

# Mengoptimalkan Pemeliharaan Infrastruktur melalui Analisis Genangan Banjir di Graha Artha Residence Menggunakan *Storm Water Management Model (SWMM)*

Fatkhur Rochman<sup>1</sup>, Mahdika Putra Nanda<sup>1\*</sup> dan Hamdani Abdulgani<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wiralodra, Indonesia 45213

\* penulis koresponden: dikananda.ft@unwir.ac.id

**Abstrak:** Kecamatan Sindang yang terletak di Kabupaten Indramayu, secara berulang mengalami genangan saat hujan terjadi, terutama di sepanjang saluran drainase di Perumahan Graha Artha Residence. Faktor utama pemicunya adalah perubahan lingkungan yang awalnya pada tahun 2015 merupakan lahan rawa yang berfungsi sebagai resapan air, mengakibatkan sistem drainase yang ada saat ini tidak dapat mengatasi secara efisien aliran air hujan yang tinggi dan sering mengakibatkan genangan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis saluran drainase di perumahan Graha Artha dengan menggunakan perangkat lunak Storm Water Management Model (SWMM). Data yang diperlukan untuk analisis diperoleh dari survei lapangan dan pemodelan dengan mempertimbangkan periode ulang Q2, Q5, dan Q10 tahun. Hasil analisis menunjukkan tinggi genangan rata-rata selama periode ulang Q2 tahun adalah 205,509 mm dengan lama genangan 1,81 jam. Pada periode ulang Q5 tahun, tinggi genangan rata-rata mencapai 218,900 mm dengan lama genangan 1,82 jam, sementara pada periode ulang Q10 tahun, tinggi genangan rata-rata mencapai 230,490 mm dengan lama genangan 1,91 jam. Selanjutnya, kapasitas rata-rata saluran eksisting di perumahan Graha Artha sebesar 0,0015 m<sup>3</sup> ternyata tidak mampu menampung debit intensitas pada periode ulang Q2 tahun, Q5 tahun, maupun Q10 tahun. Sebagai solusi, dilakukan evaluasi dengan menambah kedalaman saluran dari 0,3 meter menjadi 1 meter. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa dengan penambahan kedalaman tersebut, volume rata-rata saluran meningkat dari 0,0035 m<sup>3</sup> menjadi 0,0130 m<sup>3</sup>, mengindikasikan peningkatan kemampuan saluran dalam menampung debit air. Hasil penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang kondisi drainase di perumahan Graha Artha dan memberikan rekomendasi untuk peningkatan kapasitas saluran guna mengurangi risiko genangan air di masa yang akan datang.

Diterima: 13 November 2023  
Diperbaiki: 02 April 2024  
Disetujui: 08 April 2024

**Kata kunci:** genangan; sistem drainase; kapasitas saluran; kala ulang; (SWMM)

## 1. Pendahuluan

Banjir adalah peristiwa ketika air tidak mampu ditampung oleh saluran pembuangan atau mengalami hambatan aliran, sehingga mengakibatkan luapan air yang menyebabkan genangan di daerah sekitarnya, yang biasanya disebut sebagai dataran banjir. Banjir secara teoritis diakibatkan oleh volume air di suatu badan air seperti sungai atau danau yang meluap dan kemudian melimpas dari bendungan sehingga air keluar dari sungai dan merendam daratan, beberapa faktor seperti ukuran dan sifat sungai di dalam dan sekitar sungai. Tinggi muka air di hilir juga menentukan terjadi atau tidaknya banjir di suatu wilayah tersebut [1] Dampak yang sangat signifikan akibat banjir bagi

masyarakat dalam dekade terakhir telah menyebabkan kerusakan lebih dari 400 miliar USD hal ini mempengaruhi jutaan orang di seluruh dunia [2]. Faktor lain yang menyebabkan banjir adalah dampak dari aktivitas manusia. Hal ini termasuk perubahan penggunaan lahan, pembuangan sampah yang tidak terkendali, perkembangan kawasan kumuh di sekitar sungai atau sistem drainase, serta kurangnya perencanaan yang baik dalam mengatasi banjir [3,4], curah hujan yang sangat tinggi melebihi kapasitas saluran di wilayah tersebut serta, saluran pembuangan yang tidak mampu menampung debit air yang ada, dan penumpukan endapan sedimen yang mengurangi kapasitas tampungan juga menjadi penyebab terjadinya banjir dan genangan [5,6]. Genangan air memiliki dampak yang merugikan, diantaranya mengakibatkan kerusakan Infrastruktur, kerugian ekonomi, serta mengganggu pasokan air bersih [7]. Dampak lain dari banjir bisa mengakibatkan kerusakan pada pemukiman masyarakat apabila air meluap sampai ke pemukiman [8] Kecamatan Sindang, yang terletak di Kabupaten Indramayu, sering kali mengalami genangan akibat banjir saat hujan terjadi, terutama di perumahan Graha Artha Residence. Masalah utamanya adalah perubahan lingkungan di wilayah tersebut. Pada tahun 2015 Daerah yang tadinya rawa kini menjadi tempat permukiman karena peningkatan jumlah penduduk. Namun, sistem drainase yang ada tidak bisa menangani air hujan dengan baik karena tidak memadai [9]. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis saluran yang terdampak untuk periode ulang 2, 5, dan 10 tahun ke depan dengan menggunakan perangkat lunak SWMM (Storm Water Management Model). SWMM dikembangkan oleh Office of Research and Development, Water Supply and Water Resources Division, United States Environmental Protection Agency, untuk melakukan analisis hidrolis dan hidrologi [10]

