

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Penyajian Data

4.1.1 Survei Lapangan dan Wawancara

Objek yang terdapat pada penelitian ini adalah Anak Sungai Angke yang terletak pada Perumahan Pamulang Asri 2 dengan Panjang sungai Sta. 0+180 hingga Sta. 0+10. Survei ini dilakukan untuk mengetahui kondisi lapangan (Gambar 4.1) serta untuk mengetahui titik dan delineasi banjir akibat limpasan banjir berdasarkan keterangan warga setempat terkait banjir-banjir terdahulu dan dokumentasi kejadiannya.



Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian Anak Sungai Angke (Dokumentasi Pribadi, 2025)



Gambar 4. 2 Survei Lapangan Anak Sungai Angke pada Perumahan Pamulang Asri 2 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

4.1.2 Ketersediaan Data Hujan

Analisis hidrologi menggunakan DAS anak sungai angke yang terletak di Perumahan Pamulang Asri 2. Oleh karena itu, data hujan yang mewakili bagian dari anak sungai angke tetap diperlukan. Stasiun atau pos hujan yang digunakan antara lain; stasiun Klimatologi Bogor, Stasiun Hujan Fakultas Teknik Kampus Universitas Indonesia, Stasiun Klimatologi Tangerang Selatan, dan Stasiun Meteorologi

Soekarno Hatta. Pada Tabel 4.1 merupakan keterangan lokasi stasiun hujan dan Tabel 4.2 merupakan keterangan ketersediaan data hujan pada tahun 2013-2023 pada setiap stasiun hujan.

Tabel 4. 1 *Data stasiun hujan yang digunakan*

Nama Stasiun	Koordinat		Elevasi (m)	Kab. / Kota-
	lintang	bujur		
Sta. K. Bogor	-6,5000	106,75000	207	Bogor
Sta. K. Tangerang selatan	-6,36229	106,82406	69	Tangerang Selatan
Sta. H. FT UI	-6,26151	106,75084	27	Depok
Sta. M. Soekarno Hatta	-6,12000	106,65000	11	Tangerang

Sumber : BMKG dan BMWSCC (2025)

Tabel 4. 2 *Ketersediaan data hujan*

No	Nama Stasiun	Data Hujan Tahunan										
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Sta. K. Bogor	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	Sta. K. Tangerang selatan	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	Sta. H. FT UI	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	Sta. M. Soekarno Hatta	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Sumber : BMKG dan BBWSCC (2025)

4.1.3 Data Penampang Sungai

Pada analisis hidrolika di Aplikasi HEC-RAS, data penampang sungai digunakan untuk mendapatkan tinggi muka air, serta luas dan kedalaman akibat limpasan debit banjir untuk periode ulang 10, 25, dan 50 tahun. Bentuk penampang sungai didapatkan dari data DEMNAS. Dibutuhkan data dimensi penampang sungai yang detail agar hasil simulasi pada penampang sungai dapat mendekati kondisi aslinya. Oleh karena itu, penggabungan data dimensi penampang Anak Sungai Angke yang dimiliki oleh Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane

(BBWSCC) dan survei yang dilakukan langsung oleh peneliti untuk mendapatkan detail dimensi penampang sungai yang aktual pada Perumahan Pamulang Asri 2. Beberapa pengaturan dapat dilakukan pada Aplikasi HEC-RAS dengan mengubah penampang sungai dari DEMNAS agar sesuai dengan hasil survei lapangan. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.3 sampai Tabel 4.6 untuk data dimensi penampang sungai.

Tabel 4. 3 Data penampang melintang Anak Sungai Angke Sta. 0+180 Sta. 0+140 pada Perumahan Pamulang Asri 2

Titik	Stasiun									
	0+180		0+170		0+160		0+150		0+140	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
Titik 1	0	42,35	0	42,35	0	42,85	0	42,85	0	43,1
Titik 2	0,25	42,26	0,25	42,26	0,25	42,78	0,25	42,78	0,25	42,95
Titik 3	2,85	39,66	2,9	39,66	2,8	40,23	2,83	40,23	3	40,2
Titik 4	6,37	39,54	6,42	39,54	6,32	40,08	6,35	40,08	6,42	40,15
Titik 5	8,97	41,88	9,07	41,88	8,87	42,37	8,95	42,37	9,27	42,31
Titik 6	9,22	42,21	9,32	42,21	9,12	42,54	9,25	42,54	9,52	42,56

Sumber : Dokumentasi Pribadi (2025)

Tabel 4. 4 Data penampang melintang Anak Sungai Angke Sta. 0+130 Sta. 0+90 pada Perumahan Pamulang Asri 2

Titik	Stasiun									
	0+130		0+120		0+110		0+100		0+90	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
Titik 1	0	43,1	0	43,47	0	43,47	0	42,83	0	42,83
Titik 2	0,25	42,95	0,25	43,39	0,25	43,39	0,25	42,76	0,25	42,76
Titik 3	3	40,2	2,95	40,69	3,05	40,69	3,1	39,91	3	39,91
Titik 4	6,42	40,15	6,37	40,52	6,17	40,52	6,32	39,83	6,42	39,83
Titik 5	9,27	42,31	9,17	43,12	9,22	43,12	9,29	42,56	9,27	42,56
Titik 6	9,52	42,56	9,42	43,19	9,47	43,19	9,52	42,63	9,52	42,63

Sumber : Dokumentasi Pribadi (2025)

Tabel 4. 5 Data penampang melintang Anak Sungai Angke Sta. 0+80 Sta. 0+40 pada Perumahan Pamulang Asri 2

Titik	Stasiun									
	0+80		0+70		0+60		0+50		0+40	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
Titik 1	0	42,57	0	42,57	0	42,93	0	42,93	0	43,54

Titik	Stasiun									
	0+80		0+70		0+60		0+50		0+40	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
Titik 2	0,25	42,49	0,25	42,49	0,25	42,88	0,25	42,88	0,25	43,48
Titik 3	3,12	39,62	3,2	39,62	3,2	39,93	3	39,93	3,15	40,48
Titik 4	6,57	39,87	7,05	39,87	7,05	39,97	7,5	39,97	7,15	40,33
Titik 5	9,5	41,68	9,75	41,68	9,75	42,52	10,25	42,52	10,05	43,06
Titik 6	9,75	41,74	10	41,74	10	42,59	10,5	42,59	10,3	43,31

Sumber : Dokumentasi Pribadi (2025)

Tabel 4. 6 Data penampang melintang Anak Sungai Angke Sta. 0+30 Sta. 0+10 pada Perumahan Pamulang Asri 2

Titik	Stasiun					
	0+30		0+20		0+10	
	x	y	x	y	x	y
Titik 1	0	43,54	0	43,6	0	43,45
Titik 2	0,25	43,48	0,25	43,54	0,25	43,39
Titik 3	3,25	40,48	3,25	40,54	3,5	40,14
Titik 4	7,25	40,33	7,75	40,55	8,25	40,08
Titik 5	10,25	43,06	10,75	43,02	11,75	43,28
Titik 6	10,5	43,31	11	43,3	12	43,32

Sumber : Dokumentasi Pribadi (2025)

4.2 Analisis Karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS)

4.2.1 Analisis DAS Angke dengan QGIS Versi 3.28

A. Input Sub DAS berdasarkan DEMNAS

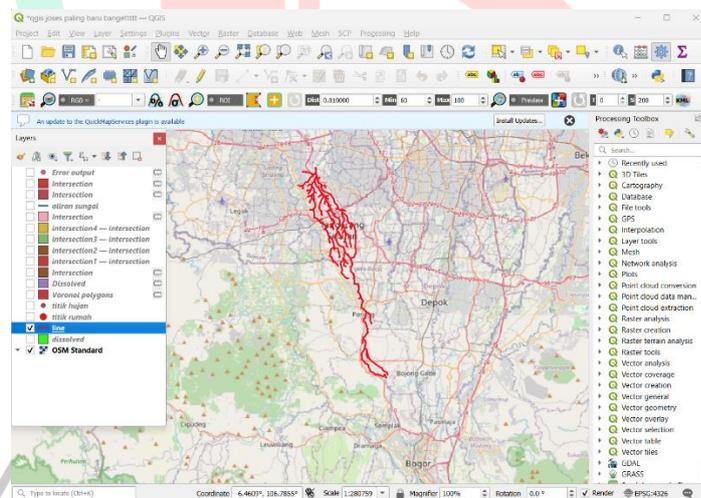
Sub DAS yang didapatkan berasal dari pengolahan dengan menggunakan aplikasi *Global Mapper* versi 24.1. Sub DAS tersebut merupakan data yang didapatkan dari DEMNAS berupa topografi sehingga secara otomatis akan muncul beberapa sub DAS-nya, sub DAS yang keluar merupakan sub DAS keseluruhan yang dimiliki oleh DEMNAS. Peta sub DAS yang digunakan menggunakan ukuran 32-bit sehingga memiliki ketelitian yang cukup untuk melakukan penelitian ini, namun bisa menggunakan resolusi yang lebih tinggi lagi untuk mendapatkan peta topograafi yang lebih akurat sehingga dapat memberikan hasil yang lebih optimal. Kemudian sub DAS tersebut dimasukkan dalam Aplikasi QGIS versi 3.28 untuk dilakukan analisis selanjutnya (Gambar 4.3).



Gambar 4. 3 Sub DAS dengan DEMNAS pada Aplikasi QGIS 3.28 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

B. Tracing alur Anak Sungai Angke

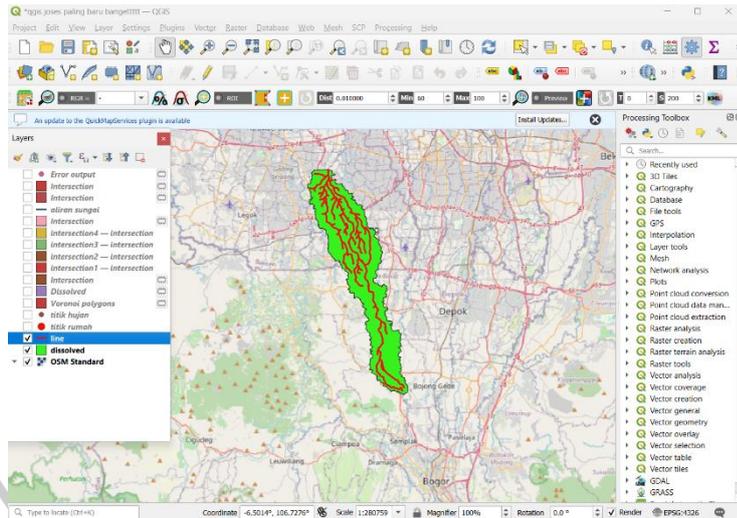
Dengan menggunakan *layer quick map service* pada menu *open street map – web*, *layer google maps* dapat keluar dan dapat digunakan sebagai pedoman dalam melakukan *tracing* alur anak sungai angke dari hulu hingga ke lokasi penelitian. *Tracing* alur anak sungai menggunakan menu *edit – add line feature* (Gambar 4.4).



Gambar 4. 4 Tracing alur Sungai Angke pada Aplikasi QGIS 3.28 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

C. Menentukan DAS Anak Angke

Penentuan DAS Anak Angke dilakukan dengan menghapus sub DAS yang tidak dilalui *tracing* Anak Sungai Angke. Setelah didapatkannya sub DAS yang mewakili alur anak sungainya, sub DAS tersebut kemudian dilebur atau *dissolve* menjadi satu DAS yang merupakan hasil DAS Anak Sungai Angke oleh peneliti (Gambar 4.5).

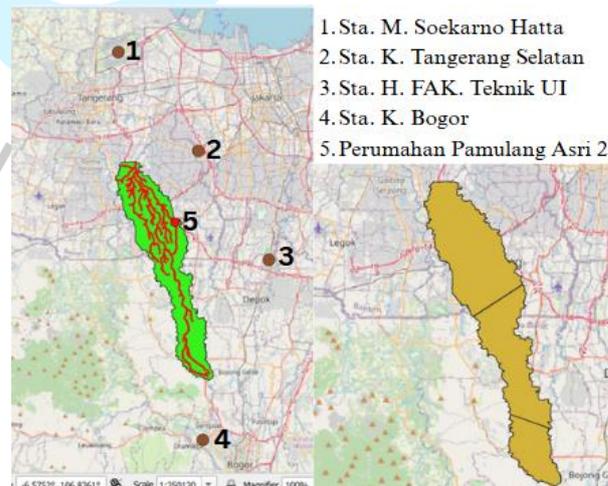


Gambar 4. 5 DAS Anak Sungai Angke pada Aplikasi QGIS 3.28 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

4.2.2 Analisis Rasio Pengaruh Stasiun Hujan Terhadap DAS dengan QGIS Versi 3.28

A. Penentuan titik stasiun hujan dan pengaruhnya (Poligon Thiessen)

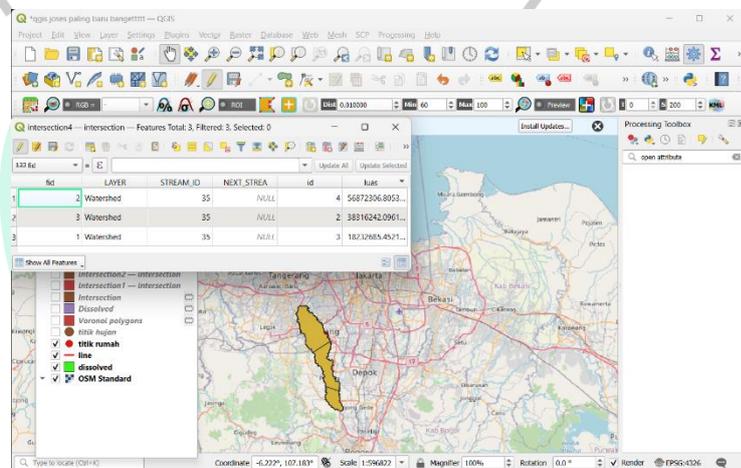
Penentuan titik lokasi stasiun hujan menggunakan menu *edit – add point feature*. Setelah mendapatkan titik stasiun hujan, penentuan pengaruh setiap stasiun hujan terhadap DAS dapat dilakukan. Poligon Thiessen tersebut didapat dengan menggunakan menu *processing – toolbox – Voronoi polygon*. Pada saat menggunakan *Voronoi polygon*, pengaturan jangkauan stasiun hujan dilakukan dan didapatkan pengaruh jangkauan titik stasiun hujan terhadap DAS tersebut (Gambar 4.6).



Gambar 4. 6 Posisi dan pengaruh stasiun hujan pada Aplikasi QGIS 3.28 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

B. Rasio Pengaruh stasiun hujan terhadap DAS (Poligon Thiessen)

Rasio pengaruh stasiun hujan terhadap DAS dapat dicari dengan menghitung pengaruh luas dari setiap stasiun hujan terhadap luas keseluruhan DAS penelitian. Perhitungan tersebut dilakukan dengan menggunakan menu *open attribute – open calculator* dan memasukan rumus/formula “*area*”/”*sum area*”. Gambar 4.7 dan Tabel 4.7 merupakan hasil dari rasio pengaruh setiap stasiun hujan terhadap DAS. Hasil dari rasio tersebut dapat digunakan dalam mencari curah hujan kawasan.



Gambar 4. 7 Rasio pengaruh stasiun hujan terhadap DAS Anak Sungai Angke pada Aplikasi QGIS 3.28 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

Tabel 4. 7 Rasio pengaruh stasiun hujan terhadap DAS Anak Sungai Angke

Nama Stasiun Hujan	Luas Pengaruh (km ²)	Rasio Pengaruh Stasiun Hujan
St. K. Bogor	18,23	$18,23 / 113,42 = 0,16$
St. H. FT. UI	38,32	$38,32 / 113,42 = 0,34$
St. K. Tangerang Selatan	56,87	$56,87 / 113,42 = 0,50$
	113,42	1

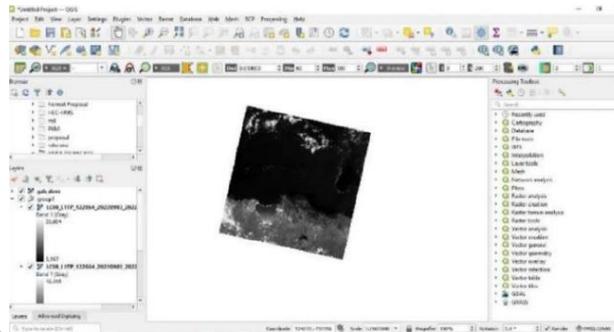
Sumber: Diolah oleh penulis (2025)

4.2.3 Analisis Tutupan Lahan DAS Anak Sungai Angke dengan QGIS Versi 3.28

A. Input land satellite images QGIS versi 3.28

Pada aplikasi QGIS versi 3.28, *land satellite images* yang didapatkan dari laman resmi *United States Geological Survey* (USGS) dimasukkan sebagai

layer baru (Gambar 4.8). *Land satellite images* yang digunakan merupakan pengambilan gambar satelit terbaru pada tahun 2025.



