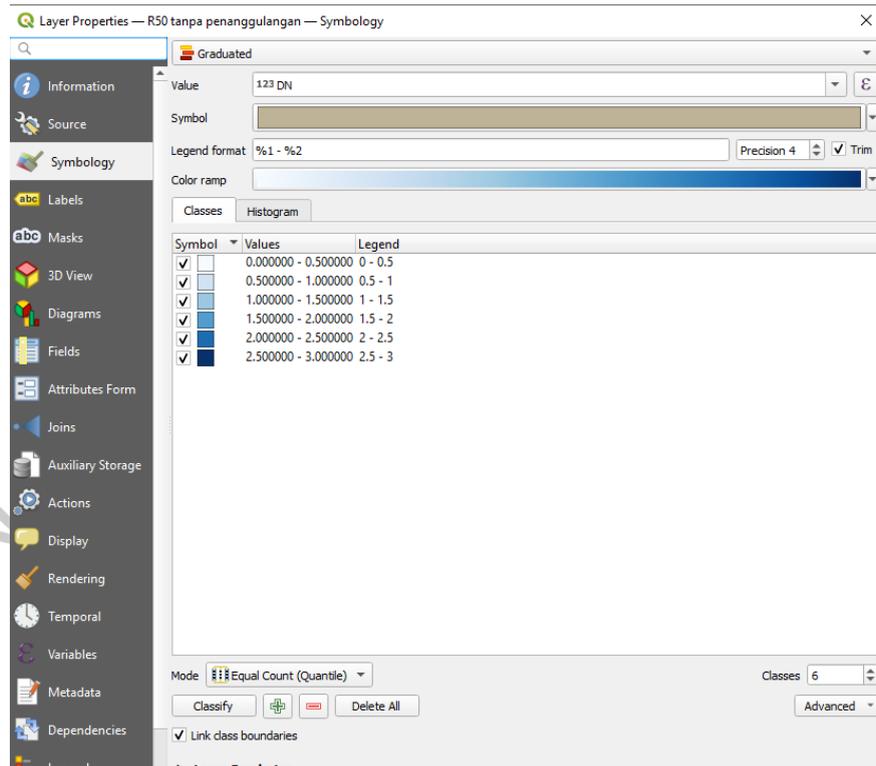
Selanjutnya seluruh hasil hidrolika pada HEC-RAS akan dioleh menggunakan Aplikasi QGIS 3.22.11 untuk menghasilkan angka pada luas limpasan dan kedalaman banjir. Berikut ini adalah proses dalam mengolah hasil simulasi hidrolika dengan aplikasi QGIS:

1. *Export layer* pada aplikasi HEC-RAS dengan cara mengklik *layer* yang sudah selesai lalu menyimpan *format*-nya menjadi bentuk *file .tif*. lalu hasil tersebut akan digunakan pada aplikasi QGIS.



Gambar 4.51 Hasil *file export* pada QGIS 6.33.11 (Dokumentasi Pribadi, 2023)

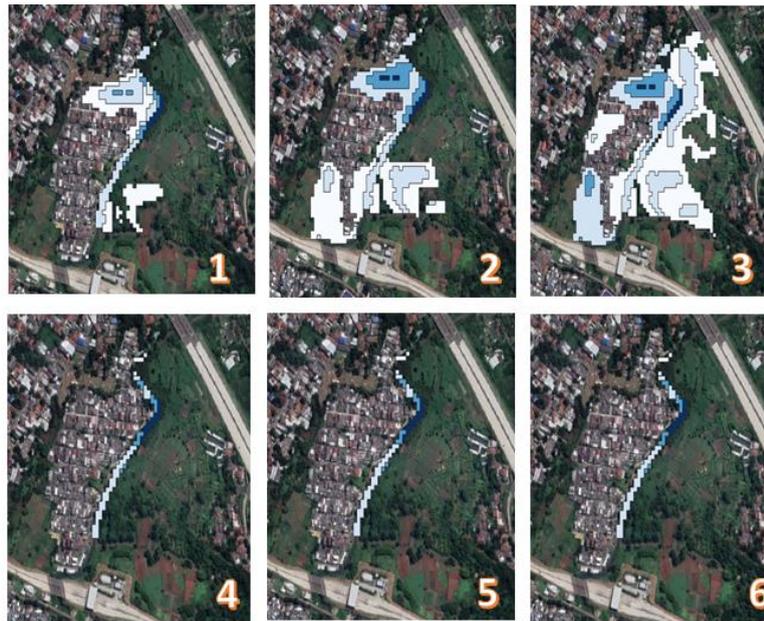
2. *File* yang sudah dimasukkan di aplikasi QGIS akan diubah data yang semula berbentuk *raster* menjadi *layer vector* dengan cara memilih fitur *raster* lalu memilih *conversion* dengan mengklik *polygonise (raster to vector)*.
3. *Layer* yang sudah berubah menjadi data *vector* disesuaikan warnanya berdasarkan kedalaman dengan cara diatur melalui *symbology properties*.