## 2. Metode

Lokasi penelitian dilakukan pada saluran drainase di perumahan Graha Artha Kecamatan Sindang kabupaten Indramayu. Penelitian ini merupakan analisis kualitatif dengan pendekatan kuantitatif. Pendekatan kualitatif melibatkan penggunaan data deskriptif seperti wawancara dengan warga sekitar terkait genangan yang terjadi akibat banjir apabila hujan, sementara pendekatan kuantitatif memanfaatkan data numerik untuk menguji hipotesis atau pola yang mungkin muncul dalam dataset [11]. Berikut adalah tahapan penelitian.

### 2.1. Mengolah data hujan

Data yang dimaksud ialah data hujan yang berasal dari stasiun hujan yang di gunakan yaitu stasiun hujan Indramayu.

### 2.2. Menghitung hujan Periode Ulang menggunakan Log pearson III

$$\text{Log } X_{\tau} = \text{log}X + K.S$$

### 2.3. Menghitung debit rencana untuk periode ulang 2, 5 dan 10 tahun dengan menggunakan rumus [12]

$$Q = 0,002778 . C.I.A$$

Dimana Q = Debit puncak (m<sup>3</sup>/det)

C = Koefisien limpasan

I = intensitas hujan dengan durasi sama dengan waktu konsentrasi banjir (mm/jam)

A = Luas daerah aliran (ha)

### 2.4. Menghitung debit saluran dengan menggunakan rumus manning

$$Q = A.V$$

Dimana Q = Debit saluran (m<sup>3</sup>/detik)

V = Kecepatan aliran (m/detik)

A = Luas basah saluran (m<sup>2</sup>)

2.5. Mengitung kapasitas penampang saluran.

2.6. Menghitung tinggi dan lama genangan dengan cara membandingkan debit rencana dengan debit tampungan ( $Q_p$ - $Q_s$ ), untuk menghitung lamanya pengeringan yaitu dengan cara volume antri dibagi volume saluran skunder ( $V_{antri}/V_{salaskunder}$ )

2.7. Analisis menggunakan software SWMM

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Data curah hujan

**Tabel 1.** Data curah hujan harian maksimum 15 tahun terakhir stasiun hujan Indramayu

Tahun	Curah hujan maksimum (mm)
2008	84
2009	102
2010	117
2011	54
2012	68
2013	130
2014	180
2015	61
2016	90
2017	50
2018	76
2019	160
2020	118
2021	145
2022	105

Sumber: PUPR Kabupaten Indramayu Bidang SDA

#### 3.2. Distribusi Hujan

Uji distribusi hujan dalam penelitian ini menggunakan metode Metode Log Pearson III, Metode Log Pearson III relatif mudah diimplementasikan dan digunakan dalam analisis data hujan, serta terbukti memberikan hasil yang cukup akurat dalam mengestimasi parameter distribusi hujan. Berikut adalah tabel nilai distribusi hujannya.

**Tabel 2.** Distribusi hujan metode Log person III

Tahun	X	Log X	X-Xt	(X-Xt) <sup>2</sup>	(X-Xt) <sup>3</sup>
2008	72,2	1,8585	0,0687	0,0047	0,0003
2009	74,54	1,8724	0,0826	0,0068	0,0006
2010	70,87	1,8505	0,0606	0,0037	0,0002
2011	67,45	1,8290	0,0392	0,0015	0,0001
2012	63,23	1,8009	0,0111	0,0001	0,0000
2013	64,89	1,8122	0,0223	0,0005	0,0000
2014	61,13	1,7863	-0,0036	0,0000	0,0000
2015	70,12	1,8458	0,0560	0,0031	0,0002
2016	60,15	1,7792	-0,0106	0,0001	0,0000
2017	65,45	1,8159	0,0261	0,0007	0,0000
2018	64,34	1,8085	0,0187	0,0003	0,0000
2019	64,17	1,8073	0,0175	0,0003	0,0000
2020	56,7	1,7536	-0,0362	0,0013	0,0000
2021	55,25	1,7423	-0,0475	0,0023	-0,0001

Tahun	X	Log X	X-Xt	(X-Xt) <sup>2</sup>	(X-Xt) <sup>3</sup>
2022	30,55	1,4850	-0,3048	0,0929	-0,0283
Xrt (Rerata)	65,035	1,790			
jumlah	941,04	26,847			
Koefisien kemencengan	0,161				
Simpangan baku	0,0255				

Rata-rata curah hujan per jam adalah 65,7035 mm dengan standar deviasi 1,823 mm. Total curah hujan dalam periode tertentu adalah 960,24 mm dari 27,010 peristiwa hujan. Koefisien kemencengan data adalah 0,161, menandakan sedikit kemiringan ke kanan (positif), sementara simpangan baku adalah 0,0255, menggambarkan tingkat variasi data dari rata-rata.