Gambar 4.8 *Land satellite images* pada Aplikasi QGIS 3.28 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

B. Memunculkan tutupan lahan

Setelah memasukkan *land satellite images* pada layer QGIS, pengaturan dilakukan menggunakan menu *Build Virtual Raster* dan kemudian memilih layer *land satellite*. Tujuan dari menu tersebut adalah untuk memunculkan tutupan lahan yang terdapat pada *land satellite images*. Namun, tutupan lahan yang muncul merupakan tutupan lahan secara keseluruhan *land satellite images* yang digunakan dan bukan hanya pada DAS lokasi penelitian.

C. Memunculkan tutupan lahan hanya untuk DAS Anak Angke

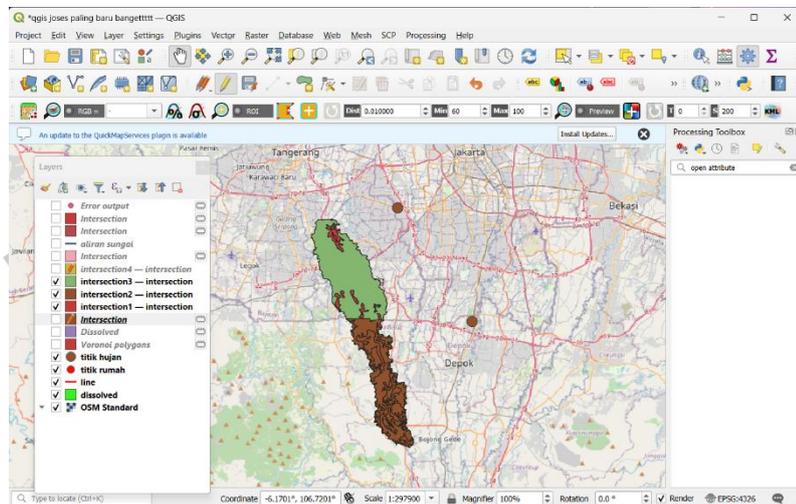
Dalam mendapatkan tutupan lahan hanya pada DAS yang diinginkan, pengaturan dilakukan dengan menggunakan menu *Raster – Extraction – Clip Raster by Mask Layer* dan memilih *Layer Build Virtual Raster* pada tahanan kedua sebagai *Input Layer* serta *Shapefile* DAS yang sudah dibuat sebelumnya sebagai *Mask Layer*.

D. Membuat jenis tutupan lahan

Tutupan lahan memiliki beberapa jenis yakni lahan terbangun, sawah, tanah terbuka, hutan, badan air, semak belukar, dan lain-lain. Untuk menentukan jenis tutupan lahan pada Aplikasi QGIS, menu yang digunakan adalah *SCP – Dock Panel – Create a ROI Polygon* dengan *Plugin Semi Automatic Classification*. *ROI Polygon* tersebut dapat digunakan untuk menentukan sampel-sampel tutupan lahan yang sesuai dengan jenisnya masing-masing.

Selanjutnya, diharuskan menentukan beberapa jenis dari tutupan lahan pada keseluruhan DAS dilakukan. Menu yang digunakan adalah *SCP – Hand Processing – Classification – Use MC ID – Run*. Proses ini nantinya akan

menentukan jenis tutupan lahan sesuai dengan sampel yang telah diambil pada *ROI Polygon* dan menggunakan berbeda-beda warna untuk menjadi pembeda jenis tutupan lahan. Pada Gambar 4.9 merupakan hasil dari jenis tutupan lahan untuk DAS Anak Angke.



Gambar 4. 9 Jenis tutupan lahan pada DAS Angke dengan Aplikasi QGIS 3.28 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

E. Mengetahui luas masing-masing tutupan lahan dan mengetahui koefisien aliran permukaan

Setelah mendapatkan jenis tutupan lahan pada DAS seperti Gambar 4.9, luas dari masing-masing tutupan lahan dicari. Luas dapat dicari menggunakan menu *ROI – Calculator – Area I* (Gambar 4.10). Setelah mendapatkan luas dari setiap tutupan lahan, kemudian diolah untuk mendapatkan koefisien aliran permukaan menggunakan Rumus 2.1. Hasil dari perhitungan tersebut adalah 0,5943 (Tabel 4.8).

id	LAYER	STREAM_ID	NEXT_STREA	OBJECT_ID_1	NAME	Provinsi	PL_19_R	Legenda	Area
1	Watershed	35	NULL	25554	Banten	Banten	2012	Pemukiman	57,67

id	LAYER	STREAM_ID	NEXT_STREA	OBJECT_ID_1	NAME	Provinsi	PL_19_R	Legenda	Area
1	Watershed	35	NULL	25972	Banten	Banten	20091	Pertanian Lahan...	0,78
2	Watershed	35	NULL	25975	Banten	Banten	20091	Pertanian Lahan...	0,26
3	Watershed	35	NULL	26402	Banten	Banten	20092	Pertanian Lahan...	0,19
4	Watershed	35	NULL	26403	Banten	Banten	20092	Pertanian Lahan...	0,23
5	Watershed	35	NULL	26415	Banten	Banten	20092	Pertanian Lahan...	0,45
6	Watershed	35	NULL	26454	Banten	Banten	20092	Pertanian Lahan...	0,02
7	Watershed	35	NULL	25228	Banten	Banten	2012	Pemukiman	0,22
8	Watershed	35	NULL	25976	Banten	Banten	20091	Pertanian Lahan...	0,54
9	Watershed	35	NULL	26014	Banten	Banten	20091	Pertanian Lahan...	2,35

id	LAYER	STREAM_ID	NEXT_STREA	OBJECT_ID_1	NAME	Provinsi	PL_19_R	Legenda	area
1	Watershed	35	NULL	468386	NULL	Jawa Barat	5001	Badan Air	0,11
2	Watershed	35	NULL	468382	NULL	Jawa Barat	2012	Pemukiman	27,84
3	Watershed	35	NULL	468356	NULL	Jawa Barat	20093	Sawah	7,68
4	Watershed	35	NULL	468362	NULL	Jawa Barat	20091	Pertanian Lahan...	14,84

Gambar 4. 10 Luas dari masing-masing tutupan lahan pada Aplikasi QGIS 3.28 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

Tabel 4. 8 Koefisien aliran permukaan pada DAS Anak Sungai Angke

No	Tutupan Lahan	Ci	A (km ²)	A (%)	Ci x A	C
1	Lahan terbangun	0,7	85,73	75,59	60,01	0,5943
2	Tanah terbuka	0,1	19,66	17,33	1,97	
3	Sawah	0,7	7,68	6,771	5,38	
4	Badan air	0,15	0,35	0,309	0,05	
Σ			113,42	100	67,41	

Sumber: Diolah oleh penulis (2025)

4.3 Analisis Hidrologi

4.3.1 Curah Hujan Kawasan Metode Poligon Thiessen

Metode curah hujan kawasan yang digunakan untuk DAS Anak Angke adalah metode Poligon Thiessen. Meskipun luas DAS Anak Angke memiliki luas dibawah 500 km², metode ini merupakan metode yang mempunyai ketelitian yang cukup baik dikarenakan setiap stasiun hujan yang memiliki pengaruh masing-masing terhadap wilayah DAS. Berdasarkan data hujan bulanan yang diperoleh, data curah hujan kawasan tiap tahun dapat dicari menggunakan Rumus 2.3 dan dijabarkan di Tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Curah hujan maksimum tahunan DAS Angke

Tahun	Curah Hujan Maksimum				Rerata Regional
	St. K. Bogor	St. H. FT. Universitas Indonesia	St. K. Tangerang Selatan	St. M. Soekarno Hatta	
	0,16	0,34	0,50	0,00	
2013	97,40	101,70	96,00	397,40	98,15
2014	169,10	151,50	119,50	104,10	138,28
2015	155,80	97,20	117,00	127,70	116,55
2016	108,60	141,50	97,00	147,60	113,90
2017	117,60	105,70	80,20	125,50	94,83
2018	134,50	95,20	86,30	85,40	97,05
2019	141,00	122,60	77,40	57,00	102,89
2020	122,90	155,20	208,90	147,90	176,93
2021	95,90	132,60	118,90	79,40	119,83
2022	155,20	119,40	123,80	150,60	127,36
2023	148	86,5	105	107,6	105,661

Sumber: Diolah oleh penulis (2025)

4.3.2 Analisis Frekuensi Curah Hujan Periode Ulang

Tujuan dari analisis frekuensi itu sendiri adalah untuk mengetahui besarnya curah hujan periode ulang. Penentuan curah hujan periode ulang didasari oleh jenis distribusi yang cocok dan memenuhi syarat pada DAS tersebut. Berikut merupakan hasil analisis frekuensi hujan periode ulang:

A. Parameter Statistik

Perhitungan parameter statistik untuk curah hujan periode ulang menggunakan rumus 2.6 hingga rumus 2.15, dengan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 4.10 dan Tabel 4.11.

Tabel 4. 10 Perhitungan parameter statistik untuk 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	98,15	-19,25	370,68	-7136,70	137403,06
2014	138,28	20,88	435,97	9102,96	190068,44
2015	116,55	-0,86	0,73	-0,63	0,54
2016	113,90	-3,50	12,28	-43,05	150,86
2017	94,83	-22,58	509,73	-11508,18	259821,67
2018	97,05	-20,35	414,11	-8427,04	171487,85
2019	102,89	-14,51	210,55	-3055,05	44329,35
2020	176,93	59,53	3543,86	210967,10	12558939,42
2021	119,83	2,43	5,90	14,31	34,75
2022	127,36	9,96	99,13	987,00	9827,10
2023	105,66	-11,74	137,89	-1619,28	19014,94
Σ	1291,44	0,00	5740,83	189281,45	13391077,98
X _r			117,40		
S _d			23,96		
C _s			1,68		
C _k			6,83		
C _v			0,20		

Sumber: Diolah oleh penulis (2025)

Tabel 4. 11 Perhitungan parameter statistik untuk log normal dan log pearson III

Tahun	Rmax (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	98,15	1,99	-0,07	0,0049833	-0,0003518	0,0000248
2014	138,28	2,14	0,08	0,0061285	0,0004798	0,0000376
2015	116,55	2,07	0,00	0,0000161	0,0000001	0,0000000
2016	113,90	2,06	-0,01	0,0000356	-0,0000002	0,0000000
2017	94,83	1,98	-0,09	0,0073198	-0,0006263	0,0000536
2018	97,05	1,99	-0,08	0,0056961	-0,0004299	0,0000324
2019	102,89	2,01	-0,05	0,0025098	-0,0001257	0,0000063
2020	176,93	2,25	0,19	0,0343454	0,0063651	0,0011796
2021	119,83	2,08	0,02	0,0002588	0,0000042	0,0000001

Tahun	Rmax (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
2022	127,36	2,11	0,04	0,0018103	0,0000770	0,0000033
2023	105,66	2,02	-0,04	0,0014878	-0,0000574	0,0000022
Σ	1291,44	22,69	0,00	0,0645914	0,0053348	0,0013399
X_r				2,06		
S_d				0,08		
C_s				1,26		
C_k				5,40		
C_v				0,04		

Sumber: Diolah oleh penulis (2025)

B. Pemilihan Jenis Distribusi

Berdasarkan perhitungan pada parameter statistik, jenis distribusi yang memenuhi syarat dan kriteria dapat dipilih. Persyaratan untuk jenis distribusi dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan hasil pemilihan jenis distribusi pada Tabel 4.12.

Tabel 4. 12 Pemilihan jenis distribusi

Jenis Sebaran	Hasil Perhitungan	Syarat	Keterangan
Normal	1,6819	$C_s = 0$	tidak memenuhi
	6,8284	$C_k = 3$	tidak memenuhi
Log Normal	1,2561	$C_s = C_v^2 + 3C_v$	tidak memenuhi
	5,3972	$C_k = 5,383$	tidak memenuhi
	0,0390	$C_v \sim 0,06$	hampir memenuhi
Log Pearson type III	1,2561	$C_s \neq 0$	memenuhi
	5,3972	$C_k = 5,383$	memenuhi
	0,0390	$C_v \sim 0,3$	memenuhi
Gumbel	0,2041	$C_s = 1,14$	tidak memenuhi
	6,8284	$C_k = 5,4$	tidak memenuhi

Sumber: Diolah oleh penulis (2025)

Berdasarkan pada Tabel 4.12, maka dapat disimpulkan bahwa Log Pearson III merupakan jenis distribusi yang memenuhi syarat. Maka dari itu, distribusi frekuensi yang digunakan adalah Log Pearson III.

C. Distribusi Frekuensi

Perhitungan curah hujan distribusi frekuensi menggunakan Log Pearson III untuk periode ulang menggunakan Rumus 2.13. Curah hujan periode ulang 10, 25, dan 50 tahun digunakan menyesuaikan dengan aliran sungai anak sungai angsa yang bukan merupakan aliran sungai utama. Penggunaan curah periode ulang 10, 25, dan 50

tahun untuk jenis distribusi Log Pearson III dihitung menggunakan K_T yang diinterpolasi (Tabel 4.13) untuk harga C_s sebesar 1,26 dan perhitungannya pada Tabel 4.14.

Tabel 4. 13 Harga K_T Log Pearson III

Koefisien Skewness (C_s)	Periode Ulang T Tahun							
	1,0101	2	5	10	25	50	100	200
	Peluang (%)							
	99	50	20	10	4	2	1	0,5
1,3	-1,384	-0,21	0,719	1,339	2,108	2,666	3,211	3,745
1,26	-1,413	-0,203	0,725	1,339	2,099	2,648	3,184	3,708
1,2	-1,449	-0,195	0,732	1,34	2,087	2,626	3,149	3,661

Sumber: Diolah oleh penulis (2025)

Tabel 4. 14 Curah hujan periode ulang dengan jenis distribusi Log Pearson III

Periode Ulang T Tahun	Log X_r	S_d	K_T	Log X_T	X_T (mm)
10			1,339	2,170	147,96
25	2,06	0,08	2,099	2,231	170,28
50			2,648	2,275	188,51

Sumber: Diolah oleh penulis (2025)

Berdasarkan hasil pada Tabel 4.14, tinggi curah hujan periode ulang 10, 25, dan 50 tahun berturut-turut adalah 147,96 mm, 170,28 mm, dan 188,51 mm. Tinggi curah hujan maksimum dalam sehari pada tiap periode ulang dapat digunakan untuk perhitungan intensitas hujan.

D. Uji Cara Grafis

Persyaratan lain untuk menentukan jenis distribusi adalah dengan melakukan pengujian cara grafis pada kertas distribusi. Adapun tata cara pengujian grafis dapat dilihat pada sub bab 2.3.3.4 dan menggunakan Rumus 2.16. Kertas distribusi yang digunakan pada pengujian ini menggunakan kertas distribusi untuk Log Pearson III, dengan peluang pada sumbu X dan tinggi curah hujan pada sumbu Y. Perhitungan dilakukan untuk titik-titik data (Tabel 4.15) dan garis teoritis (Tabel 4.16).

Tabel 4. 15 Plotting data pada kertas probabilitas

Rank	Tahun	X_i (mm) Sumbu Y	$y = \ln X_i$	Peluang (%) Sumbu X	$T = 1/P$
1	2017	94,83	4,552	8,33	12,00
2	2018	97,05	4,575	16,67	6,00

Rank	Tahun	Xi (mm) Sumbu Y	y = ln Xi	Peluang (%) Sumbu X	T = 1/P
3	2013	98,15	4,587	25,00	4,00
4	2019	102,89	4,634	33,33	3,00
5	2023	105,66	4,660	41,67	2,40
6	2016	113,90	4,735	50,00	2,00
7	2015	116,55	4,758	58,33	1,71
8	2021	119,83	4,786	66,67	1,50
9	2022	127,36	4,847	75,00	1,33
10	2014	138,28	4,929	83,33	1,20
11	2020	176,93	5,176	91,67	1,09
Jumlah		1291	52,240	550,00	36,24
Y_r			4,749		
S_d			0,08		
C_s			1,26		

Sumber: Diolah oleh penulis (2025)

Tabel 4. 16 Garis teoritis pada kertas probabilitas

T (tahun)	Probabilitas (%)	K_T	$Y_T =$ $Y_{rt} + (K_t \times$ $S_d)$	$R_{max} =$ $\text{arc ln } y_T$ (mm)
1,0101	1,00	-1,413	4,64	103,1
2	50	-0,203	4,73	113,6
5	80	0,725	4,81	122,4
10	90	1,339	4,86	128,6
25	96	2,099	4,92	136,7
50	98	2,648	4,96	142,9
100	99	3,184	5,00	149,1

Sumber: Diolah oleh penulis (2025)

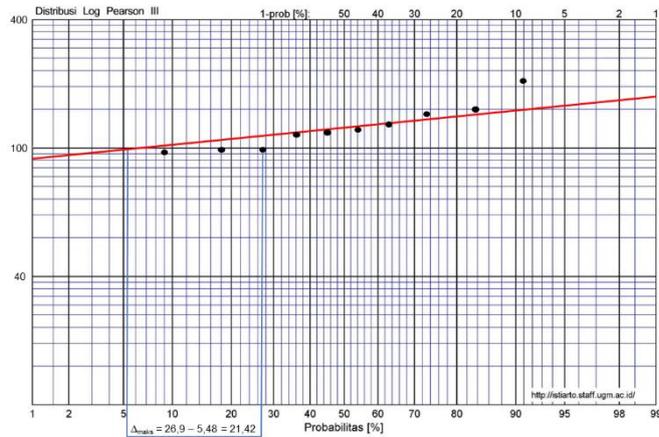
Tabel 4. 17 Nilai D_{kritis}

N	Derajat Kepercayaan (α)			
	0,2	0,1	0,05	0,01
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,3	0,34	0,4

= Nilai D_{kritis} yang dipilih
 Sumber: Diolah oleh penulis (2025)

Nilai K_T yang digunakan untuk perhitungan garis teoritis menggunakan nilai yang sama untuk perhitungan Tabel 4.13. pada kertas probabilitas, titik data yang diperoleh dari Tabel 4.15 dan garis teoritis dari Tabel 4.16 diisi dan dicari penyimpangan terbesar antara keduanya. Uji grafis pada kertas probabilitas bertujuan untuk mengukur jarak penyimpangan antara titik data dengan garis teoritis. Nilai Δ_{maks} tidak boleh melebihi nilai Δ_{kritis} . Nilai Δ_{kritis} diperoleh berdasarkan jumlah

data hujan tahunan yakni 11 tahun dan juga derajat kepercayaan yakni 1% pada Tabel 4.17. oleh karena itu, Δ_{kritis} didapatkan adalah 0,49.