Gambar 4.52 Pengaturan Warna Berdasarkan Kedalaman pada QGIS 6.33.11 (Dokumentasi Pribadi, 2023)

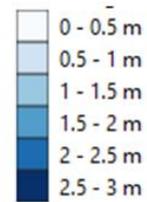
4. Lalu selanjutnya *layer* yang sudah diubah propertiesnya akan running pada fitur *raster layer unique values report* yang berguna untuk menemukan kedalaman banjir dan luas limpasan banjir.

Seluruh hasil simulasi hidrolika HEC-RAS dimulai dari periode ulang 10, 25, dan 50 tahun pada kondisi sebelum dan sesudah adanya kolam retensi diolah pada QGIS dengan hasil sebagai berikut:



Legenda

- 1: Periode Ulang 10 Tahun Tanpa Penanggulangan
- 2: Periode Ulang 25 Tahun Tanpa Penanggulangan
- 3: Periode Ulang 50 Tahun Tanpa Penanggulangan
- 4: Periode Ulang 10 Tahun Dengan Kolam Retensi
- 5: Periode Ulang 25 Tahun Dengan Kolam Retensi
- 6: Periode Ulang 50 Tahun Dengan Kolam Retensi



Gambar 4.53 Hasil Kedalaman dan Limpasan Banjir Pada Simulasi Hidrolika di Graha Mas Serpong (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Tabel 4.45 Hasil Kedalaman dan Luas Limpasan Banjir Pada Simulasi Hidrolika di Perumahan Graha Mas Serpong

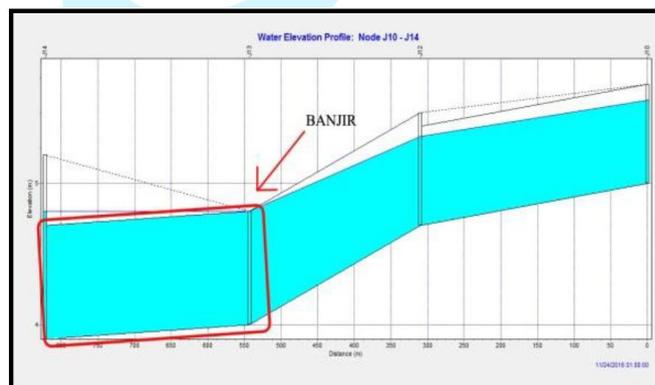
Kondisi Geometri	Periode Ulang (Tahun)	Kedalaman Limpasan Banjir (m)			Total Luas Limpasan (m ²)
		Terendah	Terdalam	Sungai	
Tanpa Mitigasi	10	0,004	2,15	2,81	16567,23
	25	0,002	2,67	2,90	39858,42
	50	0,001	2,93	2,98	75003,11
Dengan Kolam Retensi	10	0	0	2,58	0
	25	0	0	2,68	0
	50	0	0	2,71	0

Sumber: Diolah Penulis (2023)

Dapat dibandingkan dari hasil pada Gambar 4.53 mengenai luas limpasan banjir pada saat sebelum dan sesudah adanya kolam retensi, yaitu tidak adanya limpasan setelah adanya kolam retensi. Berdasarkan Tabel 4.45 terlihat perubahan luas limpasan banjir, pada saat tanpa mitigasi luas banjir yang terjadi cukup besar, yaitu sebesar 16567,23 m² (periode 10 tahun), 39858,42 m² (periode 25 tahun), dan 75003,11 m² (periode 50 tahun). Setelah adanya kolam retensi banjir pada Anak Sungai Angke di Perumahan Graha Mas Serpong sudah tidak melimpaskan air yang tidak dapat ditampungnya, sehingga luas limpasan yang tercatat hanya berada pada aliran Anak Sungai Angke, yaitu sebesar 0 m² pada periode ulang 10, 25, dan 50 tahun diketiga kedalaman 3, 5, dan 8 m.

