

Pemodelan banjir pada sistem saluran drainase Kecamatan Banjarsari, Surakarta, Jawa Tengah dengan aplikasi *EPA SWMM 5.2*

Ratna Ningtyas Wikandhani, Dinia Anggraheni^{2*}

^{1,2}Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

Article Info

Available online

Keywords:

Drainage Channel,
Urban Flooding,
SWMM

Corresponding Author:

dinia.anggraheni@uii.ac.id

Abstract

Based on data from the Surakarta City Regional Disaster Management Agency in 2022, it was stated that there was flooding in the area in Kadipiro Village and Banyuanyar Village. Therefore, flood modeling was carried out in Banjarsari District to determine the effect of rain on flow discharge in drainage channels and flood modeling using EPA SWMM simulation. The rainfall design in this study was obtained by analyzing the distribution of Log Pearson III where the reage used was 5 years in accordance with the watershed area criteria. In addition, a distribution suitability test was carried out using Chi Square and Smirnov Kolmogorov, while to calculate the intensity of rain was carried out using the Mononobe and ABM methods. In conducting the analysis, it is assisted by the EPA SWMM application where this application can calculate both from the hydrological and hydraulic aspects. The results of this study are known that there are several drainages that are no longer able to accommodate water flow. The maximum discharge in the drainage channel is located at C7 Upstream (Hulu) of 10,021 m³/s. In addition, from the simulation, it is also known that the area is indeed flooded, this has also been confirmed by providing maximum flow or critical conditions in the outfall to ensure the flood event.

Copyright © 2025 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Drainase memiliki fungsi penting untuk mengelola dan mengendalikan aliran permukaan khususnya pada saat musim penghujan. Jika sistem drainase itu tidak memadai dapat menyebabkan terjadinya banjir yang nantinya akan menimbulkan bermacam-macam kerugian, contohnya berupa mengganggu aktivitas sekitar, kehilangan harta benda, merusak fasilitas-fasilitas umum, bahkan sampai merenggut korban jiwa. Oleh karena itu, sistem drainase yang memadai merupakan infrastruktur kota yang wajib disediakan dan dipastikan dapat berfungsi dengan baik untuk meminimalkan terjadinya banjir. (Andawayanti, Lufira, & Suhardjono, 2022)

Banjir didefinisikan sebagai fenomena alam meluapnya air dari badan air seperti sungai, danau, waduk, laut, dan saluran serta tampungan air lainnya termasuk saluran drainase yang mengakibatkan genangan di lahan sekitarnya. Banjir sendiri dapat diakibatkan oleh beberapa faktor yaitu, curah hujan yang tinggi, saluran drainase yang rusak, saluran yang tidak mampu lagi menampung aliran air hujan, dan lain-lain. (Andawayanti, Lufira, & Suhardjono, 2022) Namun, istilah banjir untuk daerah perkotaan disebut dengan genangan (Suprpto, M, & Prilbista, 2018).

Kejadian banjir juga terjadi di sejumlah titik pada wilayah Surakarta akibat dari hujan deras yang disertai angin. Secara geografis, Kota Surakarta merupakan wilayah dataran rendah yang berada di ± 92 m dari permukaan laut.

Tanah di sekitar kota ini dapat dikatakan subur karena dikelilingi oleh Bengawan Solo, yakni sungai terpanjang di Pulau Jawa. Sungai Bengawan Solo memiliki beberapa anak sungai, hal ini didapat dalam situs resmi DPUPR Kota Surakarta bahwa Kota Surakarta memiliki 8 sub sistem sungai. Batas administrasi untuk Kota Surakarta meliputi Kelurahan Banyuanyar, Sumber, Nusukan, dan Kadipiro, yang termasuk Kecamatan Banjarsari, Kota Surakarta. Berdasarkan data dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kota Surakarta tahun 2022 untuk Kelurahan Kadipiro dan Kelurahan Banyuanyar ini selalu terjadi banjir. Dari sisi hidraulik, faktor yang mempengaruhi genangan seringkali terjadi karena kapasitas saluran drainase yang tidak mampu menampung debit rencana (Suprapti & Hamzah, 2022).