Gambar 4. 11 Hasil uji cara grafis (Dokumentasi Pribadi, 2025)

Berdasarkan hasil *plotting* pada kertas distribusi (Gambar 4.11), nilai Δ_{maks} yang didapatkan adalah 21,42% atau 0,2142. Nilai Δ_{maks} yang diperoleh lebih kecil dibandingkan dengan nilai Δ_{kritis} (0,49). Dari hasil tersebut, Log Pearson III terbukti memenuhi syarat yang ada.

E. Uji Smirnov-Kolmogorov

Pengujian Smirnov-kolmogorov adalah pengujian distribusi non-parametrik, dengan cara pengerjaan dapat dilihat pada sub 2.3.3.5 dan Rumus 2.17. Menguji kesesuaian data observasi dengan distribusi teoritis tanpa mengelompokkan data. Nilai D_{maksimum} harus lebih kecil dari D_{kritis} . Nilai D_{kritis} sama dengan Δ_{kritis} pada uji cara grafis, yakni 0,49. Perhitungan untuk pengujian ini ada pada Tabel 4.18.

Tabel 4. 18 Uji Smirnov-Kolmogorov

R max	m	P = m/n + 1	P (x<) = 1-P	P' = m/n-1	P'(x)	D = P'(x) - P(x<)
94,83	1	0,083	0,917	0,10	0,90	0,017
97,05	2	0,167	0,833	0,20	0,80	0,033
98,15	3	0,250	0,750	0,30	0,70	0,050
102,89	4	0,333	0,667	0,40	0,60	0,067
105,66	5	0,417	0,583	0,50	0,50	0,083
113,90	6	0,500	0,500	0,60	0,40	0,100
116,55	7	0,583	0,417	0,70	0,30	0,117
119,83	8	0,667	0,333	0,80	0,20	0,133
127,36	9	0,750	0,250	0,90	0,10	0,150
138,28	10	0,833	0,167	1,00	0,00	0,167
176,93	11	0,917	0,083	1,10	-0,10	0,183
D_{Maksimum}						0,183
D_{Kritis}						0,49

Sumber: Diolah oleh penulis (2025)

Berdasarkan hasil pengujian Smirnov-kolmogorov pada Tabel 4.18, D_{maksimum} (0,183) lebih kecil dari D_{kritis} (0,49). Sehingga uji distribusi ini memenuhi persyaratan.

F. Uji Chi-Kuadrat

Pengujian chi-kuadrat bertujuan untuk menentukan apakah distribusi data observasi mengikuti distribusi teoritis tertentu (Normal, Log-Normal, Gumbel, Log Pearson III). memenuhi persyaratan apabila nilai chi-kuadrat terhitung lebih kecil dari chi-kuadrat kritis. Pengujian ini akan menggunakan Rumus 2.18 dan Tabel 2.19 adalah nilai chi-kuadrat kritis.

$$\begin{aligned}
 G \text{ (Jumlah Kelas)} &= 1 + 3,322 \text{ Log } n \\
 &= 1 + 3,322 \text{ Log } 10 \\
 &= 4,4595065 \approx 4 \text{ Kelompok} \\
 Dk \text{ (Derajat kebebasan)} &= G - (p + 1) \\
 &= 4,4595065 - (2+1) \\
 &= 1,4595065 \approx 2 \\
 E_i \text{ (Jumlah nilai teoritis } &= \frac{n}{G} \\
 \text{pada sub kelompok ke } i \text{)} &= \frac{10}{4} \\
 &= 2,5 \\
 \Delta X &= \frac{X_{\text{max}} - X_{\text{min}}}{G-1} = \frac{176,93 - 94,83}{4-1} \\
 &= 27,37 \\
 X_{\text{awal}} &= (X_{\text{min}} - \frac{1}{2} \cdot \Delta X) = 94,83 - \frac{1}{2} (27,37) \\
 &= 81,14
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 19 Nilai chi-kuadrat kritis

DK	Derajat Kepercayaan			
	0,05	0,025	0,01	0,005
1	3,841	5,024	6,635	7,879
2	5,991	7,378	9,21	10,597

: Nilai χ_{cr}^2 yang dipilih

Sumber: Kementerian PUPR (2018)

Tabel 4. 20 Perhitungan nilai chi-kuadrat terhitung

Nilai Batas Sub Kelompok	O _i	E _i	O _i -E _i	$Xh^2 = \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
81,14 < P < 108,51	3	2,75	0,25	0,022727273
108,51 < P < 135,88	6	2,75	3,25	3,840909091
135,88 < P < 163,25	0	2,75	-2,75	2,75
163,25 < P < 190,62	1	2,75	-1,75	1,113636364
	ΣXh^2			7,727272727
	X_{cr}^2			9,21

Sumber: Diolah oleh penulis (2025)

Berdasarkan Tabel 4.20, nilai chi-kuadrat kritis yang didapatkan adalah 9,21, lebih besar dibandingkan nilai chi kuadrat terhitung yakni 7,72727272. Maka dari itu, pengujian chi-kuadrat memenuhi syarat.

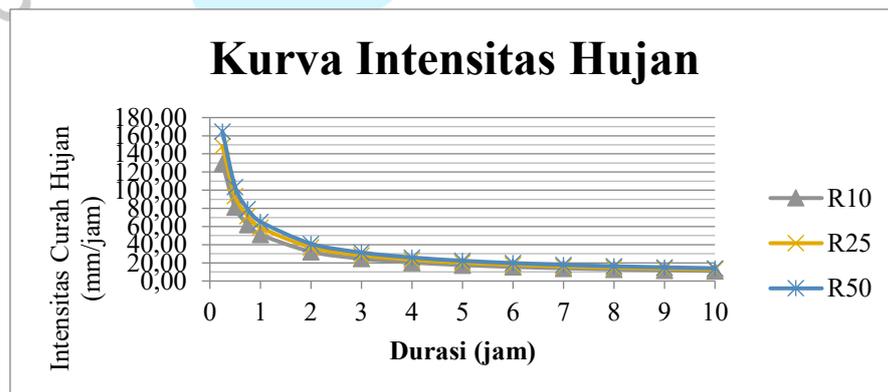
4.3.3 Intensitas Hujan Periode Ulang dan Curah Hujan Efektif

Metode intensitas hujan yang digunakan pada SNI 2415:2016 adalah metode mononobe (Rumus 2.19). Maka hasil perhitungan intensitas hujan yang terjadi pada DAS Anak Angke untuk penelitian ini pada periode ulang 10, 25, dan 50 tahun menggunakan metode mononobe di Tabel 4.21 (intensitas hujan), Tabel 4.22 (rasio sebaran hujan), Tabel 4.23 (curah hujan efektif), serta grafik intensitas hujan yang dapat dilihat pada Gambar 4.12.

Tabel 4. 21 Perhitungan intensitas hujan

PUH (jam)	Intensitas Hujan Periode Ulang		
	R10	R25	R50
	147,96	170,28	188,51
0,25	129,25	148,75	164,68
0,5	81,42	93,71	103,74
0,75	62,14	71,51	79,17
1	51,29	59,03	65,35
2	32,31	37,19	41,17
3	24,66	28,38	31,42
4	20,36	23,43	25,94
5	17,54	20,19	22,35
6	15,53	17,88	19,79
7	14,02	16,13	17,86
8	12,82	14,76	16,34
9	11,86	13,64	15,10
10	11,05	12,72	14,08

Sumber: Diolah oleh penulis (2025)



Gambar 4. 12 Kurva intensitas hujan (Dokumentasi Pribadi, 2025)

Tabel 4. 22 Rasio distribusi hujan

T (jam)	$I = (R24/t) \times (t/T)^{(2/3)}$ mm	$Rt = t.I - (t-1).(IT-1)$ Rasio Hujan (%)
1	0,585	0,585
2	0,368	0,152
3	0,281	0,107
4	0,232	0,085
5	0,200	0,072
Total		1,00

Sumber: Diolah oleh penulis (2025)

Tabel 4. 23 Curah hujan efektif berdasarkan rasio distribusi

Periode Ulang	Rmax	Rasio Distribusi Hujan (Rt)				
		0,585	0,152	0,107	0,085	0,072
R10	147,96	86,53	22,49	15,78	12,56	10,61
R25	170,28	99,58	25,88	18,16	14,45	12,21
R50	188,51	110,24	28,65	20,10	16,00	13,51

Sumber: Diolah oleh penulis (2025)

4.3.4 Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Debit Banjir Periode Ulang

Setelah mendapatkan intensitas curah hujan efektif, dilanjutkan dengan perhitungan hidrograf satuan sintetis (HSS). Metode yang digunakan adalah metode HSS Nakayasu karena cocok untuk daerah jabodetabek. Perhitungan metode HSS Nakayasu menggunakan Rumus 2.24 sampai Rumus 2.25, dengan perhitungan sebagai berikut:

- R_o = 1,00 mm
- L = 14,8 km
- A = 20,42 km²
- C = 0,59
- α = 2 (SNI 2415:2016)
- T_g = $0,21L^{0,7} = 0,21(14,8)^{0,7} = 1,38$ jam
- T_r = $0,75 T_g = 0,75(1,38) = 1,04$ jam
- T_p = $T_g + 0,8 T_r = 1,38 + 0,8(1,04) = 2,22$ jam
- $T_{0,3}$ = $\alpha T_g = 2(1,38) = 2,77$ jam
- $T_p + T_{0,3}$ = $2,22 + 2,77 = 4,99$ jam
- $T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$ = $4,99 + 1,5(2,77) = 9,14$ jam
- Q_p = $\frac{c.A.R_o}{3,6(0,3T_p+T_{0,3})} = \frac{(0,59)(20,42)(1)}{3,6(0,3(2,22) + (2,77))} = 0,98$ m³/detik
- $Q_{base\ flow\ (Q_b)}$ = $0,5Q_p = 0,5(0,98) = 0,49$ m³/detik

Dalam menghitung debit tiap jam pada hidrograf, posisi waktu perlu untuk diperhatikan pada jam saat terjadinya banjir. Maka dari itu, perhitungan pada ordinat debit banjir metode HSS Nakayasu perlu dilakukan menggunakan Rumus 2.28

sampai Rumus 2.31. Berikut merupakan perhitungan ordinat pada setiap jam (Tabel 4.24)

Tabel 4. 24 Ordinat HSS Nakayasu

Debit Banjir Tiap Jam		
Posisi	Tr (jam)	Q (m3/det)
Pada kurva naik ($0 < t < T_p = 4,95$)	1	0,15
	2,00	1,08
Pada kurva turun ($T_p = 4,95 < t < T_p + T_{0,3} = 11,15$)	2,22	0,98
	3,00	0,70
	4,00	0,45
	4,99	0,29
Pada kurva turun ($T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$)	5,00	0,29
	6,00	0,22
	7,00	0,16
	8	0,11
Pada kurva turun ($t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$)	9	0,09
	9,14	0,09
	10	0,07

Sumber: Diolah oleh penulis (2025)

Setelah mendapatkan hasil perhitungan ordinat pada Tabel 4.30, maka HSS dapat dihitung. Perhitungan tersebut menggunakan Rumus 2.51. Berikut ini adalah hasil perhitungan HSS Nakayasu (Tabel 4.25 – Tabel 4.27) dengan hasil grafiknya (Gambar 4.13).

Tabel 4. 25 Debit banjir HSS Nakayasu periode ulang 10 tahun

Hour	U (t,i)	Hujan Netto (mm/hour)					Debit m ³ /s	Base Flow m ³ /s	Total Debit m ³ /s
		86,53	22,49	15,78	12,56	10,61			
0	0,00	0,00					0,00	0,49	0,49
1	0,15	12,58	0,00				12,58	0,49	13,07
2	1,08	80,28	3,27	0,00			83,55	0,49	84,04
3	0,70	55,39	24,25	2,29	0,00		81,93	0,49	82,42
4	0,45	39,10	15,70	17,01	1,83	0,00	73,63	0,49	74,13
5	0,29	25,37	10,16	11,01	13,54	1,54	61,63	0,49	62,12
6	0,22	18,99	6,59	7,13	8,77	11,43	52,91	0,49	53,40
7	0,16	14,21	4,94	4,63	5,68	7,40	36,85	0,49	37,34
8	0,11	9,79	3,69	3,46	3,68	4,79	25,42	0,49	25,92
9	0,09	7,88	2,55	2,59	2,76	3,11	18,88	0,49	19,37
10	0,07	6,34	2,05	1,79	2,06	2,33	14,56	0,49	15,05
Debit Maksimum									84,04

Sumber: Diolah oleh penulis (2025)

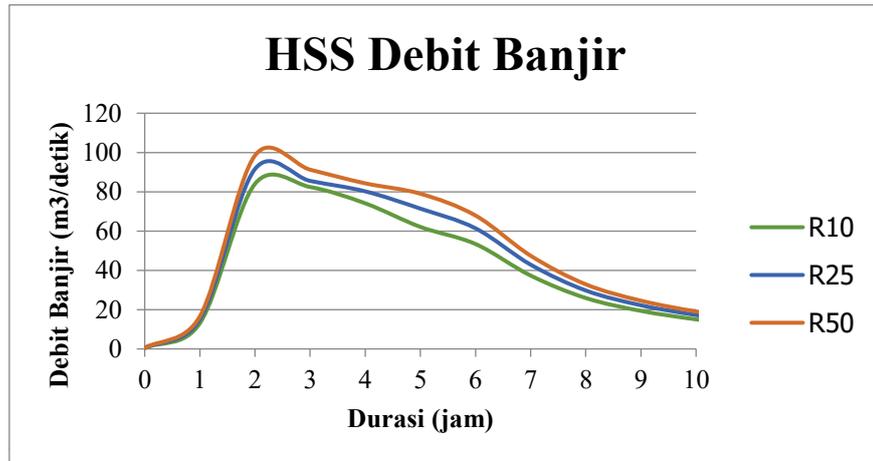
Tabel 4. 26 Debit banjir HSS Nakayasu periode ulang 25 tahun

Hour	U (t,i)	Hujan Netto (mm/hour)					Debit m ³ /s	Base Flow m ³ /s	Total Debit m ³ /s
		99,58	25,88	18,16	14,45	12,21			
0	0,00	0,00					0,00	0,49	0,49
1	0,15	14,48	0,00				14,48	0,49	14,97
2	1,08	87,35	3,76	0,00			91,12	0,49	91,61
3	0,70	59,51	27,90	2,64	0,00		90,05	0,49	90,54
4	0,45	45,00	18,07	19,57	2,10	0,00	84,74	0,49	85,23
5	0,29	29,20	11,70	12,67	15,58	1,78	70,93	0,49	71,42
6	0,22	21,85	7,59	8,21	10,09	13,16	60,90	0,49	61,39
7	0,16	16,36	5,68	5,32	6,53	8,52	42,41	0,49	42,90
8	0,11	11,27	4,25	3,98	4,24	5,52	29,26	0,49	29,75
9	0,09	9,07	2,93	2,98	3,17	3,58	21,73	0,49	22,22
10	0,07	7,30	2,36	2,05	2,37	2,68	16,76	0,49	17,25
Debit Maksimum									91,61

Sumber: Diolah oleh penulis (2025)

Tabel 4. 27 Debit banjir HSS Nakayasu periode ulang 50 tahun

Hour	U (t,i)	Hujan Netto (mm/hour)					Debit m ³ /s	Base Flow m ³ /s	Total Debit m ³ /s
		99,58	25,88	18,16	14,45	12,21			
0	0,00	0,00					0,00	0,49	0,49
1	0,15	16,03	0,00				16,03	0,49	16,52
2	1,08	93,85	4,17	0,00			98,01	0,49	98,50
3	0,70	56,95	30,89	2,92	0,00		90,76	0,49	91,25
4	0,45	49,82	20,00	21,67	2,33	0,00	93,82	0,49	84,31
5	0,29	32,33	12,95	14,03	17,25	1,97	78,52	0,49	79,01
6	0,22	24,19	8,40	9,08	11,17	14,57	67,42	0,49	67,91
7	0,16	18,11	6,29	5,89	7,23	9,43	46,95	0,49	47,44
8	0,11	12,48	4,71	4,41	4,69	6,11	32,39	0,49	32,88
9	0,09	10,04	3,24	3,30	3,51	3,96	24,06	0,49	24,55
10	0,07	8,08	2,61	2,27	2,63	2,97	18,56	0,49	19,05
Debit Maksimum									98,50



Gambar 4.13 Grafik HSS Nakayasu (Dokumentasi Pribadi, 2025)

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari perhitungan pada grafik HSS Nakayasu, maka debit banjir rencana dalam waktu 10 jam untuk beberapa periode ulang didapatkan. Debit maksimum pada tiap periode ulang adalah 84,04 m³/det untuk periode ulang 10 tahun, 91,61 m³/det untuk periode ulang 25 tahun, dan 98,50 m³/det untuk periode ulang 50 tahun.

