

## OPTIMALISASI DRAINASE PADA KAWASAN BOOSTER PUMP STATION MENGGUNAKAN SOFTWARE SWMM 5.2

Cahya Sujatmiko<sup>1</sup>, Farida Juwita<sup>2</sup>, Anwar<sup>3</sup>, Dicky Setiawan<sup>4</sup>

Program Studi Teknik Sipil Universitas Sang Bumi Ruwa Jurai<sup>1,2,3,4</sup>

E-mail : cahyasujatmiko@gmail.com<sup>1</sup>, ida\_juwita@yahoo.com<sup>2</sup>,

anwar\_usbrj@yahoo.co.id<sup>3</sup>, setiawandiki415@gmail.com<sup>4</sup>

### ABSTRAK

Sistem drainase yang efektif dan efisien menjadi aspek krusial dalam pengelolaan kawasan yang memiliki potensi risiko genangan air, Booster Pump Station (BPS) merupakan fasilitas yang umumnya terletak di daerah dengan dataran yang memiliki elevasi cukup rendah. Keberadaan BPS rawan terhadap masalah genangan air akibat curah hujan yang tinggi dan kurang optimalnya sistem drainase yang ada. Penelitian ini dilakukan pada kawasan Booster Pump Station dengan tujuan mendapatkan dimensi saluran, debit maksimum, tinggi muka air dan simulasi aliran air menggunakan software SWMM 5.2. Penelitian ini meliputi analisis hidrologi berupa perhitungan curah hujan menggunakan data curah hujan dari tahun 2004 sampai dengan 2023 pada stasiun curah hujan Cisalak Baru, Banjar Irigasi dan Cicinta. Perhitungan curah hujan rata-rata menggunakan metode Poligon Thiessen, curah hujan rancangan dihitung dengan Metode Log Pearson III sedangkan debit rancangan menggunakan metode Rasional. Debit saluran dan kecepatan aliran dihitung menggunakan persamaan manning. Dari penelitian ini didapatkan hasil debit rancangan untuk periode kala ulang 25 tahun adalah 0,64 m<sup>3</sup>/det. Dimensi saluran yang didapatkan untuk kala ulang 25 tahun adalah 0,70 m x 0,80 m sampai dengan 0,90 m x 0,90 m. Tinggi muka air maksimum yang didapatkan untuk kala ulang 25 tahun adalah 0,78 m. Simulasi aliran air didapatkan hasil ketinggian maksimum pada kala ulang 100 tahun terjadi pada menit ke 24 sedangkan debit maksimum pada kala ulang 25 tahun terjadi pada menit ke 24.

**Kata Kunci :** SWMM; Log Pearson III; Drainase; Debit Kala Ulang

### PENDAHULUAN

Sistem drainase yang efisien dan efektif sangat penting untuk mengelola kawasan yang memiliki potensi risiko genangan air, terutama di daerah yang memiliki infrastruktur penting seperti *Booster Pump Station*. *Booster Pump Station* (BPS) adalah fasilitas yang berfungsi untuk meningkatkan tekanan air dalam sistem distribusi, yang biasanya terletak di daerah dataran dengan elevasi rendah. Keberadaan BPS sangat penting untuk mendukung sistem distribusi.

Genangan air dapat mengganggu operasi BPS, merusak infrastruktur, dan meningkatkan risiko lingkungan seperti

pencemaran dan kerusakan jaringan pipa. Oleh karena itu, sistem drainase yang buruk harus diperhitungkan untuk mengantisipasi masalah ini.

Salah satu perangkat lunak yang paling banyak digunakan untuk menganalisis dan merancang sistem drainase perkotaan adalah *Storm Water Management Model* (SWMM) 5.2. SWMM 5.2 memungkinkan perencanaan drainase yang lebih akurat dan berbasis data dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti intensitas hujan, topografi, tata guna lahan, dan karakteristik aliran air. Dengan menggunakan SWMM 5.2, perencanaan drainase dapat dilakukan pada area *Booster Pump Station*.

