

Analisa Saluran Drainase Terhadap Genangan Air Menggunakan Program EPA SWMM 5.1 Di Ruas Jalan Negeri Hative Kecil

Charles Johandersson Tiwery¹, Gabriela Saimima²,

¹Staf Pengajar Universitas Kristen Indonesia Maluku, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil

Gmail : charlestiwery@gmail.com

²Mahasiswa Universitas Kristen Indonesia Maluku, Jalan OT Pattimaipaw Talake – Ambon

Gmail : gabrielasaimima2002@gmail.com

Abstract

Inundation occurs along the Hative Kecil Road Section due to the deposits that are deposited to be about the same height as the drainage canal and the lack of attention of residents to the garbage in the drainage canal. The purpose of this study is to analyze the capacity of drainage channels on the Piere Tendean Road section, Hative Kecil Country, Ambon City against the planned discharge generated by rain using the EPA SWMM 5.1 program and determine solutions to problems related to drainage at the site. The drainage channel evaluation process is carried out based on the existing conditions of the drainage channel and the factors that influence the occurrence of inundation, using modeling utilizing the EPA SWMM 5.1 program. The analysis is carried out using quantitative analysis, namely by hydrological analysis and hydraulics analysis where the data collected for the analysis process will be reviewed directly to the location. Hydrological analysis is carried out to obtain the design discharge. Meanwhile, hydraulics analysis is to determine the capacity of the drainage. The results of the analysis using the EPA SWMM 5.1 program showed that there were 2 channels that could not accommodate the plan discharge, namely on Channel 1 (C1) and the channel that went to the discharge or outfall, namely Channel 12 (C12). This is due to the inability of the drainage channel capacity to accommodate the intensity of rain, the inability of the drainage channel to accommodate the combined discharge and runoff, and the closure of the drainage channel by sedimentation and garbage. After reviewing the problems that exist in the drainage channel of Jalan Piere Tendean, Ambon City, the solution that can be taken is the cleaning of garbage and also sedimentation and the creation of a new channel from a width of 0.55 m and a height of 0.5 m and enlarged to a width of 0.6 m and a height of 0.8 m this is due to the inability of the channel to accommodate the discharge plan for the 5-year anniversary.

Keywords: Analysis, Drainage, Inundatin, EPA SWMM 5.1

1. PENDAHULUAN

Drainase secara umum didefinisikan sebagai usaha mengalirkan air yang berlebihan dalam suatu konteks pemanfaatan tertentu. Dalam bidang teknik sipil, drainase secara umum didefinisikan sebagai salah satu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan (Surupin, 2004). Jika dalam penanganan drainase kurang baik, maka akan mengakibatkan terjadinya genangan air pada daerah sekitar saluran drainase tersebut. Genangan merupakan peristiwa air berhenti mengalir dan terkonsentrasi pada suatu tempat tertentu. Genangan air terjadi karena banyak faktor, salah satu penyebabnya adalah terbatasnya kapasitas saluran drainase untuk menampung air hujan (Novansyah Fajri, 2022). Genangan juga terjadi dikarenakan oleh endapan sedimen yang tertimbun memiliki tinggi yang hampir sama dengan saluran drainase dan kurangnya perhatian warga terhadap sampah yang ada pada saluran drainase yang menghambat aliran yang ada pada saluran drainase tersebut. Pendangkalan saluran ini akan

mengakibatkan kapasitas mengalirkan air buangan menjadi berkurang (Saptarita Kusumawati, 2023).