### 3.3. Perhitungan Hujan Periode Ulang

Perhitungan hujan periode ulang merupakan metode yang digunakan untuk mengestimasi intensitas hujan yang mungkin terjadi dalam suatu periode tertentu. pendekatan ini merujuk pada standar SNI 2415-2016 yang mengatur tata cara perhitungan debit banjir rencana. Berikut adalah tabel rekap hujan periode ulang.

**Tabel 3.** Rekap hujan periode ulang

Hujan Periode Ulang	K	K.Sdev	Xt+K.Sdev	Qt (m <sup>3</sup> /detik)
2	0,16	0,0289	1,983	96,258
5	0,79	0,0245	1,998	99,651
10	1,33	0,0325	2,010	102,405

Berdasarkan **Tabel 3**, pada periode ulang 2 tahun, nilai K adalah 0,16 dengan standar deviasi K.Sdev 0,0289. Ini menghasilkan tingkat curah hujan Xt+K.Sdev sebesar 1,983 mm/jam, dengan total Qt 96,258 mm/jam. Pada periode ulang 5 tahun, K bernilai 0,79 dengan standar deviasi K.Sdev 0,0245, sehingga Xt+K.Sdev menjadi 1,998 mm/jam dan Qt mencapai 99,651 mm/jam. Untuk periode ulang 10 tahun, nilai K adalah 1,33 dengan standar deviasi K.Sdev 0,0324, menghasilkan Xt+K.Sdev sebesar 2,010 mm/jam dan Qt 102,405 mm/jam. Semakin besar periode ulang, nilai K dan total curah hujan yang dihasilkan semakin tinggi. Standar deviasi K.Sdev juga menunjukkan tingkat variasi atau ketidakpastian dalam perkiraan curah hujan berdasarkan periode ulang

### 3.4. Waktu Konsentrasi

Perhitungan waktu konsentrasi menggunakan rumus Kirpich, yang dimana pada perhitungan menggunakan parameter panjang saluran dan kemiringan dasar saluran. Tabel dibawah berikut adalah rekap perhitungan waktu konsentrasi (Tc).

**Tabel 4.** Rekap perhitungan waktu konsentrasi (Tc)

Saluran	Catchment Area L (ha)	Panjang Saluran M	Elevasi Saluran		Kemiringan saluran	Waktu Konsentrasi tc (jam)	Kecepatan Aliran V (m/s)
			Hulu (m)	Hilir (m)			
Blok A	0,750	80	20,4	20,3	0,0012	0,1300	0,0040
Blok B1	0,225	188	20,75	20,4	0,0019	0,2148	0,0060
Blok B2	0,225	510	20,75	20,4	0,0007	0,7170	0,0022
Cencrawasih 1	0,210	270	20,4	20	0,0015	0,3132	0,0047
Cencrawasih2	0,210	270	20,4	20	0,0015	0,3132	0,0047
Blok E1	0,225	46	20,4	20	0,0087	0,0390	0,0279
Blok E2	0,225	69,04	20,4	20	0,0058	0,0626	0,0186

Saluran	Catchment Area L (ha)	Panjang Saluran M	Elevasi Saluran		Kemiringan saluran	Waktu Konsentrasi tc (jam)	Kecepatan Aliran V (m/s)
			Hulu (m)	Hilir (m)			
Blok E3	0,225	130,82	20,4	20	0,0031	0,1325	0,0098
Blok E4	0,225	95,26	20,4	20	0,0042	0,0912	0,0135
Blok E5	0,225	80,45	20,4	20	0,0050	0,0748	0,0159
Blok E6	0,225	218,2	20,4	20	0,0018	0,2428	0,0059
Blok E7	0,225	127	20,4	20	0,0031	0,0762	0,0101

Berdasarkan data yang disajikan pada tabel di atas, terjadi variasi dalam kemiringan saluran dan waktu konsentrasi di setiap saluran. Saluran Jl Cendrawasih menunjukkan kemiringan saluran yang rendah (0,0015) dan waktu konsentrasi yang cukup tinggi (0,3132 jam), menandakan bahwa aliran air melalui saluran tersebut membutuhkan waktu yang lebih lama. Sebaliknya, Saluran Blok E1 memiliki waktu konsentrasi yang sangat singkat (0,0390 jam), menandakan bahwa aliran air dapat dengan cepat melewati saluran tersebut. Perlu dicatat bahwa faktor-faktor lain seperti panjang dan elevasi saluran juga memiliki dampak pada perilaku hidrologi di setiap saluran.