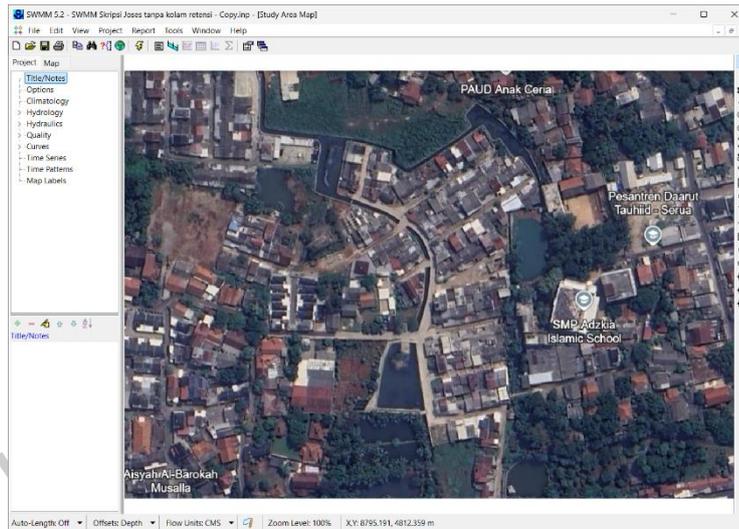
4.4 Analisis Debit Banjir Kolam Retensi Menggunakan Aplikasi EPA SWMM

Aplikasi EPA SWMM Versi 5.2 digunakan untuk menganalisis hidrolika dengan tujuan mengidentifikasi debit banjir sebelum dan setelah keberadaan kolam retensi. Berikut adalah tahapan-tahapan dalam menggunakan aplikasi EPA SWMM:

4.4.1 Proses Pembuatan Simulasi Hidrolika Menggunakan EPA SWMM

A. Memasukan *Backdrop*

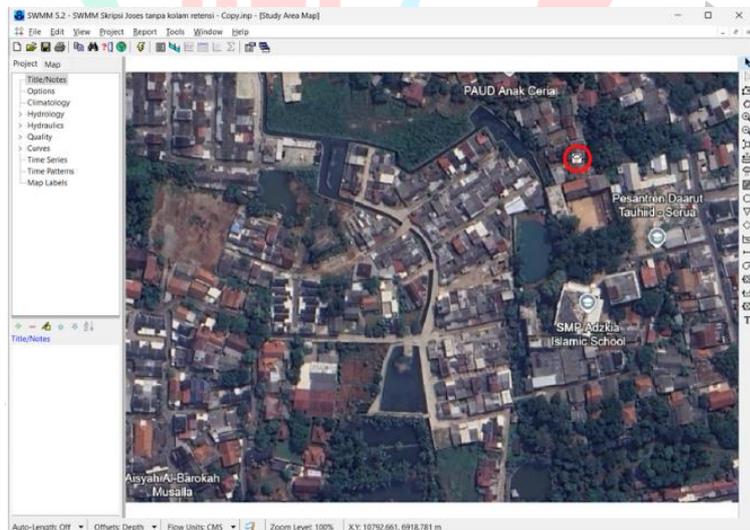
Dalam memasukan *backdrop*, diperlukan untuk menyimpan gambar *area* penelitian dari *Google Earth* dan mencatat koordinat asli peta untuk diimpor ke dalam aplikasi SWMM. Kemudian, langkah selanjutnya adalah memasukan *backdrop* dengan memilih ikon *view* lalu memilih ikon *backdrop* dengan memilih *load* lalu memilih file *backdrop* yang sudah disimpan. Pada Gambar 4.14, dapat dilihat tampilan ketika *backdrop* sudah dimasukkan ke dalam SWMM 5.2.



Gambar 4. 14 Tampilan *Backdrop* pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

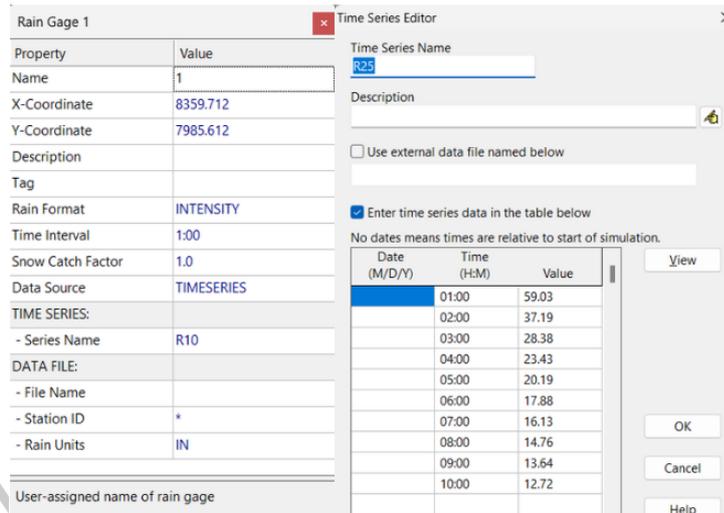
B. Pembuatan Objek *Rain Gage*

Objek *rain gage* dalam EPA SWMM 5.2 dibuat dengan cara memilih ikon *rain gage* dari menu yang tersedia, lalu meletakkannya di sekitar *subcatchment* atau wilayah penelitian yang ingin dianalisis. Tampilan objek *rain gage* setelah berhasil dimasukkan ke dalam aplikasi dapat dilihat pada Gambar 4.15, yang menunjukkan posisi *rain gage* di model SWMM 5.2



Gambar 4. 15 Pembuatan Objek *Rain Gage* pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

Setelah pembuatan objek *rain gage*, perlu dilakukan *input* data pada *time series* berupa data intensitas hujan seperti data yang terdapat pada Tabel 4.21 dengan membuat *time series* sesuai periode ulang yang digunakan. Pada Gambar 4.16, dapat dilihat data yang akan digunakan pada objek *rain gage*.



Gambar 4. 16 Input Data Objek *Rain Gage* dan Data *Time Series* pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

C. Pembagian Objek *Subcatchment*

Selanjutnya objek *subcatchment* dibuat dengan cara memilih ikon *subcatchment*. Kemudian dilanjut dengan membuat *polygon* dengan membagi wilayah yang diteliti. Dapat dilihat pada Gambar 4.17 merupakan tampilan objek *subcatchment* pada saat dimasukan ke dalam SWMM 5.2



Gambar 4. 17 Pembuatan Objek *Subcatchment* pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

Setelah objek *subcatchment* dibuat, dilakukan input data untuk *subcatchment* tersebut, meliputi penentuan *outlet* sebagai titik keluaran aliran dari *subcatchment* dan luas yang diperoleh dengan bantuan aplikasi Autocad 2025. Pada Gambar 4.18 memperlihatkan contoh *input* data yang merepresentasikan karakteristik tiap *subcatchment* yang ada sesuai dengan kondisi sebenarnya.

Property	Value	Property	Value
Name	7	%Zero-Imperv	25
X-Coordinate	5114.645	Subarea Routing	OUTLET
Y-Coordinate	7397.492	Percent Routed	100
Description		Infiltration Data	HORTON
Tag		Groundwater	NO
Rain Gage	1	Snow Pack	
Outlet	14	LID Controls	0
Area	0.548166	Land Uses	0
Width	500	Initial Buildup	NONE
% Slope	0.5	Curb Length	0
% Imperv	25	N-Perv Pattern	
N-Imperv	0.01	Dstore Pattern	
N-Perv	0.1	Infil. Pattern	
Dstore-Imperv	0.05		

User-assigned name of subcatchment Optional monthly pattern that adjusts infiltration

Gambar 4. 18 Input Data Objek Subcatchment pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

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

• *Junction dan Outfall*

Model jaringan pertama yang dibuat adalah *junction*, yaitu titik pertemuan satu atau lebih saluran pembuangan, sedangkan *outfall* adalah titik yang serupa dengan *junction* tetapi berada pada akhir simulasi hidrolika. Objek *junction* dibuat dengan memilih ikon *junction* dan menempatkannya di tengah sungai serta pada titik pertemuan saluran pembuangan dari *subcatchment*. Pembuatan objek *outfall* dilakukan dengan cara yang sama, tetapi harus ditempatkan pada titik akhir simulasi hidrolika. Tampilan objek *junction* dan *outfall* setelah dimasukkan ke dalam SWMM 5.2 dapat dilihat pada Gambar 4.19.



Gambar 4. 19 Tampilan Objek *Junction* pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

Setelah objek *junction* dibuat, tahap berikutnya adalah menginput data pada *junction* tersebut, yang meliputi elevasi sesuai kondisi sebenarnya di lapangan, kedalaman maksimum, dan kedalaman awal sungai sesuai bentuknya. Data ini penting untuk menggambarkan kondisi fisik dan hidrolika di titik pertemuan saluran pembuangan. Selanjutnya, *input* data juga dilakukan pada *outfall* dengan memasukkan elevasi hanya pada titik outfall tersebut, karena outfall merupakan ujung dari jaringan yang menjadi batas akhir simulasi hidrolika. Contoh *input* data yang sesuai dengan karakteristik tiap *junction* dapat dilihat pada Gambar 4.20.

Junction 13		Outfall 21	
Property	Value	Property	Value
Name	13	Name	21
X-Coordinate	2764.391	X-Coordinate	2925.360
Y-Coordinate	7135.207	Y-Coordinate	8350.495
Description		Description	
Tag		Tag	
Inflows	NO	Inflows	NO
Treatment	NO	Treatment	NO
Invert El.	39.5	Invert El.	39.2
Max. Depth	2.9	Tide Gate	NO
Initial Depth	0.8	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	

Gambar 4. 20 Input Data Objek *Junction* dan Data Objek *Outfall* pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

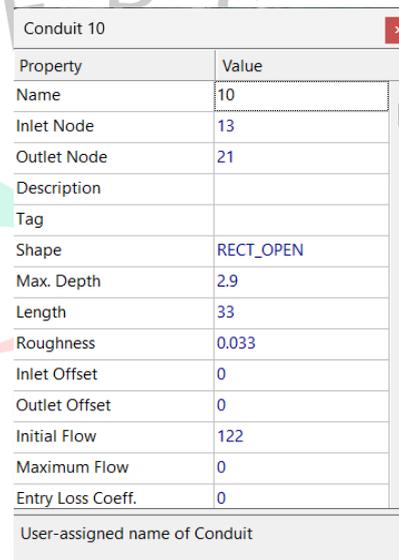
- **Conduit**

Model jaringan kedua adalah *conduit*, yaitu saluran yang menghubungkan antara *junction* ke *junction* atau *junction* ke *outfall*. Objek *conduit* dibuat dengan memilih ikon *conduit*, kemudian menghubungkan *junction* yang diinginkan dengan *junction* lain atau *outfall* yang berada pada ujung model jaringan. Tampilan objek *conduit* saat dimasukkan ke dalam SWMM 5.2 dapat dilihat pada Gambar 4.21.



Gambar 4. 21 Tampilan Objek *Conduit* pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

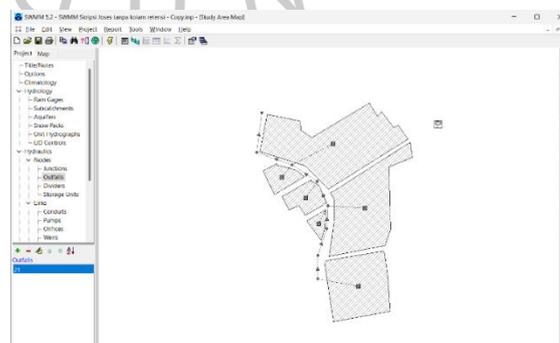
Setelah pembuatan objek *conduit*, langkah selanjutnya adalah melakukan *input* data pada *conduit* yang meliputi bentuk saluran, kedalaman maksimum, panjang saluran, dan nilai kekasaran saluran (*roughness*) atau koefisien *Manning*. Koefisien *Manning* yang digunakan sebesar 0,033 sesuai dengan kondisi saluran tanah yang lurus, seragam, bersih, dan landai berdasarkan Tabel 2.4. *Input* data ini disesuaikan dengan karakteristik setiap *conduit* yang ada, seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.22.



Property	Value
Name	10
Inlet Node	13
Outlet Node	21
Description	
Tag	
Shape	RECT_OPEN
Max. Depth	2.9
Length	33
Roughness	0.033
Inlet Offset	0
Outlet Offset	0
Initial Flow	122
Maximum Flow	0
Entry Loss Coeff.	0
User-assigned name of Conduit	

Gambar 4. 22 Input Data Objek *Conduit* pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

Setelah seluruh proses pembuatan simulasi selesai dan semua data telah dimasukkan ke dalam setiap objek pada SWMM 5.2, langkah berikutnya adalah menjalankan simulasi untuk kondisi tanpa kolam retensi. Tampilan keseluruhan objek yang digunakan dalam simulasi hidrolika tanpa kolam retensi dapat dilihat pada Gambar 4.23 di aplikasi SWMM 5.2.



Gambar 4. 23 Tampilan Objek Simulasi Lengkap tanpa Kolam Retensi pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

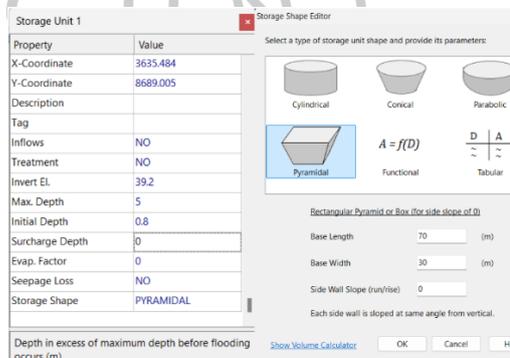
• **Kolam Retensi**

Model jaringan berikutnya adalah kolam retensi yang berperan sebagai mitigasi banjir di lokasi penelitian, yaitu Perumahan Pamulang Asri 2. Tipe kolam retensi yang digunakan pada penelitian ini adalah tipe di samping badan sungai. Objek kolam retensi dibuat dengan memilih ikon *storage unit*, kemudian membentuk *polygon* sesuai dengan area lahan terbuka yang akan dijadikan kolam retensi. Tampilan objek *conduit* saat dimasukkan ke dalam SWMM 5.2 dapat dilihat pada Gambar 4.24.



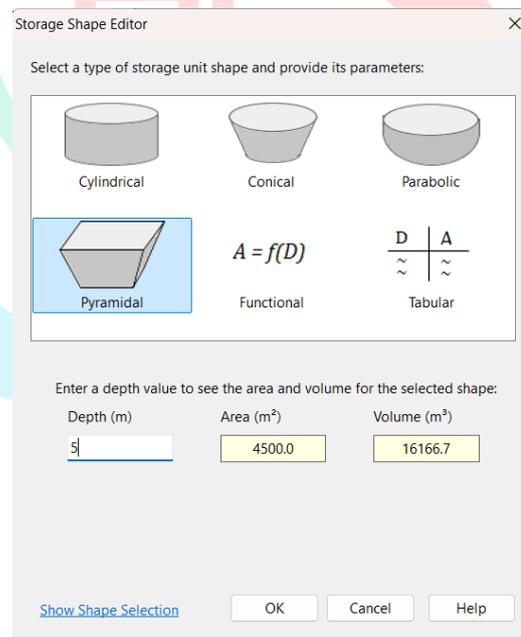
Gambar 4. 24 Tampilan Objek Kolam Retensi pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

Setelah pembuatan objek *storage unit*, dilakukan *input data* penting pada *storage unit*, meliputi ketinggian elevasi yang harus lebih rendah daripada tinggi *junction* atau *conduit* agar aliran dapat mengalir dengan baik, kedalaman maksimum kolam retensi sebagai kapasitas maksimal penampungan air, serta kedalaman awal kolam retensi yang menggambarkan kondisi awal volume air di dalam kolam. pada Gambar 4.25 menunjukkan contoh *input data storage unit* yang disesuaikan dengan kapasitas kolam retensi agar mampu menampung debit banjir secara efektif.