Salah satunya wilayah di kota Ambon yang mempunyai permasalahan genangan yaitu pada ruas jalan di Jalan Piere Tendean, Negeri Hative Kecil. Beberapa titik saluran drainase berdasarkan pengamatan langsung di lapangan memiliki permasalahan sedimentasi, begitupun banyaknya sampah yang terdapat dalam saluran akibat minimnya kesadaran masyarakat dalam penanganan sampah. Sedimentasi dan sampah dalam saluran drainase dapat mengakibatkan fungsi dari drainase dalam mengalirkan air permukaan tidak bekerja dengan maksimal, sehingga terjadi limpasan air dari saluran yang menggenangi wilayah sekitar. Genangan yang cukup lama dan besar ditambah dengan intensitas hujan yang besar dapat berpotensi menyebabkan banjir di wilayah tersebut. Berdasarkan kondisi eksisting saluran drainase, maka penulis menggunakan pemodelan yang memanfaatkan *software* EPA SWMM 5.1

2. KAJIAN PUSTAKA

Drainase adalah suatu sistem untuk membuang kelebihan air baik itu dari air hujan, air limbah, dan lainnya. Pembuangan dapat dilakukan dengan cara mengalirkan, menguras, membuang atau mengalihkan air.

2.1 Analisa Hidrologi

Parameter yang digunakan dalam pengolahan data hujan adalah parameter statistic yang meliputi pengukuran tendensi sentral dan dispersi (Kamiana, 2011) :

a. Tendensi Sentral

Nilai rerata (*average*) :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1)$$

b. Dispersi

1) Nilai deviasi standar (*standard deviation*)

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (2)$$

2) Koefisien skewness

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)S_x^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \quad (3)$$

3) Koefisien Varians :

$$C_v = \frac{S_x}{\bar{X}} \quad (4)$$

4) Koefisien Kurtosis :

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S_x^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 \quad (5)$$

Dengan :

n = Jumlah data

X_i = Nilai ke-I dari pengamatan

S_x = Nilai deviasi standar

$\bar{X}$ = Nilai rerata

C_s = Koefisien skewness

C_v = Koefisien Varians

C_k = Koefisien Kurtosis

Dalam analisis frekuensi untuk hidrologi ada beberapa bentuk fungsi distribusi yang digunakan antara lain Distribusi Gumbel, Normal, Log Normal dan Log Person Type III dengan bentuk umum rumusnya :

$$X_{Tr} = \bar{X} + K_T \cdot S_x \quad (6)$$

Dimana :

X_{Tr} = Hujan rencana dengan periode ulang T tahun

$\bar{X}$ = Nilai rata-rata dari data hujan

K_T = Faktor frekuensi (Tiap distribusi mempunyai nilai K_T berbeda)

S_x = Standar deviasi dari data hujan

Untuk menentukan jenis distribusi data digunakan pendekatan yang bertujuan agar jenis distribusi data yang dipilih sesuai dengan keadaan data yang ada. Adapun salah satu pendekatan yang dilakukan yaitu berdasarkan hasil perhitungan parameter statistik seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Syarat Pemilihan Distribusi Frekuensi
(Sumber : Triatmodjo, 2008)

Distribusi	Persyaratan
Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,40$
Normal	$(R_{rata} \pm S) = 68,27\%$ $(R_{rata} \pm S) = 95,44\%$ $C_s \sim 0$ $C_k \sim 3$
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
Log Person Type III	Selain nilai diatas

2.2 Uji Kecocokan

Untuk menentukan kecocokan distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan/mewakili distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter (Soewarno, 1995)

1. Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisa. Pengambilan keputusan uji ini merupakan parameter X^2 , oleh karena itu disebut uji Chi-Kuadrat. (Soewarno, 1995)

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(Of - Ef)^2}{Ef} \quad (7)$$

Dalam hal ini :

X^2 = Paramter chi-kuadrat terhitung

n = Jumlah sub kelompok

Of = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke f

Ef = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke f

2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji Kecocokan Smirnov-Kolmogorov sering juga disebut uji kecocokan non parametrik (*non parametric test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu (Soewarno, 1995)

$$\Delta P_i = P(x_i) - P'(x_i) \quad (8)$$

Apabila ΔP_i lebih kecil dari ΔP kritis maka distribusi yang digunakan untuk menentukan debit rencana dapat diterima, sebaliknya jika harga ΔP_i lebih besar dari ΔP kritis, maka distribusi yang digunakan untuk menentukan debit rencana debit rencana tidak diterima.