## TINJAUAN PUSTAKA

Drainase merupakan sistem yang dirancang untuk mengalirkan air hujan dan air permukaan guna mencegah terjadinya genangan yang dapat merusak infrastruktur maupun lingkungan. Dalam konteks perkotaan, sistem drainase terdiri atas jaringan saluran terbuka dan tertutup yang diarahkan menuju tempat pembuangan aman. Perencanaan drainase harus memperhitungkan curah hujan, topografi, tata guna lahan, dan kapasitas saluran.

Jenis drainase dibedakan menjadi drainase alami dan drainase buatan. Drainase alami terbentuk secara alamiah seperti sungai yang mengalir di wilayah kota, sedangkan drainase buatan dirancang berdasarkan kaidah hidrologi dan hidraulika. Berdasarkan letaknya, drainase dibagi menjadi drainase permukaan dan bawah permukaan, sedangkan berdasarkan fungsinya dapat bersifat single purpose maupun multipurpose. Dari sisi konstruksi, drainase diklasifikasikan menjadi saluran terbuka dan tertutup.

Pola jaringan drainase menggambarkan arah aliran dari saluran cabang menuju saluran utama. Beberapa pola umum yang digunakan meliputi pola siku, paralel, grid iron, alamiah, radial, dan jaring-jaring. Pemilihan pola bergantung pada topografi wilayah dan tata ruang kawasan.

Perencanaan sistem drainase diawali dengan analisis data hidrologi, terutama curah hujan. Metode umum untuk menghitung curah hujan rata-rata daerah antara lain:

- Rerata Aljabar, mengasumsikan bobot yang sama pada setiap stasiun hujan.
- Polygon Thiessen, memperhitungkan bobot berdasarkan luasan pengaruh masing-masing stasiun.
- Isohyet, metode paling akurat dengan mempertimbangkan kontur hujan yang digambarkan secara spasial.

Analisis ini bertujuan menentukan hujan rencana berdasarkan periode ulang tertentu. Parameter statistik yang digunakan meliputi nilai rata-rata, simpangan baku, koefisien variasi, koefisien skewness dan kurtosis. Distribusi yang digunakan antara lain Normal, Log Normal, Gumbel, Pearson III, dan Log Pearson Type III. Pengujian kesesuaian distribusi dilakukan melalui uji Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov.

Intensitas hujan dihitung berdasarkan hubungan antara curah hujan dan durasi. Beberapa rumus yang digunakan meliputi Talbot, Sherman, Ishiguro, dan Mononobe. Untuk menentukan lamanya hujan digunakan waktu konsentrasi ( $t_c$ ) yang dihitung menggunakan rumus Kirpich.

Perhitungan debit banjir rencana menggunakan Metode Rasional atau Modifikasi. Rumus utama yang digunakan adalah:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

di mana

- Q : adalah debit puncak,
- I : intensitas hujan,
- A : luas daerah tangkapan,
- C : koefisien aliran, dan

Analisis Hidraulika digunakan untuk menentukan kapasitas penampang saluran, umumnya menggunakan rumus Manning. Tiga jenis penampang yang umum digunakan adalah saluran trapesium, segi empat, dan lingkaran. Perhitungan dilakukan dengan rumus:

$$Q = V \times A$$

$$Q = 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

di mana:

- Q : debit aliran,
- V : kecepatan aliran,
- A : luas penampang,
- n : koefisien kekasaran,
- R : jari-jari hidraulik, dan
- S : kemiringan dasar saluran.

Berbagai studi telah membuktikan efektivitas SWMM dalam merancang sistem drainase di kawasan urban. Hasil penelitian menunjukkan bahwa SWMM

mampu mengidentifikasi titik genangan, mengevaluasi kapasitas saluran, dan merancang solusi optimal melalui perubahan dimensi saluran maupun strategi konservasi air.

## METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di kawasan *Booster Pump Station* (BPS) yang terletak di Desa Ciuyah, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Provinsi Banten (koordinat 6°24'27.92"S 106°20'32.37"E). Kawasan ini dipilih karena memiliki karakteristik topografi rendah dan potensi terjadinya genangan air, terutama saat hujan deras, sehingga sangat relevan untuk studi perencanaan sistem drainase.

Pengumpulan Data dilakukan melalui lima pendekatan utama sebagai berikut:

1. Studi Literatur
2. Observasi Lapangan
3. Pengumpulan Data Cuaca dan Hidrologi
4. Wawancara dengan Stakeholder
5. Inventarisasi Infrastruktur

Pemanfaatan Software SWMM (*Storm Water Management Model*) 5.2 adalah perangkat lunak simulasi hidrologi dan hidraulika yang dikembangkan oleh EPA. Fitur utamanya meliputi:

- Pemodelan aliran hujan dan limpasan permukaan;
- Simulasi genangan local;
- Perancangan dimensi saluran terbuka dan tertutup;
- Evaluasi dampak perubahan iklim terhadap sistem drainase.

Langkah-langkah utama dalam penggunaan SWMM 5.2:

- Input data *rain gage*, *subcatchment*, dan jaringan saluran (*nodes & links*);
- Pengaturan properti elemen seperti intensitas hujan, panjang saluran, dimensi, dan *roughness*;
- Simulasi waktu hujan 6 jam dengan periode ulang 100 tahun;

Evaluasi hasil keluaran: debit aliran, titik genangan, dan kapasitas saluran.

## HASIL PENELITIAN

Curah hujan rerata dihitung dengan rumus rerata aljabar sebagai berikut, Total curah hujan : 28,68 mm, Jumlah data : 20 Curah Hujan Rerata = 28,68/20. Jadi Curah hujan rerata adalah sebesar 1,43 mm.

**Tabel 1.** Data Curah Hujan

No	Log Curah Hujan Diurutkan (mm)
1	1,24
2	1,25
3	1,34
4	1,34
5	1,36
6	1,36
7	1,36
8	1,37
9	1,39
10	1,40
11	1,42
12	1,43
13	1,47
14	1,47
15	1,47
16	1,54
17	1,59
18	1,60
19	1,61
20	1,65
<b>Jumlah</b>	<b>28,68</b>
<b>Rerata (Rt)</b>	<b>1,43</b>

Sumber: BBWS Cidanau Ciujung Cidurian, 2024

Perhitungan koefisien skewness dan koefisien kurtosis dapat di gunakan untuk menentukan jenis distribusi yang digunakan untuk perhitungan curah hujan.

**Tabel 2.** Nilai koefisien skewness dan koefisien kurtosis

Jenis Perhitungan	Hasil Perhitungan	
	Koefisien Skewness (Cs)	Koefisien Kurtosis (Ck)
Non Logaritmik	0,73	2,97
Logaritmik	0,28	2,79

Sumber: Hasil Perhitungan, 2024

Penentuan jenis distribusi yang sesuai dengan data dilakukan dengan mencocokkan parameter statistik dengan syarat masing-masing jenis distribusi. Syarat distribusi dengan ketentuan koefisien skewness (Cs) dan koefisien kurtosis (Ck) pada distribusi frekuensi yang akan digunakan, dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 3.** Parameter statistik untuk menentukan jenis distribusi

No	Distribusi Frekuensi	Persyaratan	Hasil Perhitungan	Kesimpulan
1	Normal	Cs = 0 Ck = 3	Cs = 0,73 Ck = 2,97	Tidak Memenuhi
2	Log Normal	Cs = 0 Ck = 4	Cs = 0,18 Ck = 3,05	Tidak Memenuhi
3	Gumbel	Cs = 1,14 Ck = 5,4	Cs = 0,73 Ck = 2,97	Tidak Memenuhi
4	Log Pearson Type III	Selain nilai di atas (Fleksibel)	Cs = 0,28 Ck = 2,79	Memenuhi