### 3.5. Analisis Debit Banjir Rencana

Untuk menghitung hujan kala ulang periode tertentu dibutuhkan data intensitas rancangan (I) sebagai parameter perhitungan debit rencana. Berikut adalah rekapan perhitungan intensitas hujan dan debit rencana

**Tabel 5.** Perhitungan Intensitas Hujan Dan Debit Banjir Rencana

Nama Saluran	Catchment Area (ha)	Koefisien Limpasan C	Intensitas Hujan I (mm/jam)			Debit Rencana Qp (m <sup>3</sup> /detik)		
			2 th	5 Th	10 Th	2 th	5 Th	10 Th
Blok A	0,27	0,65	130,458	135,009	136,918	0,0607	0,0628	0,0637
Blok B1	0,17	0,65	93,3203	96,576	97,942	0,0273	0,0283	0,0287
Blok B2	0,57	0,65	41,7869	43,245	43,856	0,0410	0,0425	0,0431
Cencrawasih 1	0,11	0,65	72,5888	75,122	76,184	0,0138	0,0142	0,0144
Cencrawasih2	0,57	0,65	72,5888	75,122	76,184	0,0713	0,0738	0,0748
Blok E1	0,1	0,65	180,003	186,282	191,499	0,0310	0,0321	0,0330
Blok E2	0,11	0,65	212,363	219,772	222,880	0,0403	0,0417	0,0423
Blok E3	0,15	0,65	128,809	133,303	135,188	0,0333	0,0344	0,0349
Blok E4	0,18	0,65	165,171	170,934	173,351	0,0512	0,0530	0,0537
Blok E5	0,26	0,65	188,483	195,060	197,817	0,0844	0,0874	0,0886
Blok E6	0,28	0,65	86,0037	89,004	90,263	0,0415	0,0429	0,0435
Blok E7	0,21	0,65	186,313	192,814	195,540	0,0674	0,0697	0,0707

Berdasarkan hasil tabel yang disajikan, dapat dilihat bahwa terdapat variasi yang signifikan dalam parameter-parameter hidrologis di berbagai saluran. Nilai koefisien limpasan didapatkan dari tipe daerah aliran yaitu perumahan dengan jenis tanah multi unit tergabung dengan rentang nilai 0.60-0.75 [13]. Saluran Blok A memiliki catchment area yang paling kecil, tetapi intensitas hujan tertinggi dan debit rencana yang relatif rendah. Sebaliknya, Saluran Blok E5 memiliki catchment area yang lebih besar dengan intensitas hujan yang cukup tinggi, menghasilkan debit rencana yang paling tinggi di antara semua saluran yang terdaftar, dalam pemantauan dan manajemen saluran air, perhatian khusus perlu diberikan pada saluran-saluran dengan catchment area yang besar dan intensitas hujan tinggi, karena

cenderung menghasilkan debit yang lebih besar dan berpotensi menyebabkan risiko banjir yang lebih tinggi.

### 3.6. Kapasitas Saluran Eksisting

Dalam menganalisa saluran drainase didapatkan dimensi saluran dari hasil survey lapangan selanjutnya akan di plotkan pada software SWMM kapasitas saluran drainase nantinya akan di bandingkan besarnya dengan besarnya debit banjir rencana periode ulang yang akan di kaji yaitu 5 dan 10 tahun pada SWMM sehingga dapat diketahui kemampuan saluran dalam menerima bedit banjir rencana. Berikut adalah rekapan Hasil perhitungan kapasitas saluran eksisting dapat dilihat pada **Tabel 6** di bawah ini.

**Tabel 6.** rekap hitungan kapasitas saluran eksisting

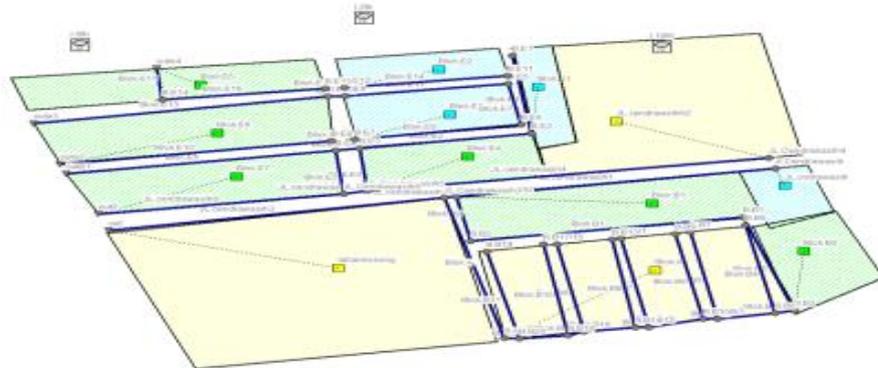
Saluran	L (ha)	n	S	B (m)	hsal (m)	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	V (m/s)	Qsal (m <sup>3</sup> /s)
Blok A	0,27	0.013	0,00125	1	0,5	0,5000	1,00	0,5	0,0040	0,0020
Blok B1	0,17	0.013	0,00186	0,45	0,3	0,1350	0,27	0,5	0,0060	0,0008
Blok B2	0,57	0,013	0,00069	0,45	0,3	0,1350	0,27	0,5	0,0022	0,0003
Cencrawasih 1	0,11	0.013	0,00148	0,45	0,3	0,1350	0,27	0,5	0,0047	0,0006
Cencrawasih2	0,57	0,013	0,00148	0,45	0,3	0,1350	0,27	0,5	0,0047	0,0006
Blok E1	0,1	0.013	0,00870	0,45	0,3	0,1350	0,27	0,5	0,0279	0,0038
Blok E2	0,11	0,013	0,00579	0,45	0,3	0,1350	0,27	0,5	0,0186	0,0025
Blok E3	0,15	0,013	0,00306	0,45	0,3	0,1350	0,27	0,5	0,0098	0,0013
Blok E4	0,18	0,013	0,00420	0,45	0,3	0,1350	0,27	0,5	0,0135	0,0018
Blok E5	0,26	0,013	0,00497	0,45	0,3	0,1350	0,27	0,5	0,0159	0,0022
Blok E6	0,28	0,013	0,00183	0,45	0,3	0,1350	0,27	0,5	0,0059	0,0008
Blok E7	0,21	0,013	0,00314	0,45	0,3	0,1350	0,27	0,5	0,0101	0,0014