2.3 Intensitas Hujan

Intensitas Hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas dapat dihitung dengan rumus Mononobe (Suripin, 2004)

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (9)$$

Dalam hal ini :

I = Intensitas hujan untuk lama hujan t
(mm/jam)

t = Waktu konsentrasi (jam)

R_{24} = Curah hujan maksimum selama 24 jam
(mm)

2.4 Koefisien Aliran Pengaliran

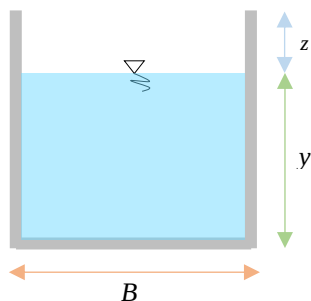
Koefisien aliran permukaan didefinisikan sebagai nisbah antara puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Faktor utama yang mempengaruhi koefisien adalah laju infiltrasi tanah, kemiringan lahan, tanaman penutup tanah, dan intensitas hujan. Selain itu juga tergantung pada sifat dan kondisi tanah, air tanah, derajat kepadatan tanah, porositas tanah, dan simpanan depresi (Kamiana, 2011)

2.5 Daerah Tangkapan Air (Catchment Area)

Daerah tangkapan air atau catchment area merupakan daerah tempat curah hujan yang jatuh dan mengalir menuju saluran, sungai ataupun kali. Daerah tangkapan air (DTA) merupakan kawasan yang berfungsi sebagai daerah resapan air yang memiliki manfaat penting untuk menjaga keberlangsungan fungsi sumber air di kawasan tersebut.

2.6 Bentuk Saluran

Saluran drainase dapat terbuka ataupun tertutup menurut keadaan, meskipun tertutup dan penuh dengan air, alirannya bukan merupakan aliran tekanan, sehingga rumus aliran seragam tetap berlaku.



Gambar 1. Bentuk Saluran Persegi

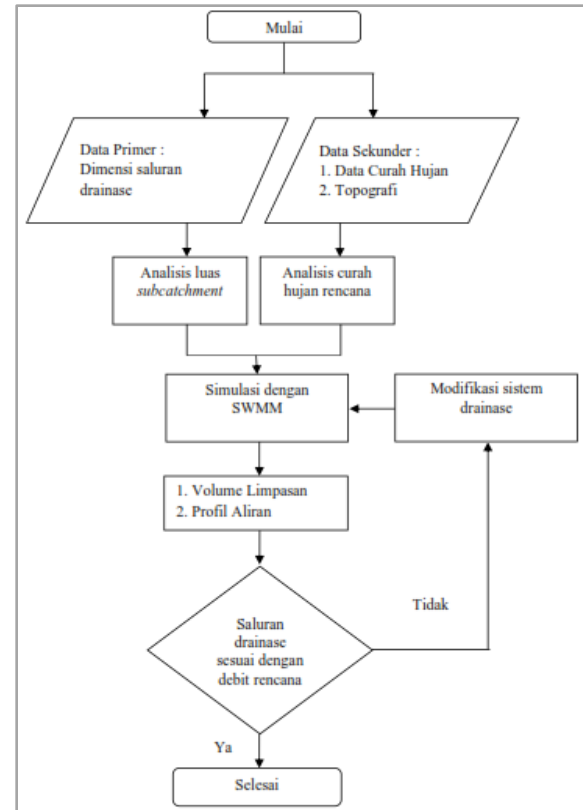
2.7 EPA SWMM 5.1 Model

SWMM (Storm Water Management Model) digunakan para *engineer* pada perencanaan hampir di seluruh dunia. Pemodelan ini merupakan sebuah model simulasi dinamis hubungan antara curah hujan dan limpasan (*rainfall-runoff*) yang digunakan untuk mensimulasikan hujan tunggal atau yang berkelanjutan dalam waktu lama, baik berupa volume

limpasan maupun kualitas air, terutama pada suatu daerah perkotaan (Rosman : *SWMM User's Manual Version 5.1*).

3. METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian



Gambar 2. Alir Penelitian

3.2 Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan terhitung dari mulai turun ke lapangan pada Juli tahun 2022. Penelitian dilakukan dengan survey secara langsung dan dibutuhkan waktu 1 Bulan untuk mendapatkan data-data yang diperlukan.

3.3 Lokasi Penelitian



Gambar 3. Peta Lokasi Penelitian, Jl. Piere Tendean, Negeri Hative Kecil (sumber : Google Earth)

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan berupa data primer dan data sekunder. Data primer mencakup kondisi jaringan drainase pada saat penelitian yang meliputi jenis saluran, panjang saluran, lebar saluran, kedalaman saluran, dan batas daerah tangkapan air. Sedangkan data sekunder berupa curah hujan harian yang diambil langsung dari BMKG Pattimura Ambon dan peta topografi berupa elevasi didapat dari aplikasi *Gland Measure*.

3.5 Teknik Analisa Data

1. Analisa Hidrologi

- Melakukan Analisa curah hujan. Analisa curah hujan dihitung dengan menggunakan metode Gumbel, Normal, Log Normal dan Log Person Type III, kemudian menentukan jenis distribusi yang akan dipakai. Selanjutnya dilakukan pengujian data menggunakan Uji Chi-Kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogorov.
- Menganalisa Intensitas Hujan Rencana dengan periode ulang 2 tahun, 5 tahun dan 10 tahun.
- Menghitung luas tangkapan hujan (*subcatchment area*).

2. Analisa Hidrolika dengan EPA SWMM 5.1

Pemodelan SWMM dilaksanakan setelah semua data terkumpul berupa *rain gage*, *subcatchment*, *conduit*, dan *outfall*. Adapun langkah-langkah pemodelan dalam *software* SWMM sebagai berikut :

- Pengaturan *Project Setup Default*
- Backdrop Map*
- Input subcatchment*
- Data hujan diolah menjadi intensitas jam-jaman, di inputkan sebagai *rain gage*
- Kalibrasi
- Evaluasi hasil SWMM
- Running SWMM*

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi digunakan untuk menentukan besarnya debit rencana pada bangunan air.

Tabel 2. Data Curah Hujan

No.	TAHUN PENGAMATAN	X (mm)
1	2012	360,0
2	2013	432,0
3	2014	235,0
4	2015	306,0
5	2016	189,0
6	2017	199,3
7	2018	197,0
8	2019	163,0
9	2020	112,0
10	2021	238,0
Jumlah		2431,3

Analisa hujan rencana dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$X_{Tr} = \bar{X} + K_T \cdot S_x$$

Nilai rerata hujan dari data didapat adalah 2431,3 untuk metode Gumbel dan Normal yaitu 2431,30 sedangkan metode Log Normal dan Log Person Type III adalah 2,3557. Standar deviasi untuk metode Gumbel dan Normal adalah 96,592 sedangkan untuk metode Log Normal dan Log Person Type III adalah 0,171. Untuk hasil perhitungan terhadap nilai *cs* dan *ck* terlampir pada tabel 3.

Tabel 3. Hitungan *Cs* dan *Ck*

No.	Metode Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan
1.	Normal	$C_s = 3$ $C_k = 0$	0,843 4,167
2.	Log Normal	$C_s = 0,218$ $C_k = 3,085$	-0,013 4,005
3.	Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$	0,843 4,167
4.	Log Person Type III	<i>Cs</i> dan <i>Ck</i> selain dari nilai di atas	

Dari pengujian yang dilakukan di atas berdasarkan perhitungan terhadap beberapa jenis distribusi, yang memenuhi syarat adalah jenis distribusi Log Person Type III. Dari jenis distribusi yang telah memenuhi syarat tersebut perlu diuji kecocokan sebarannya dengan menggunakan Uji Chi Kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogorov untuk mengetahui apakah kecocokan sebaran distribusi menggunakan Log Person Type III dapat diterima atau tidak.