Sumber: Hasil Perhitungan, 2024

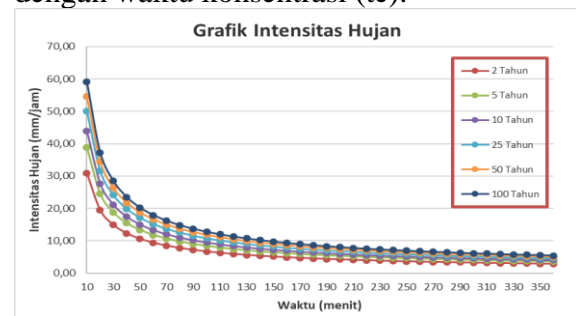
Setelah perhitungan parameter statistik menggunakan distribusi Log Pearson III, selanjutnya dilakukan uji kesesuaian distribusi untuk menunjukkan data yang didapat sesuai dan dapat digunakan untuk perhitungan selanjutnya. Uji kesesuaian distribusi dilakukan dengan 2 metode yaitu Metode Smirnov Kolmogorov dan Chi-square.

**Tabel 4.** Perhitungan hujan rencana periode ulang

Periode Ulang	Log Rt	s	KT	Log t = Rt = Log 10^Log Rt+sxKT	t
2	1,43	0,12	-0,019	1,43	27,042
5	1,43	0,12	0,835	1,53	33,96
10	1,43	0,12	1,293	1,58	38,372
25	1,43	0,12	1,790	1,64	43,808
50	1,43	0,12	2,114	1,68	47,759
100	1,43	0,12	2,411	1,71	51,696

Sumber: Hasil Perhitungan, 2024

Dalam persamaan di atas intensitas hujan diperoleh dari kurva curah hujan, yang mana telah diperhitungkan durasi dan frekuensi (periode ulang) hujan. Dalam hal ini durasi hujan adalah sama dengan waktu konsentrasi (tc).



**Gambar 1.** Grafik intensitas hujan metode mononobe

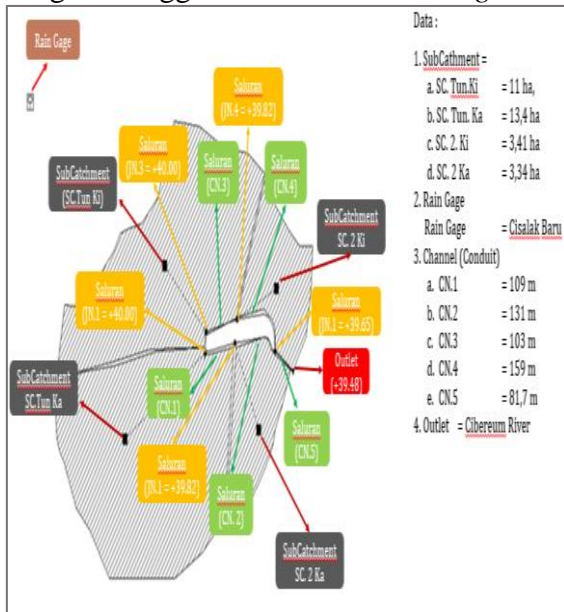
Debit puncak dapat dihitung dengan metode rasional. Setelah data yang diperlukan untuk menghitung debit puncak diperoleh, maka perhitungan debit puncak pada periode ulang 2 tahun adalah 0,40 m<sup>3</sup>/det. Hasil perhitungan debit puncak untuk seluruh periode ulang ditunjukkan pada tabel berikut:

**Tabel 5.** Perhitungan debit puncak berdasarkan periode ulang

Periode Ulang	C	It	A (Km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /det)
2	0,3203	14,38	0,310	0,40
5	0,3203	18,06	0,310	0,50
10	0,3203	20,41	0,310	0,56
25	0,3203	23,30	0,310	0,64
50	0,3203	25,40	0,310	0,70
100	0,3203	27,49	0,310	0,76

Sumber: Hasil Perhitungan, 2024

Saluran yang ada saat ini adalah saluran berbentuk segi empat tertutup. Saluran berbentuk segi empat dipilih karena efisien, efektif, dan tidak memerlukan lahan yang luas. Oleh karena itu, perlu ditentukan lebar penampang (b) dan ketinggian basah (h) saluran untuk mendapatkan dimensi selengkapnya. Debit saluran harus lebih besar dari debit puncak, debit pada saluran dapat dihitung dengan menggunakan rumus  *Manning*.