**Tabel 6** diatas menunjukkan bahwa terdapat variasi yang signifikan dalam parameter-parameter hidrologis di berbagai saluran. Meskipun beberapa saluran memiliki luas catchment area yang hampir sama, seperti Saluran Cencrawasih 1 (0,11 ha) dan Saluran Cencrawasih 2 (0,57 ha), namun terdapat perbedaan yang cukup besar dalam nilai-nilai seperti kecepatan aliran (V) dan debit air (Qsal). Misalnya, Saluran Cencrawasih 1 memiliki kecepatan aliran sebesar 0,0047 m/s dan debit air sebesar 0,0006 m<sup>3</sup>/s, sedangkan Saluran Cencrawasih 2 memiliki kecepatan aliran sebesar 0,0047 m/s dan debit air sebesar 0,0006 m<sup>3</sup>/s. Hal ini menunjukkan bahwa karakteristik topografi dan kondisi hidrologis di setiap saluran dapat memiliki pengaruh yang signifikan terhadap perilaku aliran air. Selain itu, saluran dengan luas catchment area yang lebih kecil, seperti Saluran Blok A (0,27 ha), cenderung memiliki nilai-nilai parameter yang lebih rendah dibandingkan dengan saluran dengan catchment area yang lebih besar. Misalnya, Saluran Blok A memiliki kecepatan aliran sebesar 0,0040 m/s dan debit air sebesar 0,0020 m<sup>3</sup>/s.

### 3.7. Analisa Genangan dengan SWMM

Menganalisis banjir dan genangan yang terjadi di perumahan Graha Artha menggunakan perangkat lunak SWMM bertujuan untuk mengukur volume genangan yang muncul akibat air yang meluap dari saluran drainase perumahan. Analisis ini terfokus pada curah hujan dengan periode ulang 2 tahun, 5 tahun dan 10 tahun. Hasil dari perangkat lunak SWMM ini memperoleh informasi tentang profil permukaan air di dalam sistem saluran drainase, serta aspek-aspek penting yang terkait dengan banjir,

seperti kedalaman air, kecepatan aliran, dan area genangan. Berikut adalah gambar hasil simulasi menggunakan software SWMM.



**Gambar 1.** Subcatchmen setelah di running

Berdasarkan hasil running software SWMM yang terlihat pada **Gambar 1**, menunjukkan daerah yang mengalami limpasan, subcatchment yang berwarna hijau menunjukkan tinggi limpasan 0,05 sampai 0,10 cm sedangkan subcatchment yang berwarna kuning menunjukkan tinggi genangan 0,10 sampai 0,50 cm.

### 3.7.1. Kala ulang 2 tahunan

**Tabel 7** di bawah ini memperlihatkan hasil running dengan software SWMM yang mengalami genangan

**Tabel 7.** Running software SWMM 2 Tahunan

<i>subcatchment</i>	Puncak limpasan (cm/s)	tinggi genagan mm	lama genangan jam
JL. Cendrawasih	0,03	207,03	2,48
JL. Cendrawasihh2	0,18	202,89	2,48
Blok BA	0,17	204,11	2,48
Blok B1	0,08	205,2	2,48
Blok B2	0,05	200,19	2,48
Blok E1	0,03	208,57	2,48
Blok E2	0,03	208,67	0,67
Blok E3	0,05	208,66	0,67
Blok E4	0,05	205,22	2,48
Blok E5	0,07	206,84	0,80
Blok E6	0,09	208,5	0,67
Blok E7	0,08	205,19	0,80
Lahan kosong	0,31	202,07	2,483

Subcatchment dengan puncak limpasan tertinggi adalah lahan kosong, mencapai 0,31 cm/s, yang juga memiliki tinggi genangan tertinggi pada 202,07 mm dan lama genangan 2,483 jam. Sementara itu, beberapa blok di kawasan tersebut, seperti Blok E2, Blok E3, Blok E5, dan Blok E7, memiliki puncak limpasan yang cukup rendah, namun tinggi genangan dan lama genangan yang beragam. Hal ini menunjukkan bahwa karakteristik hidrologis di setiap subcatchment dapat bervariasi secara signifikan, tergantung pada faktor-faktor seperti topografi, penggunaan lahan, dan drainase lokal.