4.5 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Rio Novi Awan, Imam Suprayogi, dan Jecky Asmura pada tahun 2019 dengan judul “Perencanaan Kolam Retensi pada Perumahan Mutiara Witayu Kecamatan Rumbai Kota Pekanbaru”, didapatkannya hasil penelitian mengenai simulasi EPA SWMM untuk kondisi eksisting saluran sebelum adanya penanggulangan, terjadi banjir di beberapa saluran seperti pada Gambar 4.54.



Gambar 4.54 Water Elevation Profile Node J10-J12-J13-J14 Pada Penelitian Terdahulu (Rio Novi Awan, dkk, 2019)

Untuk mengatasi masalah banjir yang ada dilakukan skematisasi dengan penambahan kolam retensi yang dilakukan sebanyak 11 kali. Pada

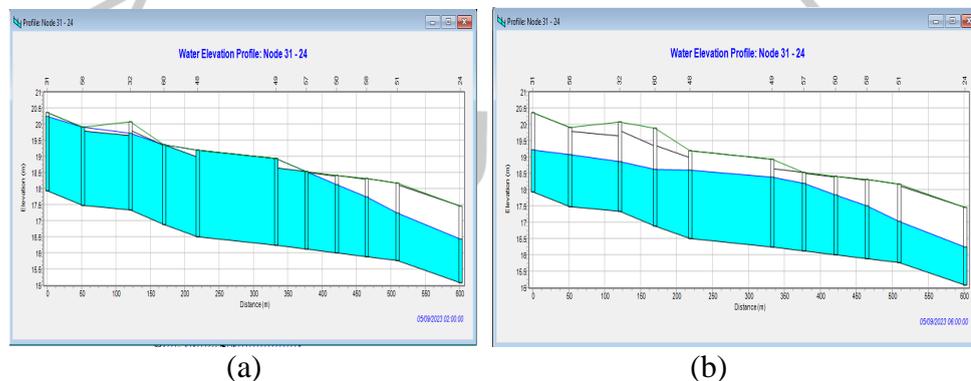
Tabel 4.46 dari percobaan yang ke-9 dengan maksimal kedalaman 1 m banjir sudah dapat diatasi, dan percobaan ke 11 dilakukan untukantisipasi dengan cara membesarkan volume kolam retensi.

Tabel 4.46 Hasil Rekapitulasi Simulasi Storage Unit Pada Penelitian Terdahulu

Simulasi ke	Kedalaman Maksimum	Luas	Volume	Volume Banjir
	(m)	(m ²)	(m ³)	(10 ⁶ Itr)
1	1,0	15.000	15.000	7,237
2	1,0	16.000	16.000	6,237
3	1,0	17.000	17.000	5,235
4	1,0	18.000	18.000	4,234
5	1,0	19.000	19.000	3,231
6	1,0	20.000	20.000	2,227
7	1,0	21.000	21.000	1,219
8	1,0	22.000	22.000	0,206
9	1,0	23.000	23.000	0
10	1,0	24.000	24.000	0
11	1,0	25.000	25.000	0

Sumber: (Rio Novi Awan, dkk, 2019)

Rio Novi Awan, dkk menyimpulkan bahwa mitigasi menggunakan kolam retensi terbukti efektif untuk menyelesaikan masalah banjir pada lokasi penelitiannya. Dapat dibandingkan dengan hasil pada penelitian ini, untuk simulasi pada EPA SWMM sama seperti penelitian terdahulu bahwa mitigasi menggunakan kolam retensi efektif untuk menanggulangi banjir yang ada pada Anak Sungai Angke di Perumahan Graha Mas Serpong, hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.55 dengan hasil pada periode ulang 50 tahun.



Gambar 4.55 Elevasi Air pada Anak Sungai Angke (a) Sebelum Kolam Retensi (b) Sesudah Kolam Retensi Pada Periode 50 Tahun(Dokumentasi Pribadi, 2023)

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu adalah penggunaan Aplikasi HEC-RAS untuk mensimulasikan limpasan banjir untuk mengetahui luasan limpasan banjir dan kedalaman banjir sebelum ataupun sesudah adanya kolam retensi. Hasil mengenai luas limpasan banjir pada saat sebelum dan sesudah adanya kolam retensi (periode ulang 50 tahun) pada aplikasi HEC-RAS dapat dilihat pada Gambar 4.56 dan terlihat bahwa setelah adanya penggunaan kolam retensi aliran pada Anak Sungai Angke sudah tidak lagi melimpas kesekitarnya.



Gambar 4.56 Limpasan Banjir pada Anak Sungai Angke (a) Sebelum Kolam Retensi (b) Sesudah Kolam Retensi Pada Periode 50 Tahun(Dokumentasi Pribadi, 2023)