**Gambar 2.** Data teknis saluran

Hasil perhitungan pada masing-masing saluran, meliputi :

- Saluran CN1  
Luas penampang (A) = 0,46 m<sup>2</sup>, Keliling basah (P) = 2,00 m, Radius hidraulic (R) = 0,23 m, Kecepatan aliran (V) = 1,377 m/det, Debit saluran (Q) = 0,63 m<sup>3</sup>/det, Tinggi jagaan (w) = 0,16 m, Tinggi total (H) = 0,80 m.
- Saluran CN2  
Luas penampang (A) = 0,46 m<sup>2</sup>, Keliling basah (P) = 2,10 m, Radius hidraulic (R) = 0,25 m, Kecepatan aliran (V) = 1,291 m/det, Debit saluran (Q) = 0,63 m<sup>3</sup>/det, Tinggi jagaan (w) = 0,16 m, Tinggi total (H) = 0,80 m.
- Saluran CN3  
Luas penampang (A) = 0,46 m<sup>2</sup>, Keliling basah (P) = 2,00 m, Radius hidraulic (R) = 0,23 m, Kecepatan aliran (V) = 1,416

m/det, Debit saluran (Q) = 0,64 m<sup>3</sup>/det, Tinggi jagaan (w) = 0,16 m, Tinggi total (H) = 0,80 m.

- Saluran CN4  
Luas penampang (A) = 0,52 m<sup>2</sup>, Keliling basah (P) = 2,10 m, Radius hidraulic (R) = 0,25 m, Kecepatan aliran (V) = 1,172 m/det, Debit saluran (Q) = 0,61 m<sup>3</sup>/det, Tinggi jagaan (w) = 0,16 m, Tinggi total (H) = 0,80 m.
- Saluran CN5  
Luas penampang (A) = 0,68 m<sup>2</sup>, Keliling basah (P) = 2,40 m, Radius hidraulic (R) = 0,28 m, Kecepatan aliran (V) = 1,780 m/det, Debit saluran (Q) = 1,20 m<sup>3</sup>/det, Tinggi jagaan (w) = 0,19 m, Tinggi total (H) = 0,90 m.

Berdasarkan perhitungan dimensi saluran yang dilakukan maka didapatkan data dimensi yang sesuai dengan debit rancangan pada kala ulang 25 tahun serta didapatkan debit saluran berdasarkan dimensi tersebut. Data hasil perhitungan ditunjukkan pada tabel berikut ini:

**Tabel 6.** Dimensi saluran dan debit saluran kala ulang 25

Saluran	H basah (m)	H jagaan (m)	H total (m)	b (m)	Q puncak (m <sup>3</sup> /det)	Q saluran
CN1	0,65	0,16	0,80	0,70	0,27	0,63
CN2	0,65	0,16	0,80	0,80	0,04	0,67
CN3	0,65	0,16	0,80	0,70	0,18	0,64
CN4	0,65	0,16	0,80	0,80	0,08	0,61
CN5	0,75	0,19	0,90	0,90	0,58	1,20

Sumber: Hasil Perhitungan, 2024

Hasil perhitungan dimensi saluran lebih kecil dari dimensi rencana kala ulang 100 tahun serta kapasitas saluran yang masih dapat menampung limpasan atau debit puncak dari setiap zona di sekitar saluran. Perbandingan dimensi saluran rencana ditunjukkan pada tabel berikut ini:

**Tabel 7.** Perbandingan dimensi kala ulang 100 dan 25 tahun

Saluran	Desain kala ulang 100 th		Desain kala ulang 25 th	
	H (m)	b (m)	H (m)	b (m)
CN1	0,80	0,80	0,80	0,70
CN2	0,90	0,80	0,80	0,80
CN3	0,80	0,80	0,80	0,70
CN4	0,90	0,80	0,80	0,80
CN5	1,00	0,90	0,90	0,90

Sumber: Hasil Perhitungan, 2024

Berikut hasil simulasi SWMM 5.2 menggunakan desain saluran dengan kala ulang 25 tahun menggunakan desain perhitungan ulang dimensi saluran dengan memperhitungkan debit zona tiap saluran.

Pada gambar 3 di bawah ini dapat dilihat hasil simulasi pada bagian Node Depth yang menunjukkan kedalaman pada titik saluran. Pada Junction 3 dan Outlet memiliki kedalaman paling tinggi sebesar 0,82 m.

Pada gambar 4 di bawah ini dapat dilihat hasil simulasi pada bagian Link Flow yang menunjukkan kondisi saluran. Pada Conduit 5 memiliki debit aliran paling tinggi sebesar 1,136 m<sup>3</sup>/det dan kedalaman maksimum sebesar 0,82 m.

Pada gambar 5 di bawah ini menunjukkan profil memanjang saluran dari titik J1 dan J5 sampai dengan O1. Warna biru menunjukkan ketinggian muka air pada saluran tersebut.

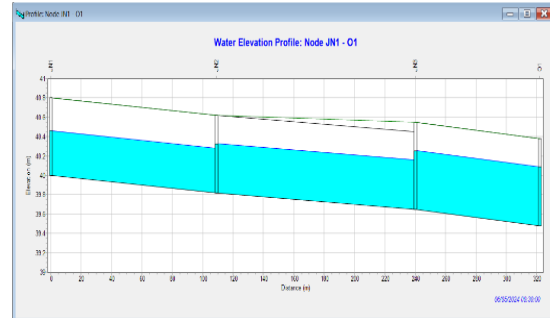
Berdasarkan hasil simulasi pemodelan desain rencana kala ulang 25 tahun menggunakan SWMM 5.2, dimensi saluran mengalami optimalisasi dari kala ulang 100 tahun yang direncanakan, sehingga dapat menekan biaya pembangunan dan pemeliharaan saluran.

Node	Type	Average Depth Meters	Maximum Depth Meters	Maximum HGL Meters	Day of Maximum Depth	Hour of Maximum Depth	Maximum Reported Depth Meters
JN1	JUNCTION	0.32	0.55	40.55	0	00:20	0.46
JN2	JUNCTION	0.35	0.59	40.41	0	00:21	0.51
JN3	JUNCTION	0.41	0.70	40.35	0	00:23	0.60
JN4	JUNCTION	0.34	0.59	40.41	0	00:21	0.48
JN5	JUNCTION	0.24	0.42	40.42	0	00:20	0.33
O1	OUTFALL	0.41	0.70	40.18	0	00:24	0.61