### 3.7.2. Kala ulang 5 tahunan

Tabel di bawah berikut memperlihatkan hasil *running software* SWMM daerah yang mengalami genangan kala ulang 5 tahun.

**Tabel 8.** *Running software* SWMM 5 Tahunan

<i>subcatchment</i>	Puncak limpasan (cm/s)	tinggi genangan mm	lama genangan jam
JL. Cendrawasih	0,04	220,54	2,48
JL. Cendrawasihh2	0,19	216,13	2,48
Blok BA	0,19	217,32	2,48
Blok B1	0,09	218,46	2,48
Blok B2	0,06	213,29	2,48
Blok E1	0,03	221,82	2,48
Blok E2	0,04	221,98	0,84
Blok E3	0,05	221,99	0,71
Blok E4	0,06	218,48	2,48
Blok E5	0,07	220,16	0,84
Blok E6	0,09	221,82	0,71
Blok E7	0,08	218,44	0,84
Lahan kosong	0,33	215,28	2,48

Subcatchment dengan puncak limpasan tertinggi adalah lahan kosong, dengan nilai 0,33 cm/s, yang juga memiliki tinggi genangan 215,28 mm dan lama genangan 2,48 jam. Selanjutnya, Blok E1 memiliki tinggi genangan tertinggi dengan nilai 221,82 mm, meskipun memiliki puncak limpasan yang relatif rendah, yakni 0,03 cm/s. Terdapat juga perbedaan yang signifikan antara subcatchment Blok E2, Blok E3, Blok E5, Blok E6, dan Blok E7, yang memiliki lama genangan yang berbeda meskipun memiliki puncak limpasan yang cukup mirip.

### 3.7.3. Kala ulang 10 tahunan

Analisis limpasan air di berbagai lokasi seperti JL. Cendrawasih, Blok BA, B1, B2, E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, serta lahan kosong, kita dapat melihat variasi tinggi genangan dan lama genangan yang lumayan signifikan, **Tabel 9** berikut merupakan hasil *running* kala ulang 10 tahunan.

**Tabel 9.** *Running software* SWMM 10 Tahunan

<i>subcatchment</i>	Puncak limpasan (cm/s)	tinggi genangan mm	lama genangan jam
JL. Cendrawasih	0,030	232,09	2,61
JL. Cendrawasihh2	0,18	227,74	2,61
Blok BA	0,18	228,96	2,61
Blok B1	0,09	230,06	2,61
Blok B2	0,05	225,02	2,61
Blok E1	0,03	233,37	2,61
Blok E2	0,03	233,52	0,75
Blok E3	0,05	233,53	0,75
Blok E4	0,06	230,08	2,61
Blok E5	0,07	231,69	0,88
Blok E6	0,09	233,36	0,75

<i>subcatchment</i>	Puncak limpasan (cm/s)	tinggi genangan mm	lama genangan jam
Blok E7	0,08	230,04	0,88
Lahan kosong	0,32	226,92	2,61

Berdasarkan **Tabel 9** di atas terdapat variasi yang signifikan dalam kondisi perairan di setiap lokasi tersebut. Meskipun demikian, pola umum yang dapat dilihat adalah tinggi genangan yang lebih rendah berkorelasi dengan puncak limpasan yang lebih kecil, serta lama genangan yang cenderung lebih pendek. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan dalam kemampuan daerah tersebut untuk menampung air.

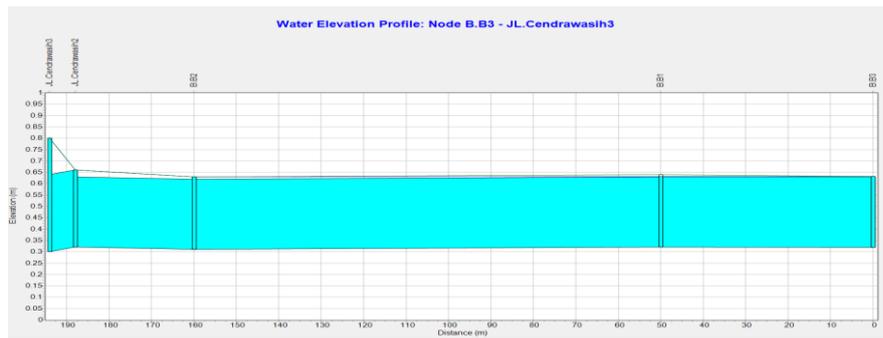
#### 3.7.4. Alternatif penanganan

Mengatasi risiko banjir dan meningkatkan manajemen air di berbagai subcatchment selama periode ulang 2, 5 dan 10 tahun dilakukan perencanaan ulang dimensi saluran. Berikut adalah tabel perencanaan ulang dimensi saluran.