Maka dari itu dilakukanlah pemodelan banjir pada Kecamatan Banjarsari untuk mengetahui pengaruh hujan terhadap debit aliran pada saluran drainase.

Dalam mempermudah analisis seringkali digunakan aplikasi di antaranya Hec-RAS (Ubaidillah, 2022) dan EPA SWMM (Fajar, Andawayanti, & Lufira, 2022). Untuk penelitian ini, digunakan EPA SWMM yang merupakan aplikasi untuk model dinamik simulasi hujan-aliran (*rainfall-runoff*) yang digunakan untuk simulasi kuantitas maupun kualitas limpasan permukaan terutama pada daerah perkotaan. Limpasan permukaan yang dihasilkan berasal dari daerah tangkapan hujan yang menerima hujan. Beban limpasan permukaan tersebut kemudian dialirkan melalui sistem saluran pipa, saluran terbuka, dan lain sebagainya (Al Amin, 2020).

Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh hujan pada saluran drainase terhadap debit aliran.
2. Mengetahui hasil pemodelan banjir pada Kecamatan Banjarsari dengan bantuan aplikasi SWMM.

Batasan Penelitian

Batasan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Wilayah yang akan diamati dan diteliti hanya pada Kecamatan Banjarsari.
2. Data hujan yang digunakan adalah data hujan dari Stasiun Hujan Pabelan selama 15 tahun terakhir yang didapat dari Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo.
3. Perangkat lunak yang digunakan untuk analisis berupa aplikasi EPA SWMM 5.2.
4. Dalam melakukan penelitian dilakukan kalibrasi dengan mengatur kondisi muka air pada badan penerima dalam kondisi penuh atau banjir.

Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi merupakan salah satu cara untuk memprediksi probabilitas terjadinya suatu peristiwa hidrologi berdasarkan data historis sebagai dasar perhitungan perencanaan hidrologi. Hal ini untuk mengantisipasi terhadap setiap kemungkinan yang akan terjadi di masa mendatang. Dengan anggapan bahwa pada sifat statistik kejadian hujan yang akan datang masih sama dengan sifat statistik kejadian hujan masa lalu. Kala ulang yang digunakan untuk desain hidrologi sistem drainase perkotaan berpedoman pada standar yang telah ditetapkan pada Tabel 1 sebagai berikut (Suripin, 2004).

Tabel 1 Kriteria Desain Hidrologi Sistem Drainase Perkotaan

| Luas DAS (Ha) | Kala Ulang (Tahun) |
|------------------|-----------------------|
| < 10 | 2 |
| 10 – 100 | 2 – 5 |
| 101 – 500 | 5 – 20 |

Sumber: (Suripin, 2004)

Salah satu macam dari seri data yang dipergunakan dalam analisis frekuensi adalah penggunaan data maksimum tahunan. Jumlah data dalam seri akan sama dengan panjang data yang tersedia. Dalam cara ini, besaran data maksimum kedua dalam suatu tahun yang mungkin lebih besar dari besaran data maksimum dalam tahun yang lain tidak diperhitungkan pengaruhnya dalam analisis ini.

Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi yang banyak digunakan dalam bidang hidrolog, yaitu distribusi Normal, distribusi Log Normal, distribusi Log-Pearson III, dan distribusi Gumbel. Parameter statistik dapat dilihat pada Tabel 2 berikut (Triatmodjo, 2006).

Tabel 2 Parameter Statistik untuk Menentukan Jenis Distribusi

| No | Distribusi | Persyaratan |
|----|-----------------|--|
| 1 | Normal | $C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$ $C_s = C_v^3 + 3C_v = 0,4$ |
| 2 | Log Normal | $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3 = 3,3$ |
| 3 | Gumbel | $C_s \approx 1,14$ $C_k \approx 5,4$ |
| 4 | Log Pearson III | Selain nilai diatas |

Sumber: (Triatmodjo, 2006)

Analisis Intenstas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah semakin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung semakin tinggi dan semakin besar periode ulangnya maka semakin tinggi pula intensitasnya. Hubungan antara intensitas, lama hujan, dan frekuensi hujan biasanya dinyatakan dalam lengkung Intensitas-Durasi-Frekuensi (IDF).