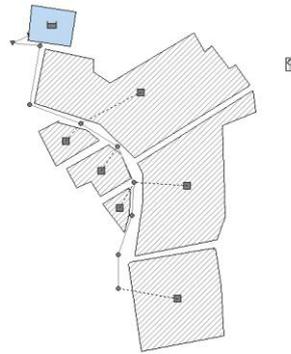


Gambar 4. 25 Input Data Objek *Storage Unit* pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

Setelah seluruh proses pembuatan simulasi selesai dan data telah dimasukkan ke masing-masing objek di SWMM 5.2, langkah berikutnya adalah menjalankan simulasi untuk model yang menggunakan kolam retensi. Gambar 4.27 menampilkan keseluruhan objek dalam simulasi hidrolika yang sudah lengkap dengan kolam retensi di aplikasi SWMM 5.2. Pemilihan ukuran dan posisi dari kolam retensi pada lokasi penelitian disesuaikan dengan kondisi nyata di lokasi penelitian. Pemilihan posisi mengikuti lokasi lahan kosong pada lokasi dan ukuran 70 x 30 meter dikarenakan pada lokasi penelitian hanya memiliki lahan kosong sebesar itu. kedalaman Perencanaan pintu banjir akan disesuaikan dengan kedalaman kolam retensi sedalam 5 m. Pintu *inlet* pada kedalaman air di sungai sudah ≥ 2 m pintu air akan terbuka memasukkan air yang meluap kedalam kolam retensi, ketika sudah sudah ≤ 2 m akan tertutup. Pintu *Outlet* jika kedalaman sudah ≥ 3 m pintu air akan terbuka untuk mengalirkan kembali ke anak Sungai Angke, sebaliknya pada kedalaman air ≤ 3 m akan tertutup.



Gambar 4. 26 Volume Kolam Retensi pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2025)



Gambar 4. 27 Tampilan Objek Simulasi Lengkap dengan Kolam Retensi pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

4.4.2 Kalibrasi Model Hidrolika EPA SWMM 5.2

Hasil simulasi yang telah dilakukan perlu dibandingkan dengan data nyata melalui proses kalibrasi. Data debit yang diperoleh dari aplikasi SWMM 5.2 dibandingkan dengan debit sungai asli yang dihitung menggunakan pengambilan data secara langsung di lapangan dengan menghitung ukuran penampang sungai dan kecepatan benda terapung dengan jarak 20 m. Proses kalibrasi ini menggunakan perhitungan RMSE yang dijelaskan pada Rumus (2.22). Pengambilan sampel dilakukan pada salah satu saluran observasi yaitu *conduit 4*. Pengambilan sampel ini dilakukan pada saat kondisi hujan dengan intensitas hujan yang cukup tinggi, ketika aliran sungai tergenang oleh air. Debit observasi (Q) dapat dihitung dengan rumus *manning*:

Luas Penampang Sungai (A)

$$A = B \times h = 3,5 \times 2,5 = 8 \text{ m}^2$$

Keliling Basah Saluran (P)

$$P = (h \times 2) + B = (2,5 \times 2) + 3,5 = 8,5 \text{ m}^2$$

Jari-jari Hidrolis (R)

$$R = A/P = 8/8,5 = 0,9411 \text{ m}$$

Kemiringan Dasar Saluran (S)

$$S = \Delta t/L = 0,2/102 = 0,0019$$

Kecepatan Aliran (V)

$$V = (1/n) \times R^{2/3} \times S^{1/2} = (1/0,025) \times 0,9411^{2/3} \times 0,0019^{1/2} = 1,9075 \text{ m/s}$$

Debit Saluran (Q)

$$Q = V \times A = 1,9075 \times 8 = 15,26 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabel 4. 28 Perhitungan Kalibrasi Debit Banjir dengan RMSE

saluran observasi	waktu	Debit (Q) Observasi	Debit (Q) SWMM	(Qobs - QSWMM) ²	RMSE
	0	0,15	0	0,0225	
	1	15,26	14,44	0,6724	
	2	48,12	49,4	1,6384	
	3	33,89	37,08	10,1761	
	4	30,15	30,88	0,5329	
Conduit 4	5	24,83	26,28	2,1025	0,1075
	6	22,63	23,16	0,2809	
	7	20,89	21,64	0,5625	
	8	18,02	18,52	0,25	
	9	13,87	14,49	0,3844	
	10	9,18	9,52	0,1156	
Total				16,738	

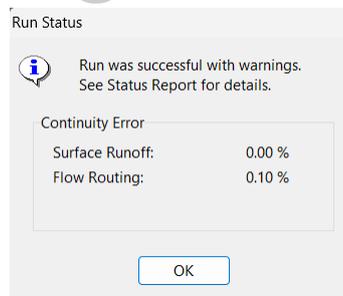
Sumber: Diolah oleh penulis (2025)

Pada Tabel 4.28 terlihat perbandingan antara debit hasil pengamatan yang sudah dilakukan secara langsung di lapangan dan debit yang diperoleh dari simulasi menggunakan SWMM 5.2 menghasilkan nilai RMSE sebesar 0.1075. Nilai RMSE yang mendekati nol ini menunjukkan bahwa kesalahan perhitungan sangat kecil. Nilai RMSE sebesar 10% – 20% dapat dikatakan cukup baik sehingga pemodelan dapat diterima (Moriassi et al., 2007). Dengan demikian, simulasi hidrolika yang dijalankan pada aplikasi EPA SWMM 5.2 sudah cukup representatif dan sesuai dengan kondisi nyata di wilayah penelitian Anak Sungai Angke Perumahan Pamulang Asri 2.

4.4.3 Hasil Simulasi EPA SWMM 5.2 dan Pembahasan

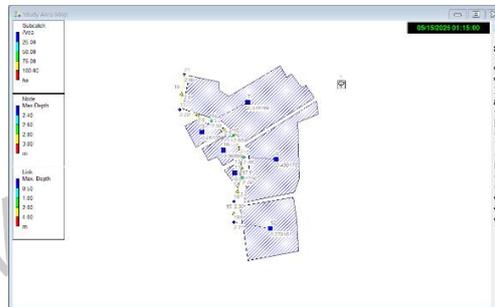
A. Debit Banjir Sebelum Adanya Kolam Retensi

Pada Gambar 4.28 terlihat hasil *running* sangat baik dimana tingkat kesalahan pada *surface runoff* dan *flow routing* mendapatkan nilai sebesar 0.10%. Bila kesalahan simulasi melebihi 10%, maka error tidak dapat ditolerir.



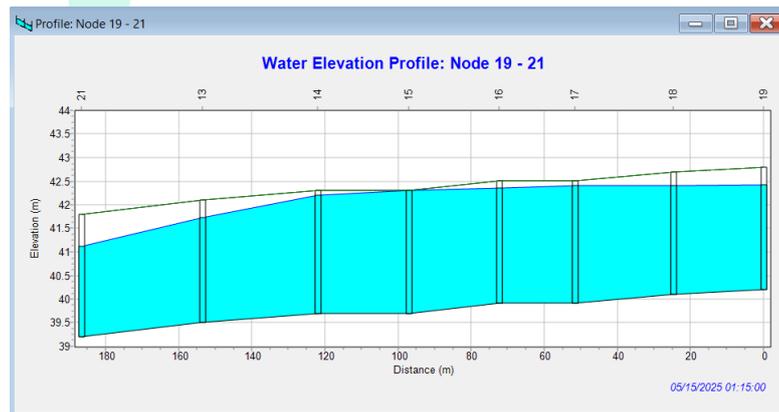
Gambar 4. 28 Nilai Continuity Error Setelah Running pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

Pada Gambar 4.29 terlihat hasil tampilan simulasi tanpa kolam retensi yang telah dilakukan pada aplikasi SWMM 5.2. Simulasi yang dilakukan pada tiga periode ulang dengan intensitas hujan dan debit *baseflow* yang berbeda sesuai dengan setiap periode ulang.

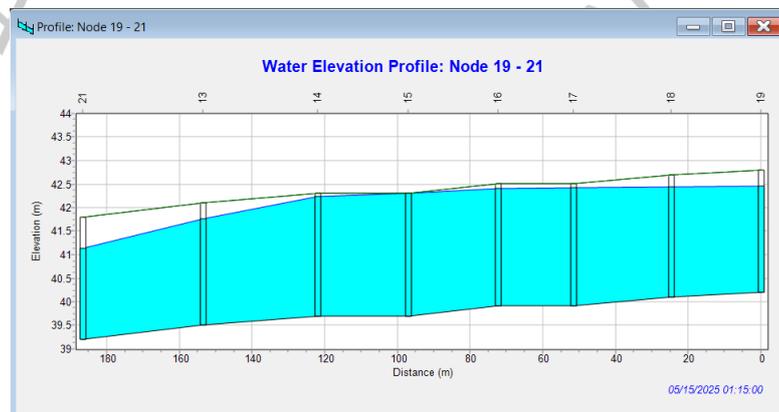


Gambar 4. 29 Tampilan Simulasi Tanpa Kolam Retensi Setelah Running pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

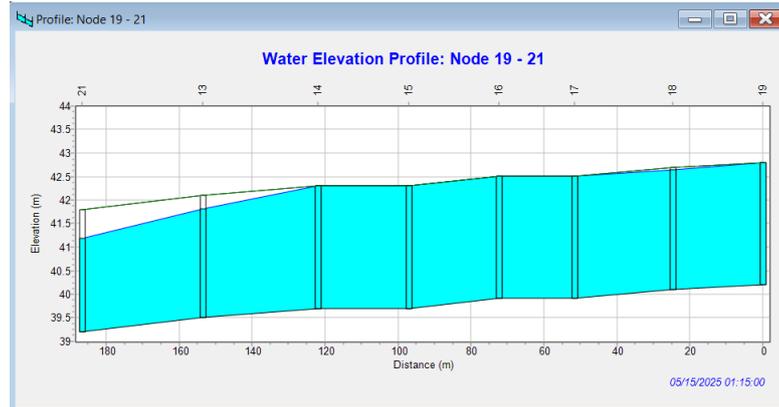
Berikut melupakan hasil simulasi hidrolika tanpa kolam retensi untuk aliran sungai dan debit yang dihasilkan pada aplikasi SWMM 5.2.



Gambar 4. 30 Elevasi Air Periode Ulang 10 Tahun Tanpa Kolam Retensi pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2025)



Gambar 4. 31 Elevasi Air Periode Ulang 25 Tahun Tanpa Kolam Retensi pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2025)



Gambar 4. 32 Elevasi Air Periode Ulang 50 Tahun Tanpa Kolam Retensi pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

Pada Gambar 4.30 hingga Gambar 4.32 dapat terlihat hasil simulasi hidrolika tanpa kolam retensi, terlihat bahwa saluran tidak dapat menampung debit banjir maksimum pada periode ulang 10, 25, dan 50 tahun.

Tabel 4. 29 Hasil Debit Banjir Tanpa Kolam Retensi Pada SWMM 5.2

Jam	Debit Periode Ulang (m ³ /s)		
	R10	R25	R50
00:00	2,12	1,85	1,83
01:00	15,22	22,83	30,61
02:00	30,61	30,61	30,61
03:00	30,61	30,61	30,61
04:00	30,61	30,61	30,61
05:00	30,61	30,61	30,61
06:00	30,61	17,49	30,61
07:00	16,36	16,15	19,55
08:00	15,27	15,26	19,33
09:00	14,4	14,33	17,29
10:00	12,63	19,85	15,69

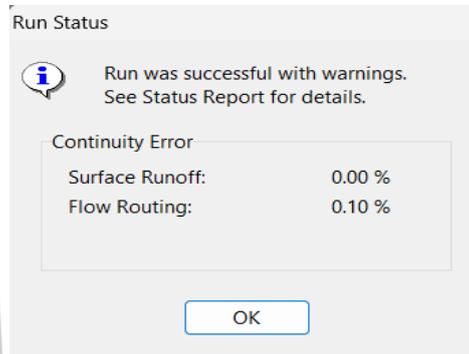
Sumber: Diolah oleh penulis (2025)

Pada Tabel 4.29 dapat terlihat hasil debit banjir untuk periode ulang 10, 25, dan 50 tahun terjadi peluapan air ketika debit mencapai 30.61 m³/s yang terjadi secara konstan dalam beberapa jam.

B. Debit Banjir Sesudah Adanya Kolam Retensi

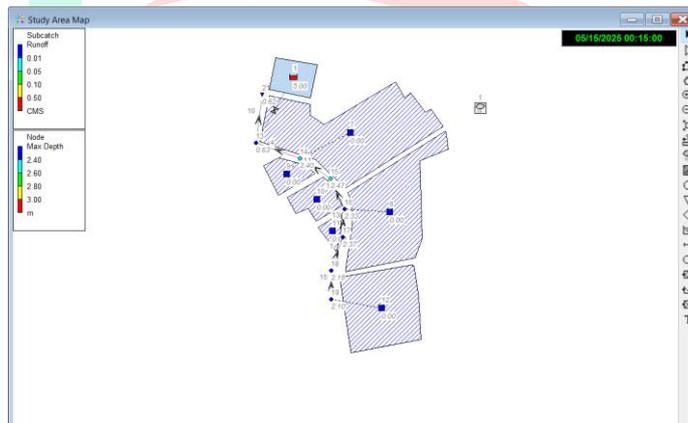
Pada Gambar 4.33 terlihat hasil *running* sangat baik dimana tingkat kesalahan pada *surface runoff* dan *flow routing* mendapatkan nilai sebesar

0.10%. Bila kesalahan simulasi melebihi 10%, maka error tidak dapat ditolerir.



Gambar 4. 33 Nilai Continuity Error Setelah Running pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

Pada Gambar 4.34 terlihat hasil tampilan simulasi dengan kolam retensi yang telah dilakukan pada aplikasi SWMM 5.2. Simulasi yang dilakukan pada tiga periode ulang dengan intensitas hujan dan debit *baseflow* yang berbeda sesuai dengan setiap periode ulang.



Gambar 4. 34 Tampilan Simulasi dengan Kolam Retensi Setelah Running pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

Untuk mengatasi banjir yang muncul saat simulasi tanpa kolam retensi, diperlukan percobaan guna menentukan volume kolam retensi yang paling efektif. Kolam retensi yang digunakan memiliki bentuk piramida dengan luas dasar 2100 m^2 dan kemiringan tebing sebesar 2. Berdasarkan perhitungan menggunakan SWMM, kapasitas kolam retensi adalah 8244 m^3 untuk kedalaman 3 meter, $16166,7 \text{ m}^3$ untuk kedalaman 5 meter. Selanjutnya, dilakukan simulasi pada berbagai skenario menggunakan debit *baseflow* untuk periode ulang 10, 25, dan 50 tahun untuk menemukan kapasitas kolam retensi yang paling optimal.