1. Uji Chi-Kuadrat

Tabel 4. Hasil Analisa Uji Chi-Kuadrat

P (X ≥ Xm)	Ef	Of	Ef-Of	(Ef - Of) ² / Ef
>315,996	2	2	0	0,00
239,892 – 315,996	2	1	1	0,50
196,160 – 239,892	2	4	-2	2,00
162,873 – 196,160	2	2	0	0,00
<162,873	2	1	1	0,50
Nilai χ^2				3,00

Berdasarkan hasil perhitungan di atas didapat nilai χ^2 sebesar 3,00 yang kurang dari nilai χ^2_{ch} pada tabel uji Chi Kuadrat yang besarnya 5,991. Maka dari itu pengujian kecocokan penyebaran dapat diterima.

2. Uji Smirnov Kolmogorov

Tabel 5. Hasil Analisa Uji Smirnov-Kolmogorov

m	Log Xi (mm)	$P(x) = \frac{m}{(n+1)}$	Ft	P'(x)	ΔP
1	112,00	0,091	1,63	0,043	-0,048
2	123,00	0,182	1,17	0,112	-0,070
3	126,80	0,273	0,76	0,214	-0,059
4	163,00	0,364	0,12	0,428	0,065
5	189,00	0,455	0,09	0,451	-0,003
6	197,00	0,545	-0,33	0,593	-0,047
7	199,30	0,636	-0,36	0,602	-0,035
8	235,00	0,727	-0,47	0,637	-0,090
9	384,10	0,818	-0,84	0,801	-0,017
10	432,00	0,909	-1,79	0,902	-0,007

Dari perhitungan nilai ΔP , menunjukan nilai $P_{max} = -0,09$. Dengan menggunakan data untuk derajat kepercayaan 5%, maka diperoleh $P_o = 0,41$. Karena nilai P_{max} lebih kecil dari nilai P_o Kritis ($-0,09 < 0,41$) maka persamaan distribusi menggunakan distribusi Log Person Type III dapat diterima. Maka hasil perhitungan periode ulang menggunakan distribusi Log Person Type III disajikan pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil Analisis Frekuensi Curah Hujan Rencana

T_r (Tahun)	X_T (mm)
2	227.021
5	316.187
10	375.772

3. Intensitas Hujan Rencana

Analisis intensitas hujan rencana menggunakan rumus Mononobe dimana durasi yang digunakan yaitu mm/jam yang terlampir pada tabel 7.

Tabel 7. Intensitas Hujan

t (jam)	R24		
	R2 227,021	R5 316.187	R10 375.77
1	78.70	109.62	130.27
2	49.58	69.05	82.07
3	37.84	52.70	62.63
4	31.23	43.50	51.70
5	26.92	37.49	44.55
6	23.84	33.20	39.45
7	21.51	29.96	35.60
8	19.68	27.40	32.57
9	18.19	25.33	30.11
10	16.96	23.62	28.07
11	15.91	22.16	26.34
12	15.02	20.91	24.85
13	14.24	19.83	23.56
14	13.55	18.87	22.43
15	12.94	18.02	21.42
16	12.40	17.26	20.52
17	11.90	16.58	19.70
18	11.46	15.96	18.97
19	11.05	15.39	18.30
20	10.68	14.88	17.68
21	10.34	14.40	17.11
22	10.02	13.96	16.59
23	9.73	13.55	16.11
24	9.46	13.17	15.66

4. Daerah Tangkapan Hujan (Catchment Area)

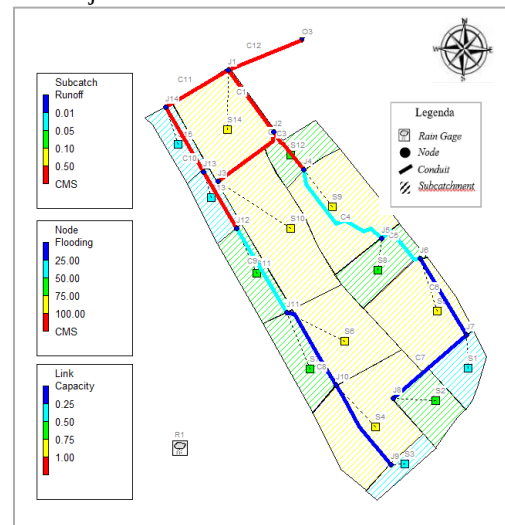
Catchment Area merupakan suatu tempat curah hujan yang jatuh dan mengalir menuju saluran, sungai ataupun kali. Terdapat 15 subcatchment area pada area penelitian berdasarkan elevasi dan arah aliran dengan luasan total 3,46 ha.