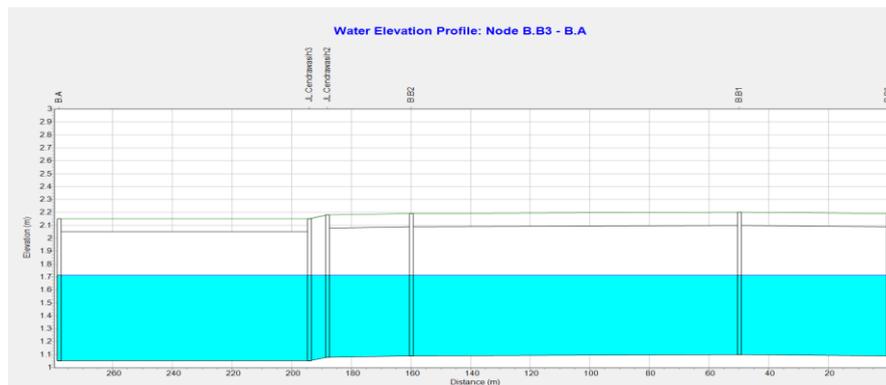
**Tabel 10.** Dimensi saluran setelah di evaluasi

saluran	sebelum di evaluasi			sesudah di evaluasi		
	B (m)	hsal (m)	Qsal (m <sup>3</sup> /s)	B (m)	hsal (m)	Qsal (m <sup>3</sup> /s)
Blok A	1	0,5	0,0020	1	1	0,032051
Blok B1	0,45	0,3	0,0008	0,45	1	0,006137
Blok B2	0,45	0,3	0,0003	0,45	1	0,00198
Cencrawasih 1	0,45	0,3	0,0006	0,45	1	0,001068
Cencrawasih2	0,45	0,3	0,0006	0,45	1	0,001068
Blok E1	0,45	0,3	0,0038	0,45	1	0,021948
Blok E2	0,45	0,3	0,0025	0,45	1	0,014624
Blok E3	0,45	0,3	0,0013	0,45	1	0,007718
Blok E4	0,45	0,3	0,0018	0,45	1	0,010599
Blok E5	0,45	0,3	0,0022	0,45	1	0,01255
Blok E6	0,45	0,3	0,0008	0,45	1	0,004627
Blok E7	0,45	0,3	0,0014	0,45	1	0,007931

Hasil evaluasi menunjukkan adanya perubahan signifikan pada dimensi saluran sebelum dan setelah penyesuaian. Sebagai contoh, pada Blok A, lebar saluran meningkat dari 1 meter menjadi 1 meter, tinggi saluran naik dari 0,5 meter menjadi 1 meter, dan kapasitas aliran meningkat dari 0,0020 m<sup>3</sup>/s menjadi 0,032051 m<sup>3</sup>/s. Begitu juga dengan subcatchment lainnya seperti Blok B1, B2, Cencrawasih 1, Cencrawasih2, Blok E1, E2, E3, E4, E5, E6, dan E7, dimensi saluran yang semula lebih kecil telah disesuaikan untuk meningkatkan kapasitas aliran. Seperti terlihat pada gambar profil di bawah ini.



**Gambar 2.** Profil saluran eksisting yang terjadi limpasan



**Gambar 3.** Profil saluran setelah dilakukan evaluasi

Langkah ini diharapkan akan menciptakan infrastruktur drainase yang lebih efisien dan efektif. Ini akan memungkinkan pengaliran air yang lebih lancar dan aman, serta mengurangi kemungkinan terjadinya genangan air yang dapat merugikan masyarakat dan lingkungan sekitar. Seiring dengan itu, harapannya penyesuaian ini juga dapat meningkatkan kapasitas saluran dalam menampung debit air yang lebih besar saat curah hujan ekstrem terjadi, sehingga risiko banjir dapat diminimalkan secara signifikan. Dengan demikian, langkah-langkah ini menjadi bagian integral dari strategi perlindungan lingkungan yang berkelanjutan dan penguatan infrastruktur yang responsif terhadap perubahan lingkungan.

### 3.7.5. Pembahasan

SWMM merupakan salah satu alat permodelan yang digunakan untuk mengelola air hujan, dan digunakan di sini untuk mengidentifikasi titik-titik rawan genangan banjir di lingkungan perumahan Graha Arta Residence. Analisis SWMM dapat memberikan wawasan mendalam tentang aliran air permukaan, volume air, dan potensi genangan banjir yang dapat terjadi. Dengan memahami dinamika air hujan, pemeliharaan infrastruktur di Graha Artha Residence dapat dioptimalkan dengan penyesuaian yang lebih presisi dan efektif, termasuk perbaikan drainase dan desain sistem tata air yang lebih adaptif. Selain itu, hasil analisis genangan banjir juga dapat digunakan sebagai dasar untuk pengembangan strategi pemeliharaan jangka panjang [12,13]. Dengan mengetahui titik-titik rawan genangan banjir, pihak terkait dapat mengimplementasikan langkah-langkah preventif seperti pembangunan saluran air tambahan, penggunaan material yang dapat meresap air, dan peningkatan kapasitas sistem drainase. Langkah-langkah ini tidak hanya akan meningkatkan daya tahan infrastruktur terhadap genangan banjir, tetapi juga mengoptimalkan pengelolaan sumber daya air di Graha Arta Residence secara keseluruhan [14,15]. Dengan demikian, analisis SWMM tidak hanya