Tabel 4. 30 Hasil Skenario Kapasitas Kolam Retensi dengan Debit Periode 10 Tahun pada SWMM 5.2

Debit banjir R10 (m³/s)			
JAM	kedalaman kolam retensi		
	0m	3m	5m
00:00	2,12	10,52	10,52
01:00	15,22	15,56	15,56
02:00	30,61	18,19	17,18
03:00	30,61	19,28	18,2
04:00	30,61	24,73	21,69
05:00	30,61	25,18	22,12
06:00	30,61	23,67	21,96
07:00	16,36	21,17	19,84
08:00	15,27	19,28	17,78
09:00	14,4	17,54	15,91
10:00	12,63	10,52	10,52

Sumber: Diolah oleh penulis (2025)

Tabel 4. 31 Hasil Skenario Kapasitas Kolam Retensi dengan Debit Periode 25 Tahun pada SWMM 5.2

Debit banjir R25 (m³/s)			
JAM	kedalaman kolam retensi		
	0m	3m	5m
00:00	1,75	3,75	3,75
01:00	19,85	10,52	10,52
02:00	30,61	15,56	15,56
03:00	30,61	20,33	20,33
04:00	30,61	22,13	22,13
05:00	30,61	28,21	24,61
06:00	30,61	28,89	24,93
07:00	17,49	26,68	21,98
08:00	16,15	24,97	20,67
09:00	15,26	21,45	19,12
10:00	14,33	19,73	17,08

Sumber: Diolah oleh penulis (2025)

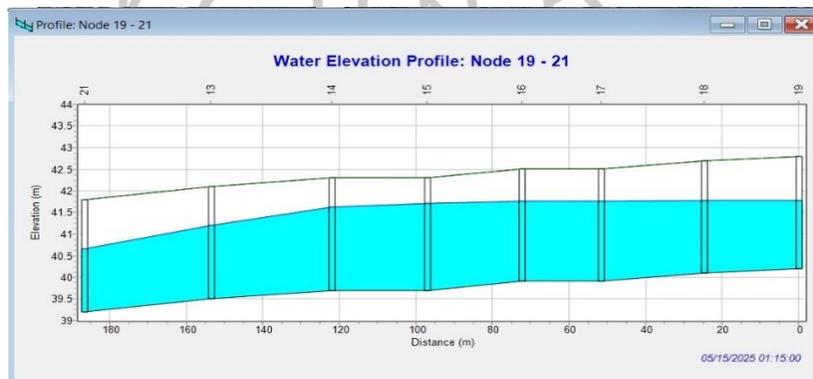
Tabel 4. 32 Hasil Skenario Kapasitas Kolam Retensi dengan Debit Periode 50 Tahun pada SWMM 5.2

Debit banjir R50 (m³/s)			
JAM	kedalaman kolam retensi		
	0m	3m	5m
00:00	1,83	3,75	3,75
01:00	22,83	11,76	11,76
02:00	30,61	16,59	16,59
03:00	30,61	21,43	21,43

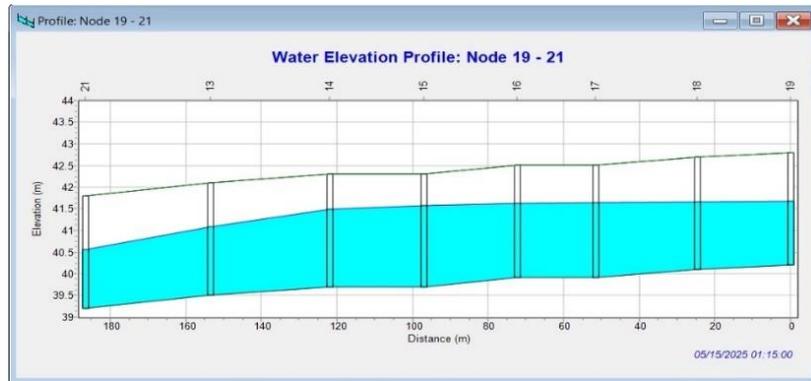
Debit banjir R50 (m ³ /s)			
JAM	kedalaman kolam retensi		
	0m	3m	5m
04:00	30,61	23,19	23,19
05:00	30,61	29,13	25,33
06:00	30,61	29,82	25,67
07:00	19,55	28,12	22,98
08:00	19,33	26,56	21,76
09:00	17,29	23,43	20,51
10:00	15,69	22,15	18,27

Sumber: Diolah oleh penulis (2025)

Berdasarkan hasil skenario untuk periode ulang 10, 25, dan 50 tahun yang disajikan pada Tabel 4.30 hingga Tabel 4.32, terlihat bahwa debit banjir pada sungai dengan kedalaman kolam 0 m lebih besar dibandingkan dengan kedalaman 3 m. Selanjutnya, debit pada kedalaman 3 m juga lebih tinggi daripada pada kedalaman 5 m. Hal ini menunjukkan bahwa kedalaman 5 m merupakan kedalaman efektif untuk kapasitas kolam retensi. Semakin besar kedalaman kolam, maka semakin besar pula volume air yang dapat ditampung sebelum melimpas ke sistem saluran. Dengan kapasitas yang lebih besar, kolam retensi mampu menahan debit puncak dan memperlambat laju aliran menuju hilir. Selain itu, peningkatan kedalaman juga berperan penting dalam memperpanjang waktu konsentrasi dan mereduksi potensi limpasan permukaan yang bisa menyebabkan banjir di wilayah sekitar. Oleh karena itu, kedalaman 5 m dipilih sebagai kedalaman efektif yang mampu mengurangi limpasan secara signifikan. Setelah menentukan kapasitas tersebut, simulasi hidrolika dapat dilakukan untuk periode ulang 10, 25, dan 50 tahun dengan kedalaman kolam retensi 5 m. Hasil simulasi aliran pada penampang sungai menggunakan aplikasi SWMM 5.2 dapat dilihat sebagai berikut:

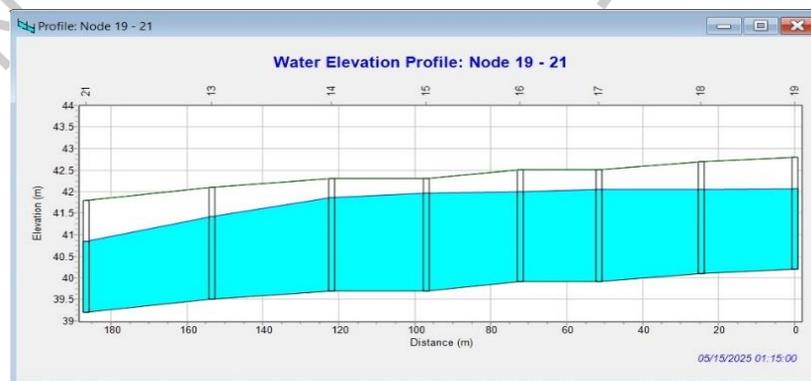


(A)

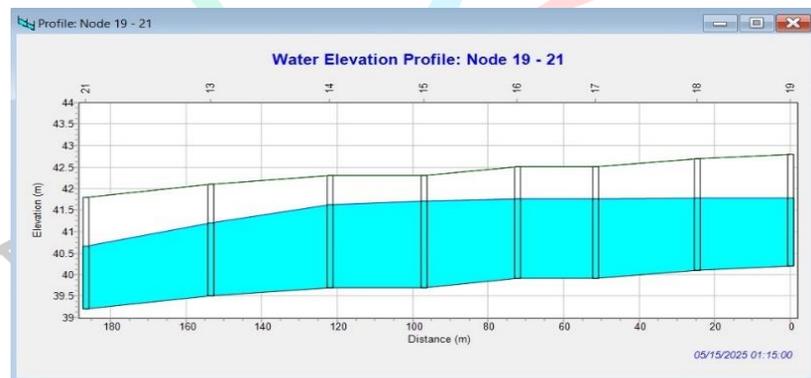


(B)

Gambar 4. 35 Elevasi Air Periode Ulang 10 Tahun dengan Kolam Retensi (A) kedalaman 3 m dan (B) kedalaman 5 m pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

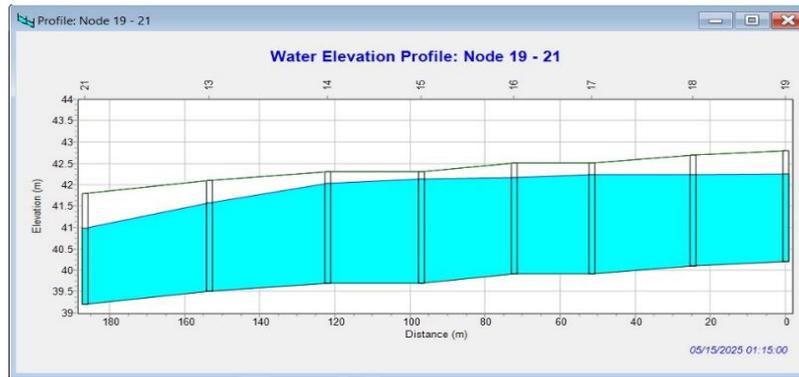


(A)

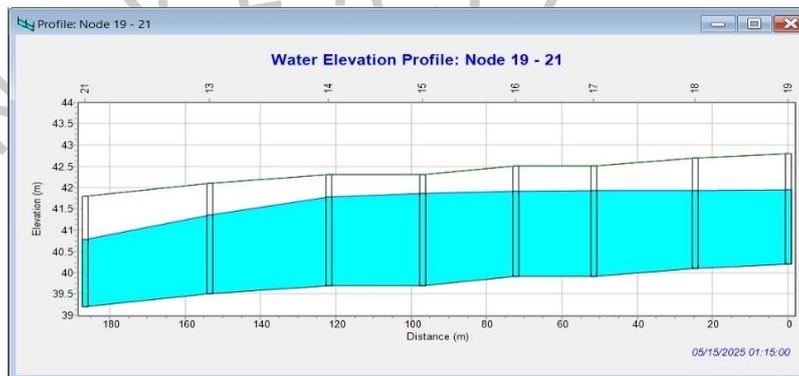


(B)

Gambar 4. 36 Elevasi Air Periode Ulang 25 Tahun dengan Kolam Retensi (A) kedalaman 3 m dan (B) kedalaman 5 m pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2025)



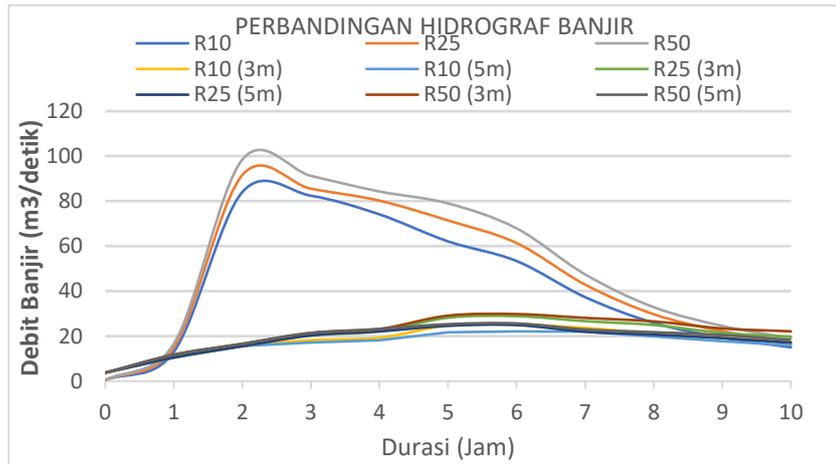
(A)



(B)

Gambar 4. 37 Elevasi Air Periode Ulang 50 Tahun dengan Kolam Retensi (A) kedalaman 3 m dan (B) kedalaman 5 m pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

Berdasarkan hasil simulasi hidrolika dengan kolam retensi, yang ditunjukkan pada Gambar 4.35 hingga Gambar 4.37, saluran sungai mampu menampung debit banjir maksimum pada periode ulang 10, 25, dan 50 tahun karena debit banjir telah dialihkan ke dalam kolam retensi. Data pada Tabel 4.30 dan Tabel 4.32 memperlihatkan bahwa debit banjir periode ulang tersebut tidak lagi meluap, dengan debit puncak masing-masing sebesar 22,12 m^3/s untuk periode ulang 10 tahun, 24,93 m^3/s untuk 25 tahun, dan 25,67 m^3/s untuk 50 tahun pada kolam retensi dengan kedalaman 5 meter. Efektivitas dari kolam retensi dapat dikatakan berhasil dari hasil debit puncak banjir yang menurun setelah dibangunnya kolam retensi sehingga tidak terjadinya peluapan akibat debit puncak banjir yang meluap dari penampang sungai. Selain itu, pada Gambar 4.38 disajikan perbandingan hidrograf banjir periode ulang 10, 25, dan 50 tahun sebelum dan sesudah pemasangan kolam retensi dengan kedalaman 3 meter dan kedalaman efektif 5 meter.



Gambar 4. 38 Perbandingan Hidrograf Banjir Sebelum dan Sesudah Kolam Retensi (Dokumentasi Pribadi, 2025)



Gambar 4. 39 Lokasi Kolam Retensi pada Perumahan Pamulang Asri 2 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

4.5 Analisis Tinggi Muka Air Banjir Menggunakan Aplikasi HEC-RAS

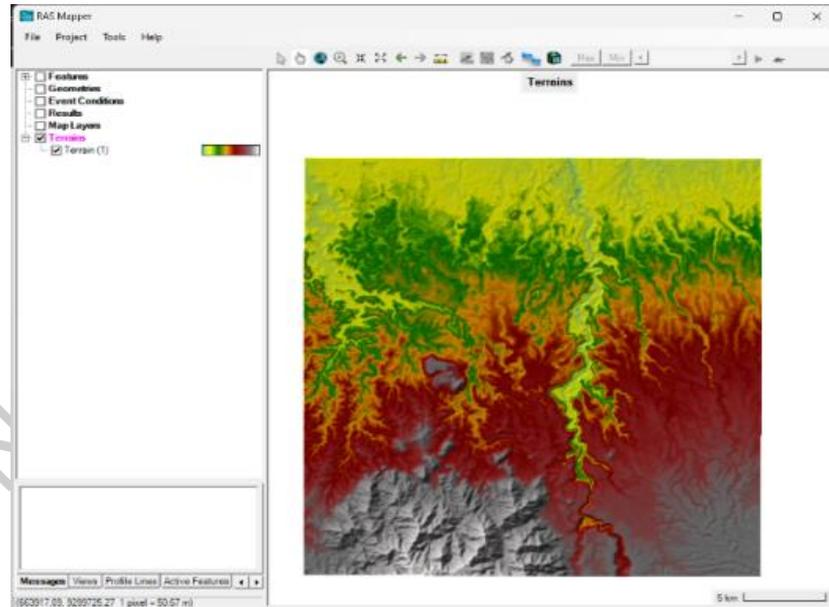
Setelah memperoleh hasil simulasi dari SWMM 5.2, langkah selanjutnya adalah melakukan simulasi menggunakan aplikasi HEC-RAS Versi 6.3.1 yang berfungsi untuk analisis hidrolika guna menentukan tinggi muka air atau kedalaman limpasan banjir serta luas area limpasan banjir sebelum dan setelah adanya kolam retensi. Berikut ini adalah tahapan-tahapan dalam penggunaan aplikasi HEC-RAS:

4.5.1 Proses Pembuatan Simulasi Hidrolika Menggunakan HEC-RAS

A. Pembuatan *Terrain*

Pembuatan *terrain* atau elevasi kontur tanah di aplikasi HEC-RAS dilakukan dengan memanfaatkan peta DEMNAS. Proses pembuatan *terrain* dimulai dengan membuka *RAS-Mapper*, kemudian memilih opsi *terrain* dan membuat *terrain* baru dengan memilih *Create a New RAS Terrain*. Selanjutnya, masukkan *projection* yang sesuai dengan lokasi peta

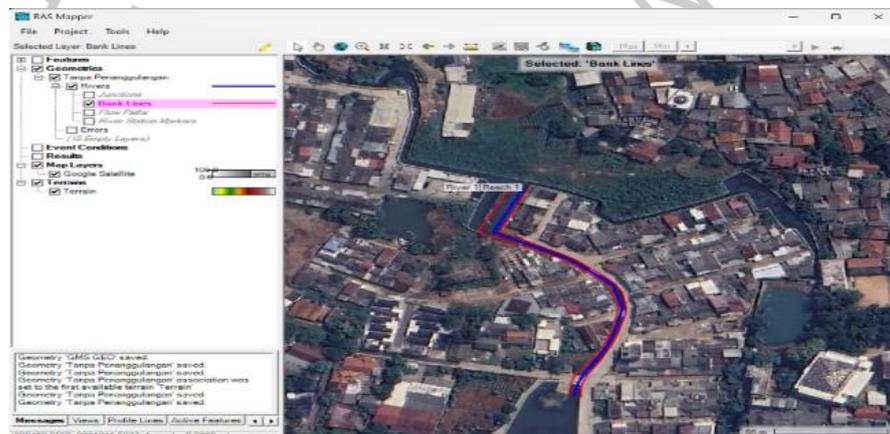
DEMNAS, sehingga akan dihasilkan *terrain* sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.40.



Gambar 4. 40 Hasil Pembuatan *Terrain* (Dokumentasi Pribadi, 2025)

B. Penggambaran River dan Bank Lines

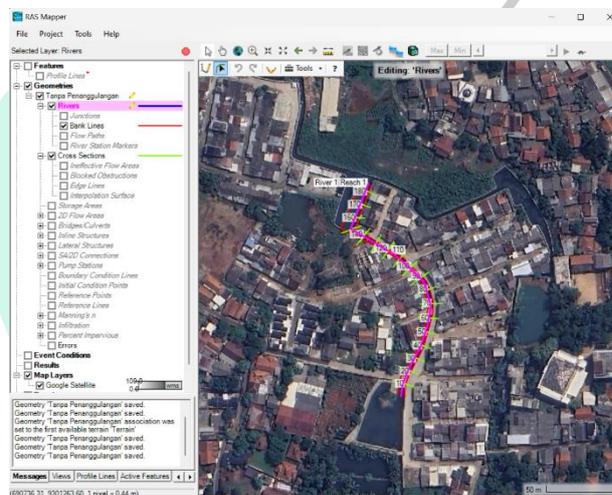
Penggambaran *river* dan *bank lines*, yang dikenal sebagai alur sungai dan tepian sungai, bertujuan menentukan posisi aliran air. Tahap awal dalam menggambar *river* dan *bank lines* adalah membuka *Google Satellite* pada *layer* peta untuk menandai lokasi Perumahan Pamulang Asri 2 sebagai lokasi penelitian. Selanjutnya, dibuat *layer geometries* baru, kemudian *river* dan *bank lines* yang sesuai dengan posisi sebenarnya ditambahkan melalui menu *geometries*. Pada Gambar 4.41 terlihat *river* dan *bank lines* yang sudah ditandai dalam menu *map layer*.