4.2 Analisa Hidrolika Menggunakan EPA SWMM 5.1

Analisa dilakukan dengan menggunakan pemodelan EPA SWMM 5.1 dengan karakteristik jaringan drainase yang digunakan dalam pemodelan yaitu subcatchment area, junction, conduit (saluran utama) dan outfall nodes (saluran pembuang). Pada area penelitian ini terdapat 15 subcatchment, 12 conduit dan 1 outfall node. Dalam pemodelan terhadap saluran drainase dibuat 2 jenis pemodelan yaitu pada pemodelan pertama berdasarkan dimensi dengan tinggi sedimentasi pada saluran yang ada dan pada pemodelan yang kedua dibuat berdasarkan dimensi eksisting saluran drainase untuk melihat apakah saluran masih dapat menampung debit rencana.

1. Saluran Drainase Dengan Sedimentasi

Sedimentasi akan mengurangi kerja kapasitas saluran drainase untuk mengalirkan air. Pada hasil running terhadap saluran eksisting namun menggunakan dimensi saluran yang telah terisi sedimentasi, dimana ketinggian dari masing-masing saluran hanya tersisa 10 cm untuk mengalirkan air. Hal tersebut merupakan salah faktor terjadinya genangan di area jalan.



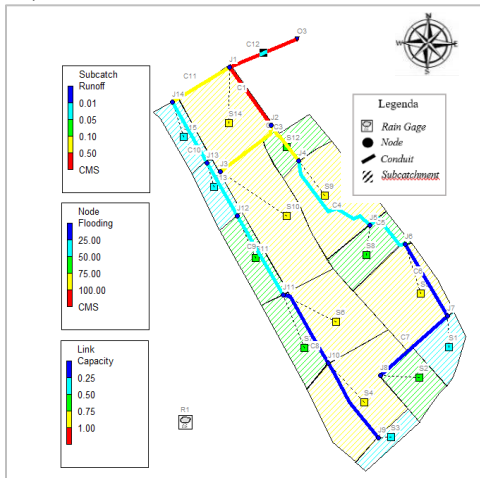
Gambar 4. Hasil Simulasi Aliran Limpasan Dengan Sedimentasi

Terdapat 5 saluran dan 1 output yang memiliki masalah diantaranya Saluran 1 (C1), Saluran 2 (C2), Saluran 3 (C3), Saluran 4 (C10), Saluran 11 (C11) dan Saluran 12 (C12).

2. Saluran Drainase Dengan Dimensi Eksisting

Pemodelan ini dibuat dengan tujuan untuk mengetahui kapasitas tampung pada saluran drainase terhadap debit rencana kala ulang 5 tahun. Digunakan curah hujan rencana 5 tahun karena luasan area penelitian < 10 ha. Berdasarkan hasil running menggunakan pemodelan EPA SWMM 5.1 dengan

menggunakan dimensi sebenarnya terdapat 2 saluran yang ditunjukkan dengan garis berwarna merah. Saluran tersebut merupakan salah satu saluran drainase utama dengan dimensi kedalaman 0,55 m dan lebar 0,5 m.