menjadi alat teknis, tetapi juga instrumen strategis untuk mencapai keberlanjutan dan kesiapan lingkungan terhadap perubahan iklim.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan terhadap saluran drainase di perumahan Graha Artha menggunakan perangkat lunak SWMM, dapat disimpulkan bahwa tinggi genangan rata-rata selama periode ulang Q2 tahun adalah 205,509 mm dengan lama genangan 1,81 jam. Pada periode ulang Q5 tahun, tinggi genangan rata-rata mencapai 218,900 mm dengan lama genangan 1,82 jam, sedangkan pada periode ulang Q10 tahun, tinggi genangan rata-rata mencapai 230,490 mm dengan lama genangan 1,91 jam. Kapasitas rata-rata saluran eksisting di perumahan Graha Artha sebesar 0,0015 m<sup>3</sup> ternyata tidak mampu menampung debit intensitas pada periode ulang Q2 tahun, Q5 tahun, maupun Q10 tahun. Sebagai langkah evaluasi, dilakukan penambahan kedalaman saluran dari yang semula 0,3 meter dengan volume rata-rata 0,0035 m<sup>3</sup> menjadi 1 meter dengan volume rata-rata 0,0130 m<sup>3</sup>.

#### Daftar Pustaka

- [1] Nigusse AG, Adhanom OG. Flood Hazard and Flood Risk Vulnerability Mapping Using Geo-Spatial and MCDA around Adigrat, Tigray Region, Northern Ethiopia. *Momona Ethiopian Journal of Science*. 2019 May 30;11(1):90.
- [2] Aerts JCJH. Integrating agent-based approaches with flood risk models: A review and perspective. *Water Secur*. 2020 Dec;11:100076.
- [3] Kartiko L, Waspodo RSB. Analisis Kapasitas Saluran Drainase Menggunakan Program SWMM 5.1 di Perumahan Tasmania Bogor, Jawa Barat. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. 2018 Dec 31;3(3):133–48.
- [4] Ekananda F, Pandjaitan NH, Rau MI. Evaluasi Saluran Drainase di Perumahan Alam Sinar Sari Kabupaten Bogor Jawa Barat. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. 2019 Dec 31;4(3):219–32.
- [5] Teng J, Jakeman AJ, Vaze J, Croke BFW, Dutta D, Kim S. Flood inundation modelling: A review of methods, recent advances and uncertainty analysis. *Environmental Modelling & Software*. 2017 Apr;90:201–16.
- [6] Assaf G, Assaad RH. Optimal Preventive Maintenance, Repair, and Replacement Program for Catch Basins to Reduce Urban Flooding: Integrating Agent-Based Modeling and Monte Carlo Simulation. *Sustainability*. 2023 May 24;15(11):8527.
- [7] Zheng X, Maidment DR, Tarboton DG, Liu YY, Passalacqua P. GeoFlood: Large-Scale Flood Inundation Mapping Based on High-Resolution Terrain Analysis. *Water Resour Res*. 2018 Dec 13;54(12).
- [8] Riswanto S, Nanda MP. Use of Hec-Ras Software to Analyze Floods in Joyoakan Urban Village, Surakarta City, Central Java. *Journal of Advanced Civil and Environmental Engineering*. 2023 May 17;6(1):33.
- [9] Assaf G, Assaad RH. Optimal Preventive Maintenance, Repair, and Replacement Program for Catch Basins to Reduce Urban Flooding: Integrating Agent-Based Modeling and Monte Carlo Simulation. *Sustainability*. 2023 May 24;15(11):8527.
- [10] Seenu PZ, Venkata Rathnam E, Jayakumar K V. Visualisation of urban flood inundation using SWMM and 4D GIS. *Spatial Information Research*. 2020 Aug 9;28(4):459–67.
- [11] Creswell JW. *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. United Kingdom: Sage; 2009.
- [12] Suripin. *Mekanika Fluida Dan Hidraulika Saluran Terbuka Untuk Teknik Sipil*. Penerbit Andi; 2018.
- [13] Wesli. *Drainase Perkotaan. Edisi Pertama- Yogyakarta; Graha Ilmu*. 2008

- [14] Kim H, Mallari KJB, Baek J, Pak G, Choi H II, Yoon J. Considering the effect of groundwater on bioretention using the Storm Water Management Model. *J Environ Manage.* 2019 Feb;231:1270–6.
- [15] Zhang X, Qiao W, Huang J, Li H, Wang X. Impact and analysis of urban water system connectivity project on regional water environment based on Storm Water Management Model (SWMM). *J Clean Prod.* 2023 Oct;423:138840.
- [16] Shahed Behrouz M, Sample DJ, Nayeb Yazdi M. Robustness of storm water management model parameter sets for dry and wet hydroclimatic conditions. *J Clean Prod.* 2023 Jul;411:137328.
- [17] Kim H, Hong S, Limos AG, Geem ZW, Yoon J. Improving water quality modelling for green roof runoff using Storm Water Management Model. *Urban Clim.* 2023 Nov;52:101717.