Diperlukan data hujan jangka pendek, misalnya 5 menit, 10 menit, 60 menit, dan jam-jaman untuk membentuk lengkung IDF. Data hujan jenis ini hanya dapat diperoleh dari pos penakar hujan otomatis. Jika data hujan jam-jaman tidak tersedia, maka untuk membentuk pola distribusi hujan dapat menggunakan metode-metode sebagai berikut: (Suripin, 2004)

1. Mononobe

Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian. Maka menggunakan rumus sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (1)$$

Keterangan:

I = intensitas hujan (mm/jam).

t = lamanya hujan (jam).

R_{24} = curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm).

2. Alternating Block Method (ABM)

ABM adalah cara sederhana untuk membuat *hyetograph* rencana dari kurva Intensitas-Durasi-Frekuensi (IDF) (Chow dkk., 1998). Hyetograph rencana yang dihasilkan oleh metode ini adalah hujan yang terjadi dalam interval waktu yang berurutan:

$$Td = n\Delta t \quad (2)$$

Keterangan:

n = banyaknya hujan yang terjadi

Δt = durasi waktu

Pengenalan EPA SWMM

Storm Water Management Model (SWMM) merupakan model dinamik simulasi hujan aliran (*rainfall runoff*) yang digunakan untuk simulasi kuantitas maupun kualitas limpasan permukaan terutama pada daerah perkotaan. Beberapa analisis drainase untuk penanggulangan banjir dilakukan dengan menggunakan aplikasi EPA SWMM yang merupakan bagian dari SWMM (Zarkani, Sujatmoko, & Rinaldi, 2016).

Beban limpasan ini kemudian dialirkan melalui sistem saluran pipa, saluran terbuka, tampungan, pompa, dan sebagainya. SWMM menghitung kuantitas dan kualitas limpasan permukaan di setiap tangkapan hujan, debit, kedalaman, kecepatan dan variabel lainnya dalam tiap saluran selama periode simulasi dengan tahapan waktu tertentu (Al Amin, 2020).

SWMM memiliki kemampuan untuk menghitung baik aspek hidrologi maupun hidrolika dari suatu sistem drainase. Perangkat lunak ini dapat menghitung berbagai proses hidrologi dan hidrolika untuk menghasilkan limpasan yang mencakupi (Apriyanza, Amri, & Gunawan, 2018)

1. Hujan bervariasi fungsi waktu atau *hyetograph*.

2. Evaporasi.
3. Dapat mensimulasikan dengan ukuran jaringan yang tidak terbatas, dll.

Beberapa parameter yang dibutuhkan dalam menggunakan aplikasi SWMM adalah sebagai berikut: (Roosman, 2015) (Rossman, Storm Water Management Model Reference Manual (Vol II Hydraulic), 2017) (Rossman, Storm Water Management Model Reference Manual (Vol. I Hydrology), 2016)

1. *Subcatchment* (Daerah Tangkapan Air)

Parameter ini ditentukan setelah menemukan bagian-bagian sungai sekitar. Pembagian setiap *subcatchment* harus memperhatikan kontur tanah, jika kontur tanah tidak jelas maka dapat menggunakan alur jalan atau alur anak sungai. Parameter yang diperlukan dalam *Subcatchment* adalah sebagai berikut:

- a) *Area* (luas)
Merupakan luas setiap *subcatchment*.
- b) *Width* (lebar)
Merupakan lebar dari setiap *subcatchment*. Dalam menentukan *width* harus memperhatikan alur aliran air setiap *subcatchment* dan memperhatikan saluran utama di dalam setiap *subcatchment*. Untuk menentukan alur aliran air dari setiap *subcatchment* dilakukan survei dan pengamatan secara langsung.
- c) *%Slope*
Adalah kemiringan dari *subcatchment*. Cara yang digunakan dalam menentukan nilai *%slope* ini didapat dari *software google earth* dengan langkah-langkah seperti berikut:
 - Klik kanan pada salah satu *path*,
 - Klik *show elevation profile*.
- d) *%Impervious*
Adalah luas dari daerah *subcatchment* yang menunjukkan daerah yang kedap air atau tidak dapat menyerap air. Contoh dari *%impervious* adalah jalan beraspal, rumah tinggal, perkantoran, pabrik ataupun perkotaan.
- e) *N-impervious*
Adalah koefisien angka *manning* untuk daerah yang kedap air. Contoh

dari *N-impervious* adalah jalan raya, perumahan, perkantoran, perkotaan, dll.

- f) *N-Pervious*
Adalah koefisien angka *manning* untuk daerah yang tidak kedap air. Contohnya sawah, kebun, hutan, ruang terbuka hijau dan taman.
 - g) *%Zero-impervious*
Merupakan bagian dari *subcatchment* yang sangat kedap air. Dalam memetukannya, menggunakan cara yang hampir sama dengan tahapan mencari nilai *N-impervious* dan *N-pervious* yaitu dengan pemilihan area tata guna lahan. Setelah menentukan area terpilih maka dapat ditentukan nilai *%Zero-impervious*.
 - h) *Outlet*
Dalam menentukan titik *outlet* dari suatu *subcatchment* diharuskan untuk memperhatikan arah aliran air pada kontur serta *conduit* dari kali. Penentuan *outlet subcatchment* langsung menuju ke *junction*.
2. *Junction*
Merupakan titik pertemuan yang menggabungkan dua atau lebih saluran. *Junction* memiliki beberapa parameter yang harus diperhatikan dalam pemodelan SWMM salah satunya yaitu elevasi dasar saluran.
 3. *Outfall*
Merupakan titik terakhir dari sebuah sistem drainase dalam pemodelan EPA SWMM. Parameter yang dibutuhkan dalam *outfall* adalah elevasi.
 4. *Conduit*
Adalah saluran penghubung antara *junction* satu dengan *junction* yang lain. *Conduit* memiliki parameter yang harus diperhatikan dalam pemodelan SWMM yaitu *inlet node*, *outlet node*, *shape*, *max depth*, *bottom width*, *length*, dan *roughness*.
 5. *Rain gage*
Menggunakan data yang diambil dari *time series* yang sudah diolah pada tahap perhitungan rasio hujan. Intensitas hujan jam-jaman yang digunakan dapat

menggunakan metode mononobe dan ABM, dalam simulasi ini dibutuhkan intensitas hujan tiap 1 jam.

Metode Penelitian

Kota Surakarta memiliki luas wilayah mencapai 44,04 km². Hal ini menjadikan Kota Surakarta sebagai salah satu kota besar di Jawa Tengah yang menunjang kota-kota lain seperti Semarang dan Yogyakarta. Kota Surakarta terbagi menjadi 5 kecamatan yaitu, Kecamatan Laweyan, Kecamatan Pasar Kliwon, Kecamatan Serengan, Kecamatan Jebres dan Kecamatan Banjarsari (DPMPTSP Kota Surakarta).



(Sumber: Masterplan Drainase Kota Surakarta)
Gambar 1 Peta Lokasi Penelitian

Dalam Gambar 1 Tercatat beberapa kali Kota Surakarta dilanda kejadian banjir yaitu pada Februari 1993, Desember 2007, Tahun 2011, Tahun 2013, Tahun 2015 dan awal tahun 2016. Dalam penelitian ini dilakukan pemodelan banjir terhadap saluran-saluran drainase yang berada pada Kecamatan Banjarsari, yang pernah terjadi salah kejadian banjir satunya pada tahun 2022 di Kelurahan Nusukan dan Kelurahan Banyuanyar yang dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3 (BBWS Bengawan Solo 2022).