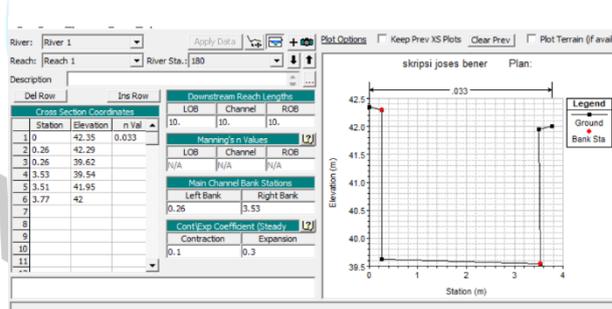
Gambar 4. 41 River dan Bank Lines pada Menu Map Layer (Dokumentasi Pribadi, 2025)

C. Pembuatan Cross Section

Pembuatan *Cross Section* (potongan melintang) dilakukan dengan menggunakan menu *auto-generate cross section* pada aplikasi HEC-RAS. Proses dimulai dengan memasukkan jarak antar potongan melintang dan lebar potongan melintang, yang masing-masing diatur dengan nilai 10 meter dan 20 meter. Setelah *cross section* otomatis dibuat, langkah selanjutnya adalah menyesuaikan setiap potongan melintang berdasarkan hasil survei lapangan melalui menu *geometric data*, tepatnya pada bagian *cross section data*. Pada Gambar 4.43 ditampilkan *cross section* alur sungai dalam menu *map layer*, sedangkan Gambar 4.44 menampilkan tampak depan *cross section* tersebut.



Gambar 4. 44 Tampak Depan Cross Section (Dokumentasi Pribadi, 2025)

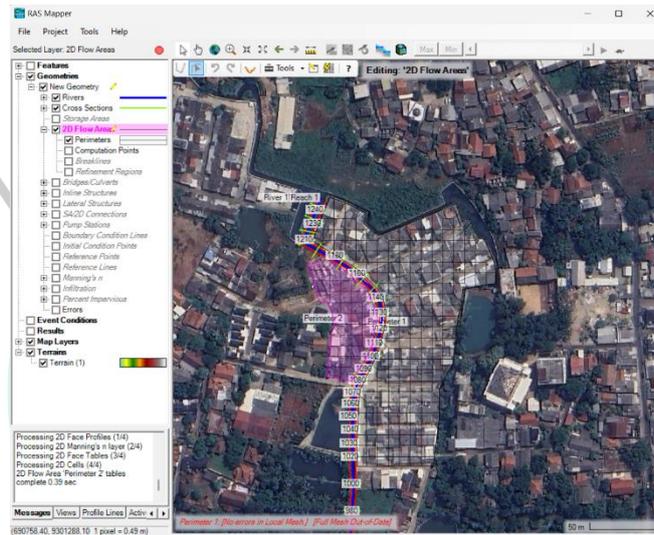


Gambar 4. 43 Cross Section Alur Sungai pada Menu Map Layer (Dokumentasi Pribadi, 2025)

D. Pengolahan 2D Flow Area

Pembuatan *2D flow area* diawali dengan membuka menu *RAS-Mapper*, lalu memilih *2D Flow Areas*, dan *Perimeter* untuk mulai menggambar batas area aliran dua dimensi. Selanjutnya, *flow area* dibuat di sebelah *bank lines* yang telah digambar sebelumnya. Pada tahap ini, *grid size* diatur sesuai

dengan kelipatan ukuran *grid* peta DEMNAS yang berukuran 8,33 meter, sehingga *grid size* yang digunakan adalah 8 x 8 meter. Selain itu, nilai koefisien *Manning* dimasukkan sesuai karakteristik area, yaitu 0,06 untuk daerah semi-alami dan 0,013 untuk daerah perkotaan seperti yang tercantum pada Tabel 2.15. Hasil pembuatan 2D *flow area* dapat dilihat pada Gambar 4.45 di menu *map layer* aplikasi HEC-RAS.



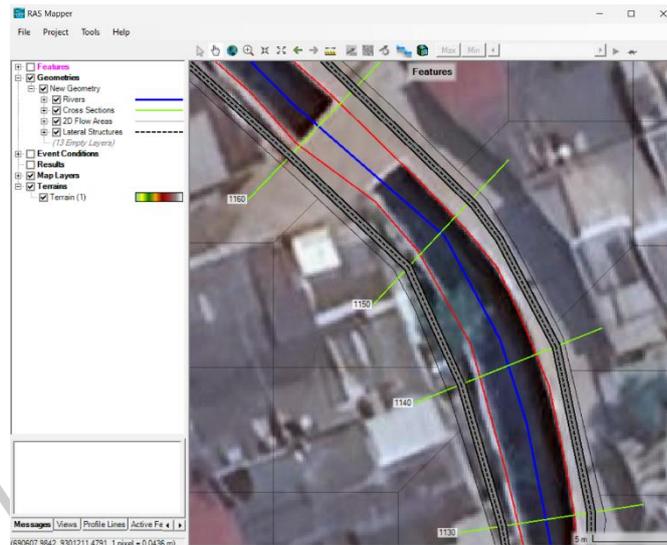
Gambar 4. 45 Hasil Pembuatan 2D Flow Area pada Menu Map Layer (Dokumentasi Pribadi, 2025)

E. Pengaturan Koefisien Manning pada Saluran

Pengaturan koefisien *Manning* pada saluran di aplikasi HEC-RAS dilakukan melalui menu *geometric data*, kemudian memilih opsi *Manning's n* untuk memasukkan nilai koefisien. Nilai koefisien *Manning* yang digunakan adalah 0,033, karena kondisi saluran berupa tanah yang lurus, seragam, landai, dan bersih sesuai dengan Tabel 2.4.

F. Pembuatan Lateral Structure

Lateral Structure dalam model HEC-RAS ditempatkan di antara *bank lines* dan *perimeter*, seperti garis berwarna ungu pada Gambar 4.46. Dalam proses pembuatan *lateral structure*, diperlukan data koefisien *weir*. Nilai koefisien *weir* yang digunakan yaitu 0,28 untuk tanggul alami, 1,1 untuk tanggul dengan tinggi antara 30 hingga 100 cm, dan 1,43 untuk tanggul dengan tinggi lebih dari 100 cm sesuai dengan data pada Tabel 2.6.



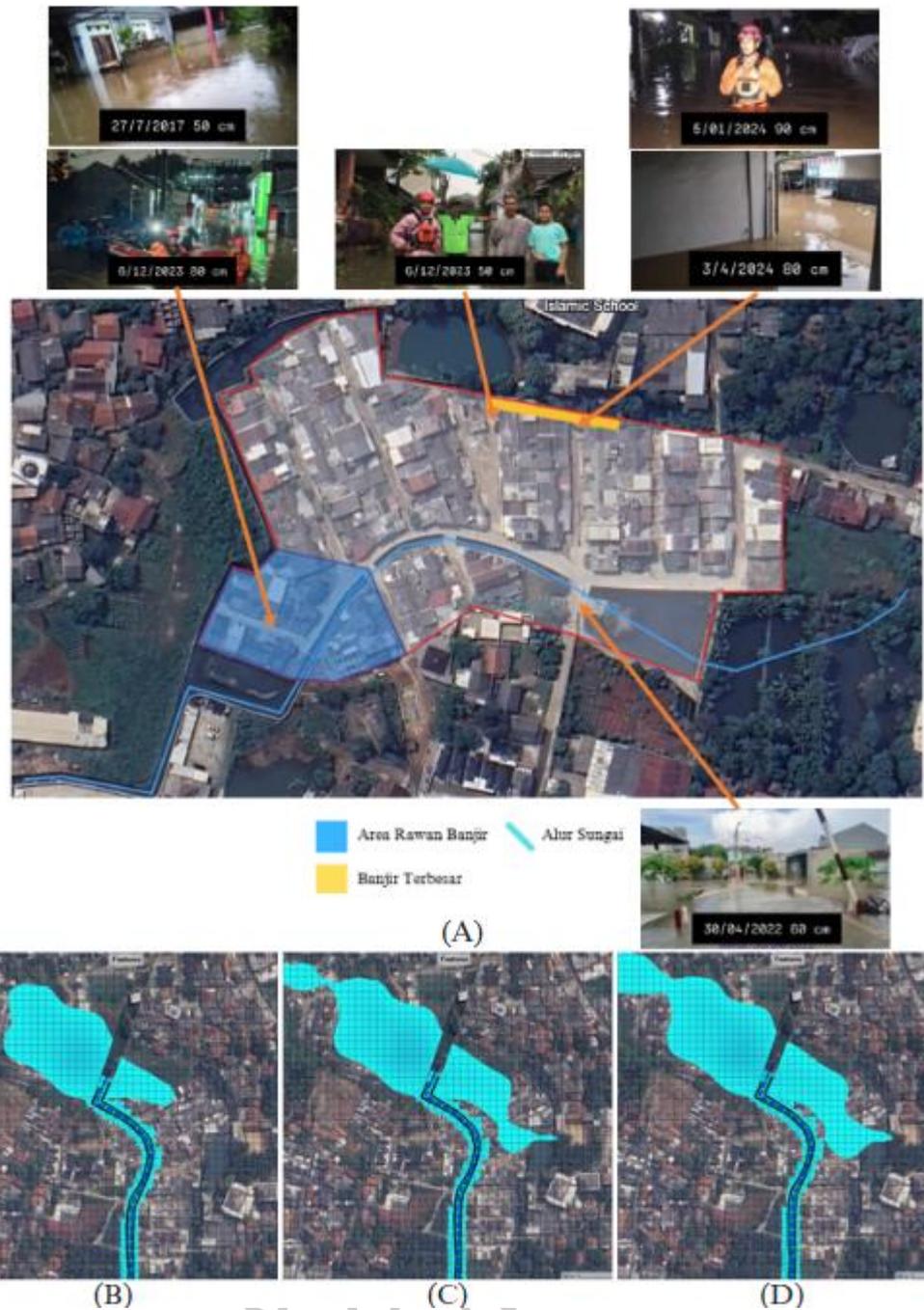
Gambar 4. 46 Hasil Pembuatan *Lateral Structure* pada Menu *Map Layer* (Dokumentasi Pribadi, 2025)

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

Pengaturan *unsteady flow data* dan *unsteady flow analysis* dilakukan melalui menu *view/edit unsteady flow data* pada aplikasi HEC-RAS. Pada bagian hulu sungai, pengaturan menggunakan *flow hydrograph* dengan interval HSS debit banjir selama 1 jam dan durasi HSS debit banjir selama 24 jam, kemudian data HSS debit banjir ini dimasukkan. Sedangkan pada bagian hilir sungai, pengaturan menggunakan *normal depth*, yang dipilih karena masih terdapat alur sungai setelah hilir. Setelah pengaturan di hulu dan hilir selesai, simulasi *unsteady flow* dapat dijalankan melalui menu *perform an unsteady flow simulation* dengan *computation interval* yang diatur sebesar 10 detik.

4.5.2 Kalibrasi Model Hidrolika HEC-RAS 6.3.1

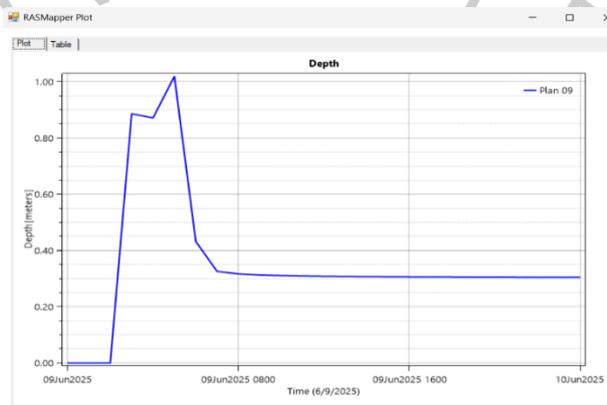
Hasil simulasi pada aplikasi HEC-RAS 6.3.1 harus dibandingkan dengan data kenyataannya yang pernah terjadi pada lokasi penelitian dengan cara dikalibrasi sama seperti pada aplikasi SWMM 5.2.



Gambar 4. 47 Perbandingan Antara (A) Peta Banjir Perumahan Pamulang Asri 2 (B) Simulasi Limpasan Banjir R10 HEC-RAS (C) Simulasi Limpasan Banjir R25 HEC-RAS (D) Simulasi Limpasan Banjir R50 HEC-RAS (Dokumentasi Pribadi, 2025)

Berdasarkan Gambar 4.47, wilayah limpasan banjir yang termasuk dalam zona rawan banjir telah sesuai dengan hasil simulasi menggunakan HEC-RAS 6.3.1, yang terlihat pada gambar (A) dan (B) untuk periode ulang 10 tahun. Simulasi limpasan pada gambar (B) untuk periode ulang 25 tahun dan gambar (C), yaitu untuk periode ulang 50 tahun, juga konsisten dengan kejadian banjir terbesar yang tercantum pada

peta banjir (A). Banjir dengan intensitas tertinggi terjadi pada Januari 2020, dengan curah hujan sebesar 176,93 mm yang hampir mendekati nilai curah hujan periode 50 tahun yakni 188,51 mm (Tabel 4.15). Pada Area Rawan Banjir di Perumahan Pamulang Asri 2 yang terjadi pada Januari 2020 lalu memiliki ketinggian setinggi 1 meter yang hampir mendekati ketinggian yang didapatkan oleh aplikasi HEC-RAS yaitu setinggi 1,042 meter (Gambar 4.47). Adanya perbedaan ini diduga karena ketelitian DEMNAS yang digunakan masih belum cukup tinggi dan akurat, sehingga terdapat perbedaan yang cukup kecil. Namun, simulasi pada aplikasi HEC-RAS tetap dapat dilanjutkan meskipun terdapat perbedaan tersebut.

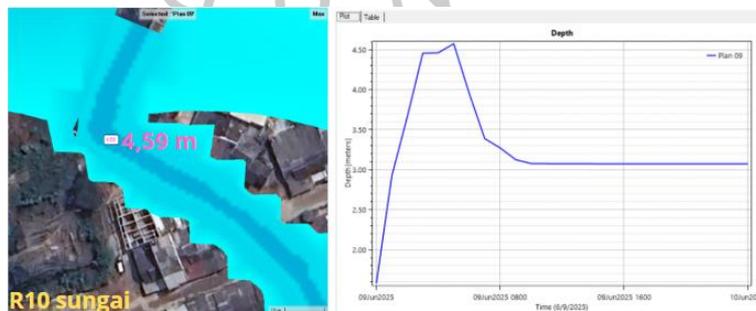


Gambar 4. 48 Ketinggian Banjir pada Area Rawan Banjir di Perumahan Pamulang Asri 2 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

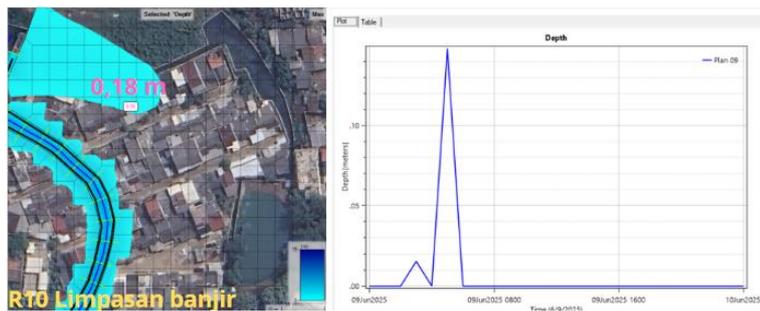
4.5.3 Hasil Analisis Hidrolika HEC-RAS 6.3.1 dan Pembahasan

Analisis hidrolika menggunakan aplikasi HEC-RAS 6.3.1 memperlihatkan hasil tinggi muka air banjir dan luas limpasan banjir untuk periode ulang 10, 25, dan 50 tahun, baik sebelum dan sesudah penerapan mitigasi kolam retensi. Berikut merupakan hasil simulasi yang diperoleh dari proses simulasi tersebut menggunakan HEC-RAS 6.3.1:

A. Hasil Hidrolika Sebelum Adanya Kolam Retensi

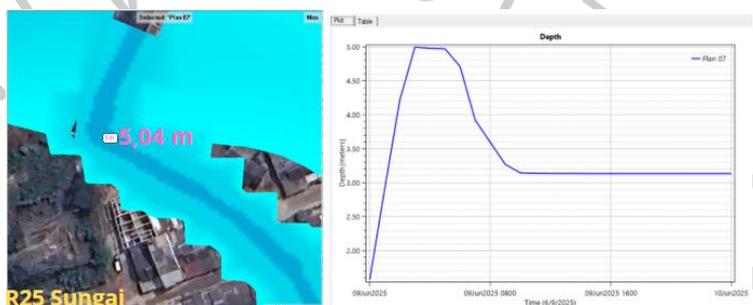


(A)

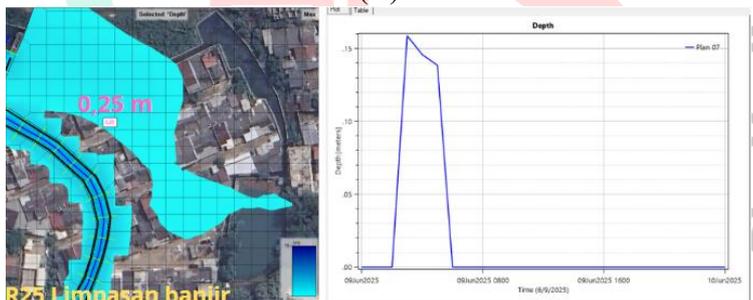


(B)

Gambar 4. 49 Elevasi Air Periode Ulang 10 Tahun Pada Aliran Anak Sungai Angke Tanpa Kolam Retensi (A) Sungai dan (B) Limpasan Banjir Pada Perumahan Pamulang Asri 2 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