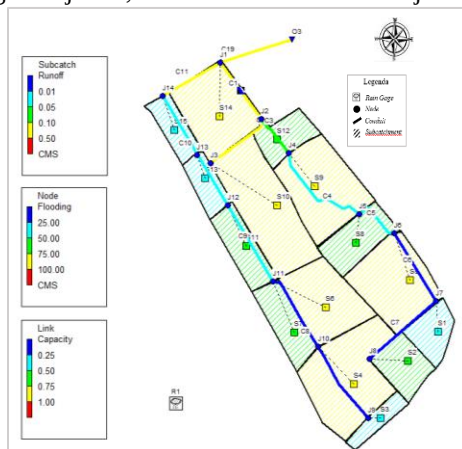


Gambar 5. Hasil Simulasi Aliran Limpasan Dimensi Eksisting

Berdasarkan pengamatan debit rencana pada saluran C1, maka perlu dilakukan perbaikan saluran dengan memperbesar dimensi saluran dan saluran menuju output agar volumenya dapat menampung jumlah debit maksimum.

3. Evaluasi dan Perbaikan Sistem Drainase

Pada dimensi saluran yang sebenarnya, Saluran 1 (C1) dan Saluran 12 (C12) menuju *Outfall* yang harus diperbaiki dengan memperbesar dimensi saluran setelah dikeruk untuk membuang sedimentasi. Karena Saluran 1 (C1) terlihat tidak dapat menampung debit rencana. Dimensi saluran C1 diperbesar sehingga tinggi saluran menjadi 1 m dan lebar saluran menjadi 0,6 m. Sedangkan pada saluran menuju *outfall* dibuat tinggi menjadi 0,8 m dan lebar saluran menjadi 1 m.



Gambar 6. Saluran Drainase Setelah Diperbaiki

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa terhadap saluran drainase dengan menggunakan program EPA SWMM 5.1 maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil analisa menggunakan program EPA SWMM 5.1 menunjukkan ada 2 saluran yang tidak dapat menampung debit rencana yaitu pada Saluran 1 (C1) dan saluran yang menuju pembuangan atau outfall yaitu Saluran 12 (C12). Hal tersebut dikarenakan oleh tidak mampunya kapasitas saluran drainase dalam menampung intensitas hujan, tidak mampunya saluran drainase dalam menampung debit gabungan dan limpasan, serta tertutupnya saluran drainase oleh sedimentasi dan sampah.
2. Setelah ditinjau terhadap masalah yang ada pada saluran drainase Jalan Piere Tendean, Kota Ambon maka solusi yang dapat diambil yaitu pembersihan sampah dan juga sedimentasi serta pembuatan saluran baru dari lebar 0,55 m dan tinggi 0,5 m dan diperbesar menjadi lebar 0,6 m dan tinggi 0,8 m hal tersebut akibat tidak mempunyai saluran menampung debit rencana kala ulang 5 tahun.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan terkait dengan analisa saluran drainase menggunakan program EPA SWMM 5.1 yaitu :

1. Perlu dilakukannya pemeliharaan terhadap saluran drainase dan mengedukasi masyarakat tentang pentingnya menjaga kebersihan saluran drainase agar dapat berfungsi secara maksimal.
2. Perlu dilakukan perbaikan saluran drainase dengan memperbesar dimensi saluran drainase agar dapat menampung debit rencana yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Novansyah Fajri1*, U. A. (2022). Kajian Evaluasi Genangan Menggunakan Metode SWMM (Storm Water Management Model) di Daerah Jalan Soekarno Hatta (RSUB Hingga Patung Pesawat), Kota Malang. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air Vol. 2 No. 2* (2022) p. 259-272, 260-272.
- Kamiana Made I (2011). Teknik Perhitungan Debit rencana Bangunan Air, Yogyakarta: GRAHA ILMU.

- Kusumawati Saptarita (2023). *Pendangkalan Saluran Drainase Kota Akibat Angkutan Sedimen, Erosi Lahan Dan Dekomposisi Limbah Padat Basah*, Jurnal Purifikasi, Vol. 4, No. 1 Januari 2003: 1-6.
- Rossman A. Lewis (2015). Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1, Diunduh tanggal 10 Agustus 2022.
- Soewarno, (1995.). Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data, Jilid I. Bandung:NOVA.
- Suripin, (2004.). Sistem Drainae Perkotaan Yang Berkelanjutan,Yogyakarta:ANDI.,
- Triatmodjo Bambang, 2008. "*Hidrologi Terapan*". Yogyakarta : Beta Offset.