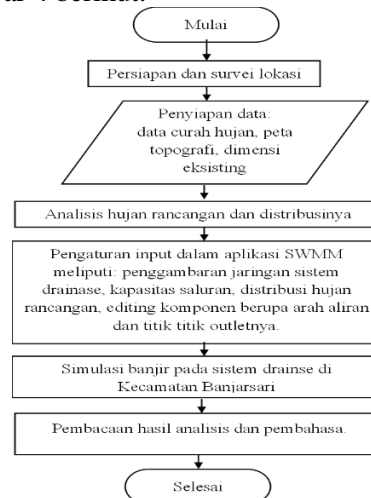
(Sumber: BBWS Bengawan Solo, 2022)
Gambar 2 Banjir pada Kel. Nusukan, 2022



(Sumber: BBWS Bengawan Solo, 2022)
Gambar 3 Banjir pada Kel. Banyuanyar, 2022

Tahapan penelitian dimulai dari tahap persiapan dan survei lokasi untuk melihat kesesuaian data sekunder dan data primer meliputi dimensi dan arah aliran drainase, selanjutnya penyiapan an dan penyusunan data hujan, topografi, hidrologi dan dimensi eksisting. Selanjutnya masuk di tahap analisis hujan rencana dan persiapan data input model EPA SWMM. Setelah data dinyatakan siap, dilakukan pengaturan simulasi seperti penggambaran jaringan, pengaturan simulasi, komponen dan menjalankan simulasi. Proses simulasi dikalibrasi dengan menganggap bahwa elevasi di drainase pengumpul dalam kondisi penuh karena kejadian di banjir bisa jadi disebabkan oleh ketidakmampuan drainase penerima sehingga terjadi luapan. Hasil simulasi selanjutnya diproses untuk menjadi pembahasan dan saran tindak lanjut terhadap hasil simulasi.

Tahapan penelitian secara umum dapat dilihat pada diagram alir penelitian seperti pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4 Bagian Alir

Analisis dan Pembahasan

Analisis Hidrologi

1. Curah hujan maksimum harian
Penetapan seri data curah hujan harian maksimum Stasiun Pabelan yang akan digunakan dalam analisis frekuensi diperoleh dengan metode *maximum annual series* (Data Maksimum Tahunan). Data curah hujan harian maksimum dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3 Hujan Harian Maksimum Stasiun Pabelan

| Tahun | Curah Hujan Harian Maksimum (mm) |
|-------|----------------------------------|
| 2008 | 126 |
| 2009 | 142 |
| 2010 | 103 |
| 2011 | 114 |
| 2012 | 99 |
| 2013 | 76 |
| 2014 | 123 |
| 2015 | 166 |
| 2016 | 138 |
| 2017 | 118 |
| 2018 | 69 |
| 2019 | 116 |
| 2020 | 113 |
| 2021 | 167 |
| 2022 | 104 |

(Sumber: Stasiun Hujan Pabelan)

2. Analisis curah hujan rancangan
Distribusi curah hujan maksimum yang diterima dalam analisis frekuensi adalah distribusi Log Pearson III dengan kala ulang 5 tahun. Tabel 4 merupakan hasil perhitungan curah hujan dengan kala ulang 5 tahun.

Tabel 4 Curah Hujan Rancangan Distribusi Log Pearson III

| T (tahun) | Pr (%) | Xt | K | Log X | X (mm) |
|-----------|--------|------|-------|-------|---------|
| 5 | 20 | 2,06 | 0,855 | 2,152 | 141,986 |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

3. Intensitas hujan rancangan
Setelah melakukan perhitungan curah hujan harian maka selanjutnya dapat

menentukan nilai distribusi jam-jaman. Dalam intensitas hujan (I) dapat ditentukan durasi hujan yaitu sepanjang 6 jam dengan interval perhitungan 1 jam. Durasi waktu diambil selama 6 jam karena berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Ropri (2010) di wilayah Surakarta menunjukkan hasil bahwa hujan yang terjadi di wilayah Bengawan Solo didominasi oleh kejadian hujan jam-jaman dengan durasi 6 jam. Tabel 5 berikut merupakan hasil perhitungan intensitas hujan kala ulang 5 tahun:

Tabel 5 Perhitungan Intensitas Hujan Kala Ulang 5 Tahun

| Jam ke (jam) | It (mm/jam) | P (mm) | ΔP (mm) | Hyetograph (mm) |
|--------------|-------------|---------|---------|-----------------|
| 1 | 78,138 | 78,138 | 78,14 | 9,578 |
| 2 | 49,224 | 98,447 | 20,31 | 14,247 |
| 3 | 37,565 | 112,694 | 14,25 | 78,138 |
| 4 | 31,009 | 124,036 | 11,34 | 20,31 |
| 5 | 26,723 | 133,614 | 9,578 | 11,342 |
| 6 | 23,664 | 141,986 | 8,372 | 8,372 |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

Penyusunan Parameter pada SWMM

Pada penelitian ini *subcatchment area* dibagi menjadi 18 *subcatchment*, 21 *junction*, sedangkan untuk semua *conduit* memiliki bentuk yang sama yaitu *rectangular* dengan kekasaran saluran 0,02. Berikut adalah masing-masing parameter yang dibutuhkan dalam SWMM yang telah disesuaikan dengan kondisi eksisting di lapangan untuk dimensi dan elevasi sesuai dengan data sekunder Dinas PUPR Kota Surakarta dan BBWS Bengawan Solo, sedangkan beberapa parameter digunakan melalui pendekatan kondisi lapangan berdasarkan jenis tutupan lahannya yang dapat dilihat pada Tabel 6, 7, 8, 9, dan 10.

Tabel 6 Parameter pada Setiap Junction

| Node | Invert el. |
|----------|------------|
| J1 | 95 |
| J2_Hulu | 95,45 |
| J2_Hilir | 95,12 |
| J3 | 94,14 |
| J5_Hulu | 94,55 |
| J5_Hilir | 94,23 |

| <i>Node</i> | <i>Invert el.</i> | <i>Node</i> | <i>Invert el.</i> |
|-------------|-------------------|-------------|-------------------|
| J7_Hulu | 94,23 | J17_Hulu | 100,85 |
| J7_Tengah | 99,48 | J17_Tengah | 96,08 |
| J7_Hilir | 98,78 | J17_Hilir | 95,57 |
| J8 | 96,37 | J18_Hulu | 96,96 |
| J9 | 97,53 | J18_Tengah | 96,29 |
| J11 | 99,67 | J18_Hilir | 95,64 |
| J12 | 99 | | |
| J14 | 98,15 | | |
| J15 | 98,95 | | |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