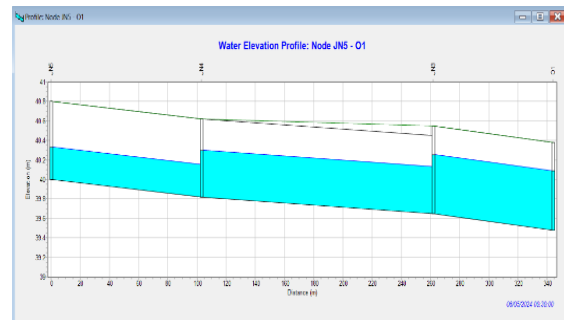
**Gambar 3.** SWMM Result Node Depth

Node	Type	Maximum Lateral Inflow CMS	Maximum Total Inflow CMS	Day of Maximum Inflow	Hour of Maximum Inflow	Lateral Inflow Volume 10 <sup>6</sup> ltr	Total Inflow Volume 10 <sup>6</sup> ltr	Flow Balance Error %
JN1	JUNCTION	0.434	0.434	0	00:20	4.64	4.64	0.000
JN2	JUNCTION	0.086	0.500	0	00:21	0.672	5.49	0.000
JN3	JUNCTION	0.000	0.936	0	00:23	0	10.3	0.000
JN4	JUNCTION	0.162	0.459	0	00:21	1.63	4.83	0.000
JN5	JUNCTION	0.314	0.314	0	00:20	3.21	3.21	0.000
O1	OUTFALL	0.000	0.933	0	00:24	0	10.2	0.000

**Gambar 4.** SWMM Result Link Flow



**Gambar 5.** SWMM Result Profile Conduit JN1



**Gambar 6.** SWMM Result Profile Conduit JN5

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian optimalisasi saluran drainase pada kawasan *Booster Pump Station* dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Debit puncak yang diperoleh dari perhitungan kala ulang 25 tahun adalah 0,64 m<sup>3</sup>/det
2. Perhitungan dimensi saluran terhadap rencana awal pada hasil evaluasi kala ulang 25 tahun didapatkan dimensi pada saluran CN1 H = 0,80 m, b = 0,70 m, CN2 H = 0,80 m, b = 0,80 m, CN3 H = 0,80 m, b = 0,70 m, CN4 H = 0,80 m, b = 0,80 m dan CN5 H = 0,90 m, b = 0,90 m.
3. Hasil simulasi aliran berdasarkan hasil SWMM 5.2 dengan periode waktu

selama 6 jam simulasi didapatkan waktu kedalaman dan debit maksimum pada saluran CN1 dimenit ke 22, CN2 dimenit ke 23, CN3 dimenit ke 21, CN4 dimenit ke 23, CN5 dimenit ke 24.

4. Tinggi muka air pada saluran drainase hasil dari simulasi SWMM 5.2 dengan dimensi evaluasi dari rencana awal didapatkan tinggi maksimum pada saluran CN1 = 0,67 m, CN2 = 0,72 m, CN3 = 0,51 m, CN4 = 0,72 m, CN5 = 0,78 m.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Agusalim M., Syamsuri A.M., Firman dan Sarjun. 2024. Simulasi dengan Program SWMM 5.2 untuk mengetahui Titik Banjir pada Jaringan Drainase Perumahan Kodam III. Arus Jurnal Sains dan Teknologi.
- Belladona M., Ningrum W., Wisnuwardhani F. dan Surapati A. 2023. *Pemodelan Sistem Drainase Menggunakan EPA SWMM 5.1 Untuk Mengatasi Genangan di Kelurahan Kebun Tebeng Bengkulu*. Prosiding Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ.
- Fiani M. dan Pribadi A. 2024. *Evaluasi Sistem Drainase Menggunakan Program SWMM 5.2 pada Perumahan Wisma Asri, Bekasi Utara*. JURNAL TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN EISSN:2549-1407.
- Ghanim D.D., Prasetyorini L. dan Asmaranto R. 2023. *Studi Evaluasi Saluran Drainase Di Kelurahan Purwodadi Kota Malang Menggunakan Aplikasi SWMM 5.2*. Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air Vol. 04 No. 01.
- Kustamar. 2019. *Sistem Drainase Perkotaan pada Kawasan Pertanian, Urban dan Pesisir*. Malang: Dream Litera
- Mahendra M.R., Bisri M. dan Prasetyorini L. 2023. *Aplikasi EPA SWMM 5.1 pada Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Perumahan Aura Park Kecamatan Dau Kabupaten Malang*. Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air Vol. 04 No. 01.
- Rossmann L.A. dan Simon M.A. 2022. *Storm Water Management Model User's Manual Version 5.2*. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency.
- Singh, P.V. 1992. *Elementary Hydrology*. New Jersey: Prentice-Hall Englewood Cliffs.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi.
- Triatmojo, B. 2008. *Hidrologi terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.