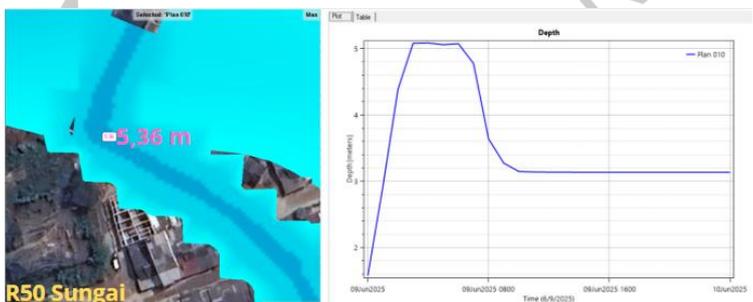


(A)

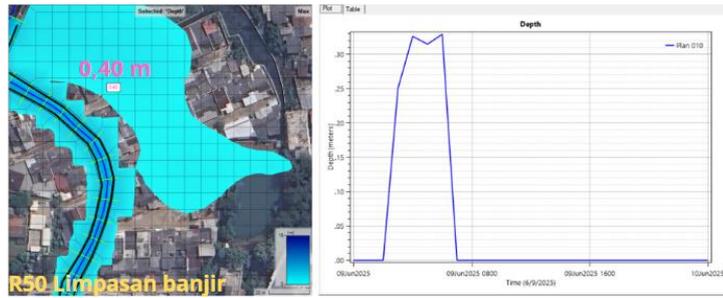


(B)

Gambar 4. 50 Elevasi Air Periode Ulang 25 Tahun Pada Aliran Anak Sungai Angke Tanpa Kolam Retensi (A) Sungai dan (B) Limpasan Banjir Pada Perumahan Pamulang Asri 2 (Dokumentasi Pribadi, 2025)



(A)

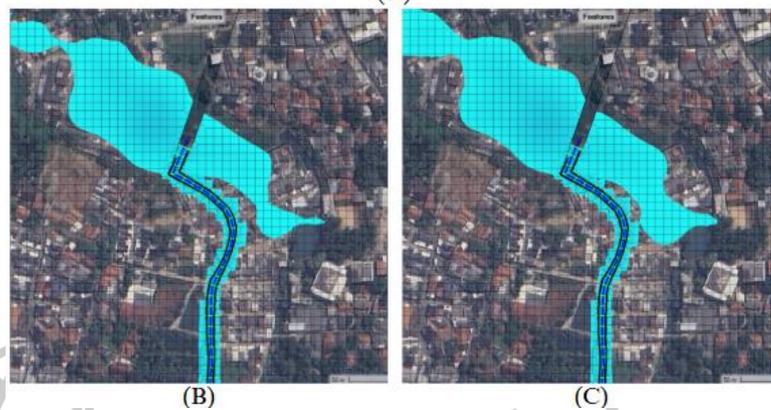


(B)

Gambar 4. 51 Elevasi Air Periode Ulang 50 Tahun Pada Aliran Anak Sungai Angke Tanpa Kolam Retensi (A) Sungai dan (B) Limpasan Banjir Pada Perumahan Pamulang Asri 2 (Dokumentasi Pribadi, 2025)



(A)



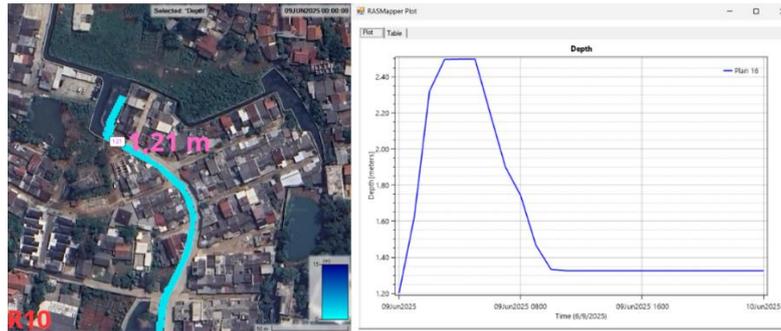
(B)

(C)

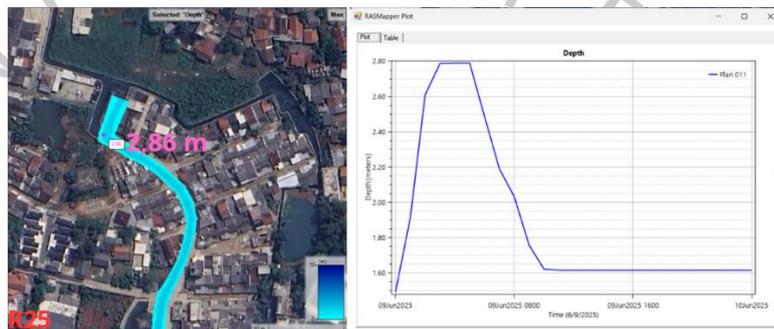
Gambar 4. 52 Limpasan Banjir Periode Ulang Perumahan Pamulang Asri 2 (A) 10 Tahun, (B) 25 Tahun, dan (C) 50 Tahun Tanpa Kolam Retensi (Dokumentasi Pribadi, 2025)

Berdasarkan Gambar 4.52, hasil simulasi hidrolika menggunakan HEC-RAS 6.3.1 menunjukkan bentuk limpasan banjir sebelum adanya kolam retensi untuk periode ulang 10, 25, dan 50 tahun. Pada Gambar 4.49 hingga 4.51 menampilkan titik alur sungai yang digunakan untuk mengetahui elevasi tinggi muka air banjir sebelum penerapan kolam retensi. Setelah itu, simulasi hidrolika dilakukan kembali dengan adanya kolam retensi sebagai langkah mitigasi banjir.

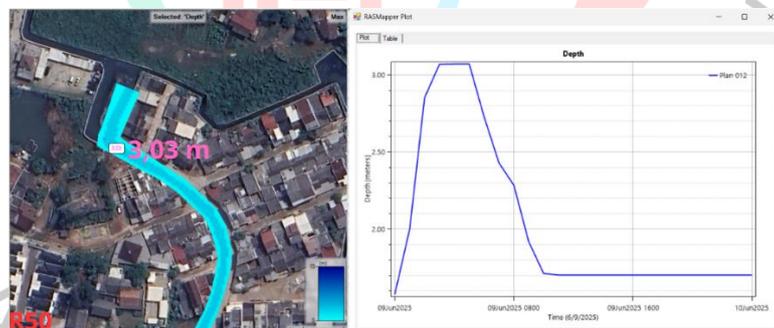
B. Hasil Hidrolika Setelah Adanya Kolam Retensi



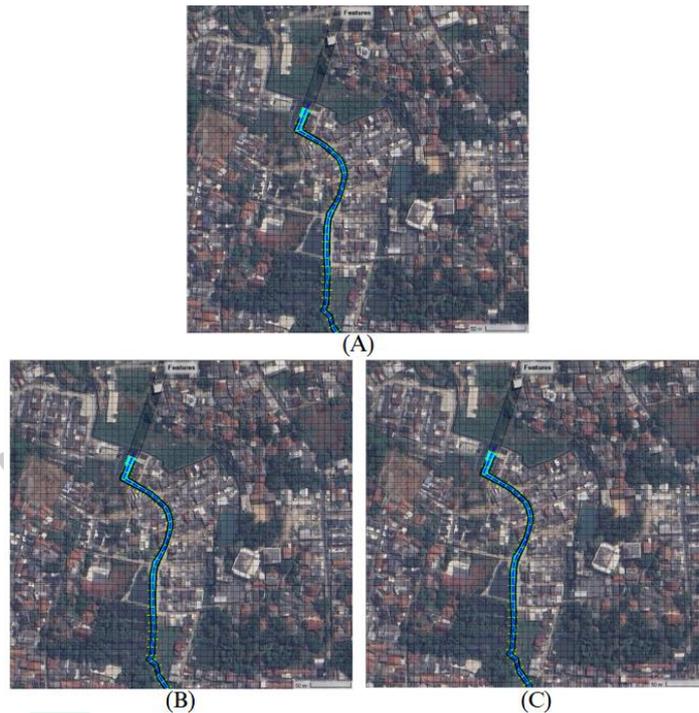
Gambar 4. 53 Elevasi Air Periode Ulang 10 Tahun Pada Aliran Anak Sungai Angke Dengan Kolam Retensi (Dokumentasi Pribadi, 2025)



Gambar 4. 54 Elevasi Air Periode Ulang 25 Tahun Pada Aliran Anak Sungai Angke Dengan Kolam Retensi (Dokumentasi Pribadi, 2025)



Gambar 4. 55 Elevasi Air Periode Ulang 50 Tahun Pada Aliran Anak Sungai Angke Dengan Kolam Retensi (Dokumentasi Pribadi, 2025)



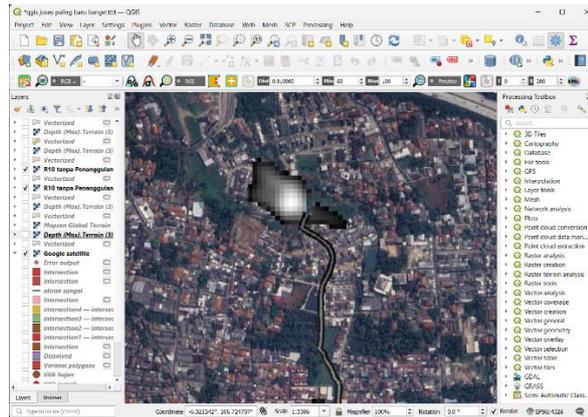
Gambar 4. 56 Limpasan Banjir Periode Ulang Perumahan Pamulang Asri 2 (A) 10 Tahun, (B) 25 Tahun, dan (C) 50 Tahun Dengan Kolam Retensi (Dokumentasi Pribadi, 2025)

Pada Gambar 4.53 hingga Gambar 4.55 memperlihatkan titik alur sungai yang digunakan untuk mengamati elevasi tinggi muka air banjir yang sudah tidak terdapat limpasan banjir dari aliran sungai setelah adanya kolam retensi dengan kedalaman 5 meter. Berdasarkan Gambar 4.56, hasil simulasi hidrolika menggunakan HEC-RAS 6.3.1 menunjukkan bentuk limpasan banjir setelah penerapan kolam retensi dengan kedalaman efektif 5 meter untuk periode ulang 10, 25, dan 50 tahun. Simulasi pada kedalaman tersebut menunjukkan bahwa tidak terjadi limpasan banjir, menandakan efektivitas kolam retensi dalam mengendalikan banjir pada skenario ini.

4.5.4 Pengolahan Data Simulasi Hidrolika HEC-RAS 6.3.1 dan Pembahasan

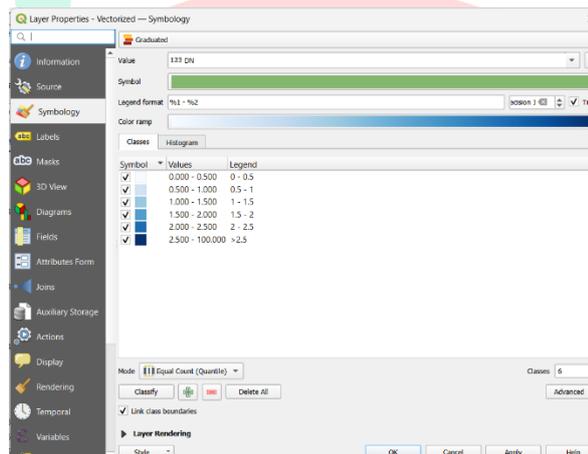
Seluruh hasil hidrolika dari HEC-RAS akan diproses menggunakan aplikasi QGIS 3.22.11 guna mendapatkan data berupa luas limpasan dan kedalaman banjir. Berikut langkah-langkah yang dilakukan dalam mengolah hasil simulasi hidrolika menggunakan QGIS:

1. *Export layer* di aplikasi HEC-RAS, kemudian klik *layer* yang sudah selesai lalu simpan dalam *format file .tif*. File hasil *export* ini kemudian dapat digunakan dalam aplikasi QGIS.



Gambar 4. 57 Hasil file export pada QGIS 6.33.11 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

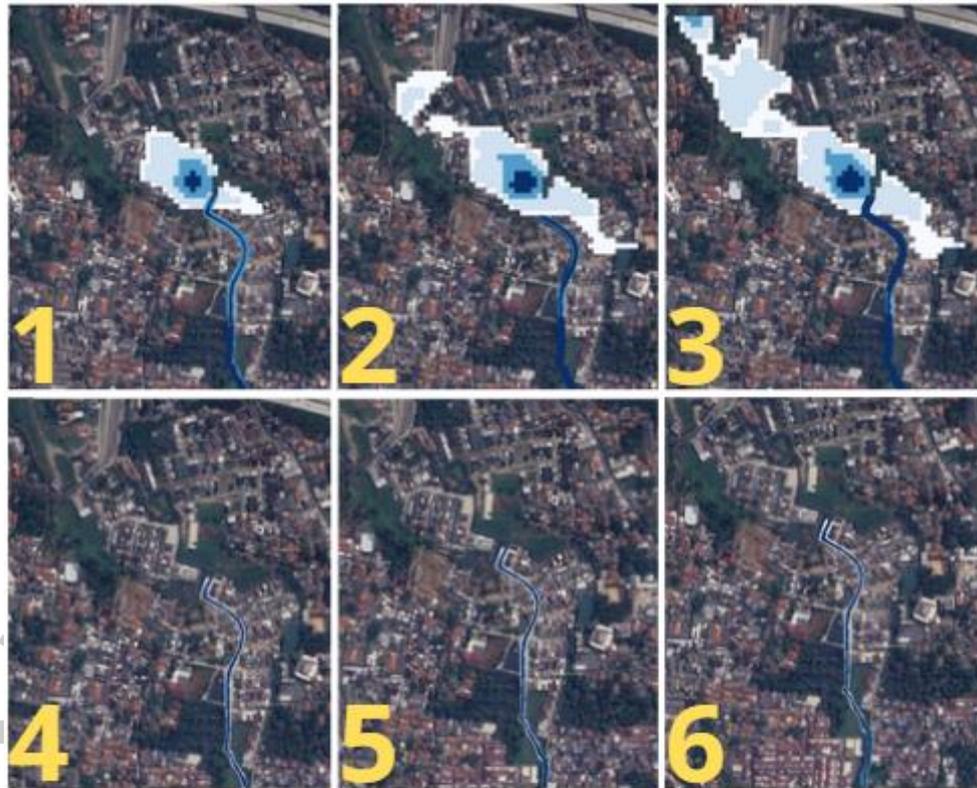
2. Setelah file dimasukkan ke dalam aplikasi QGIS, data awal yang berupa *raster* akan diubah menjadi *layer vector* dengan cara memilih fitur *raster*, kemudian memilih opsi *conversion* dan mengklik *polygonize (raster to vector)*.
3. *Layer* yang telah diubah menjadi data *vector* kemudian disesuaikan warnanya sesuai dengan kedalaman dengan mengatur melalui *Symbology properties*.



Gambar 4. 58 Pengaturan Warna Berdasarkan Kedalaman pada QGIS 6.33.11 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

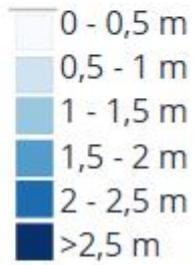
4. Selanjutnya, *layer* yang telah disesuaikan propertinya akan diproses menggunakan fitur *raster layer unique values report*, yang berfungsi untuk mengidentifikasi kedalaman banjir serta menghitung luas *area* limpasan banjir.

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. 59 Hasil Kedalaman dan Limpasan Banjir Pada Simulasi Hidrolika di Perumahan Pamulang Asri 2 (Dokumentasi Pribadi, 2025)

Tabel 4. 33 Hasil Kedalaman dan Luas Limpasan Banjir Pada Simulasi Hidrolika di Perumahan Pamulang Asri 2

Kondisi Geometri	Periode Ulang (Tahun)	Kedalaman Limpasan Banjir (m)			Total Luas Limpasan (m ²)
		Terendah	Terdalam	Sungai	
Tanpa Kolam Retensi	10	0.02	2.13	4.40	12456
	25	0.04	2.51	4.66	24629,98
	50	0.07	2.66	4.98	37020
Dengan Kolam Retensi	10	0	0	1.87	0
	25	0	0	2.02	0
	50	0	0	2.22	0

Sumber : Diolah Oleh Penulis (2025)

Dapat dibandingkan dari hasil pada Gambar 4.59 mengenai luas limpasan banjir pada saat sebelum dan sesudah adanya kolam retensi, yaitu tidak adanya limpasan setelah adanya kolam retensi. Berdasarkan Tabel 4.33 terlihat perubahan luas limpasan banjir, pada saat tanpa mitigasi luas banjir yang terjadi cukup besar, yaitu sebesar 12456 m² (periode 10 tahun), 24629,98 m² (periode 25 tahun), dan 37020 m² (periode 50 tahun). Setelah adanya kolam retensi banjir pada Anak Sungai Angke di Perumahan Pamulang Asri 2 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.