Tabel 7 Parameter pada Setiap Conduit

| <i>Conduit</i> | <i>Inlet Node</i> | <i>Outlet Node</i> | <i>Max Depth (m)</i> | <i>Bottom Width (m)</i> | <i>Length (m)</i> |
|----------------|-------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|-------------------|
| C1 | J1 | O1 | 1,5 | 2 | 445 |
| C2_Hulu | J2_Hulu | J2_Hilir | 1 | 0,9 | 87 |
| C2_Hilir | J2_Hilir | O2 | 2,7 | 2 | 400 |
| C3_Hulu | J5_Hilir | J3 | 2,03 | 2 | 200 |
| C3_Hilir | J3 | O3 | 2,3 | 1,8 | 197 |
| C5 | J5_Hulu | J5_Hilir | 2,4 | 1,8 | 100 |
| C7_Hulu | J7_Hulu | J7_Tengah | 1,8 | 2,7 | 437 |
| C7_Tengah | J7_Tengah | J7_Hilir | 0,8 | 1,3 | 300 |
| C7_Hilir | J7_Hilir | O7 | 0,4 | 1,3 | 800 |
| C8 | J8 | O8 | 1,3 | 1 | 117 |
| C9 | J9 | O9 | 1 | 1,5 | 108 |
| C11 | J11 | J12 | 0,8 | 0,6 | 220 |
| C12 | J12 | O12 | 0,8 | 0,6 | 840 |
| C14_Hulu | J14 | J9 | 1,3 | 1 | 169 |
| C14_Tengah | J9 | J8 | 1 | 1,1 | 900 |
| C14_Hilir | J8 | J5_Hilir | 1,2 | 1,8 | 100 |
| C15_Hulu | J12 | J15 | 2,1 | 1,8 | 145 |
| C15_Hilir | J15 | O15 | 2,1 | 1,8 | 405 |
| C17_Hulu | J17_Hulu | J17_Tengah | 3,3 | 4 | 130 |
| C17_Tengah | J17_Tengah | J17_Hilir | 1,7 | 3,8 | 700 |
| C17_Hilir | J17_Hilir | O17 | 3,7 | 4 | 800 |
| C18_Hulu | J18_Hulu | J18_Tengah | 0,3 | 2,4 | 200 |
| C18_Tengah | J18_Tengah | J18_Hilir | 1,8 | 3,6 | 700 |
| C18_Hilir | J18_Hilir | O18 | 2,6 | 2,8 | 700 |

Tabel 8 Parameter pada Subcatchement 1-5

| <i>Data</i> | <i>Subcatchement 1</i> | <i>Subcatchement 2</i> | <i>Subcatchement 3</i> | <i>Subcatchement 4</i> | <i>Subcatchement 5</i> |
|------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| <i>Area (ha)</i> | 25,97 | 15,953 | 3,045 | 2,093 | 1,48 |
| <i>Width (m)</i> | 324,68 | 197,21 | 193,25 | 139,72 | 174,7 |
| <i>% Slope</i> | 4,5 | 4,7 | 7,5 | 4,2 | 0,7 |
| <i>% Imperv</i> | 73,92 | 45,05 | 65,5 | 68,64 | 27,64 |

| Data | Subcatchment 1 | Subcatchment 2 | Subcatchment 3 | Subcatchment 4 | Subcatchment 5 |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Area (ha) | 25,97 | 15,953 | 3,045 | 2,093 | 1,48 |
| Width (m) | 324,68 | 197,21 | 193,25 | 139,72 | 174,7 |
| % Slope | 4,5 | 4,7 | 7,5 | 4,2 | 0,7 |
| N-imprv | 0,011 | 0,011 | 0,011 | 0,011 | 0,011 |
| N-perv | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| D-store imprv | 1,27 | 1,27 | 1,27 | 1,27 | 1,27 |
| D-store perv | 2,54 | 2,54 | 2,54 | 2,54 | 2,54 |
| % Zero-impv | 58,07 | 40,07 | 78,13 | 100 | 86,48 |

Tabel 9 Parameter pada Subcatchment 7-11

| Data | Subcatchment 7 | Subcatchment 8 | Subcatchment 9 | Subcatchment 10 | Subcatchment 11 |
|---------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| Area (ha) | 57,959 | 1,789 | 1,488 | 4,923 | 7,0127 |
| Width (m) | 536,56 | 157,4 | 205,4 | 260,05 | 209,53 |
| % Slope | 4,3 | 0,6 | 2,8 | 4 | 3,6 |
| % Imperv | 51,11 | 69,1 | 66,26 | 59,42 | 66,6 |
| N-imprv | 0,011 | 0,011 | 0,011 | 0,011 | 0,011 |
| N-perv | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| D-store imprv | 1,27 | 1,27 | 1,27 | 1,27 | 1,27 |
| D-store perv | 2,54 | 2,54 | 2,54 | 2,54 | 2,54 |
| % Zero-impv | 90,06 | 91,61 | 85,22 | 93,19 | 87,99 |

Tabel 10 Parameter pada Setiap Subcatchment 12-18

| Data | Subcatchment 12 | Subcatchment 14 | Subcatchment 15 | Subcatchment 17 | Subcatchment 18 |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Area (ha) | 31,656 | 38,505 | 20,226 | 44,405 | 38,441 |
| Width (m) | 541,97 | 664,04 | 382,08 | 718,68 | 559,34 |
| % Slope | 4,3 | 5,3 | 4,4 | 5,6 | 5,6 |
| % Imperv | 70 | 63,73 | 67,63 | 64,59 | 35,77 |
| N-imprv | 0,011 | 0,011 | 0,011 | 0,011 | 0,011 |
| N-perv | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| D-store imprv | 1,27 | 1,27 | 1,27 | 1,27 | 1,27 |
| D-store perv | 2,54 | 2,54 | 2,54 | 2,54 | 2,54 |
| % Zero-impv | 95,63 | 78,99 | 78,92 | 68,55 | 31,17 |

Hasil Simulasi SWMM

Hasil simulasi dari pemodelan SWMM menunjukkan bahwa total hujan sebesar 133,61 mm selama 6 jam tidak semuanya menjadi limpasan permukaan. Sebagian hujan hilang sebagai infiltrasi yang besarnya tergantung pada karakteristik masing-masing subcatchment.

| Node | Hours Flooded | Maximum Rate CMS | Day of Maximum Flooding | Hour of Maximum Flooding | Total Flood Volume 10 ⁻⁶ m ³ | Maximum Ponded Depth Meters |
|-----------|---------------|------------------|-------------------------|--------------------------|--|-----------------------------|
| J2_Hulu | 1,01 | 1,361 | 0 | 04:00 | 2,813 | 0,000 |
| J7_Hulu | 0,25 | 0,837 | 0 | 04:00 | 0,426 | 0,000 |
| J7_Tengah | 2,85 | 6,044 | 0 | 04:01 | 34,577 | 0,000 |
| J7_Hilir | 3,29 | 1,008 | 0 | 04:48 | 10,966 | 0,000 |
| J11 | 1,91 | 1,693 | 0 | 04:00 | 5,167 | 0,000 |
| J14 | 1,56 | 5,716 | 0 | 04:00 | 18,382 | 0,000 |
| J18_Hulu | 2,99 | 6,459 | 0 | 04:00 | 28,893 | 0,000 |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)
Gambar 4 Summary Result Node Flooding Pada Gambar 4 yaitu pada topik Node Flooding dapat diketahui node mana saja

yang terjadi luapan. Sebagai contoh, luapan yang terjadi pada J18_Hulu menunjukkan pengertian bahwa di ruas tersebut diketahui lama genangan (*hours flooded*) selama 2,99 jam dengan debit maksimal (*maximum rate*) 6,459 m³/s pada jam ke 4 dengan volume genangan (*total flood volume*) 28,893 m³.

| Link | Type | Maximum Flow CMS | Day of Maximum Flow | Hour of Maximum Flow | Maximum Velocity m/sec | Max / Full Flow | Max / Full Depth |
|------------|---------|------------------|---------------------|----------------------|------------------------|-----------------|------------------|
| C1 | CONDUIT | 5.476 | 0 | 04:00 | 2.89 | 0.07 | 0.01 |
| C2_Hulu | CONDUIT | 1.788 | 0 | 03:11 | 2.59 | 1.34 | 0.14 |
| C2_Hilir | CONDUIT | 1.679 | 0 | 03:13 | 1.89 | 0.10 | 0.16 |
| C3_Hulu | CONDUIT | 2.132 | 0 | 04:00 | 0.93 | 0.65 | 0.56 |
| C3_Hilir | CONDUIT | 2.130 | 0 | 04:00 | 1.45 | 0.73 | 0.35 |
| C5 | CONDUIT | 0.301 | 0 | 04:00 | 0.17 | 0.03 | 0.43 |
| C7_Hulu | CONDUIT | 10.021 | 0 | 04:01 | 2.96 | 1.00 | 1.00 |
| C7_Tengah | CONDUIT | 1.976 | 0 | 04:48 | 1.90 | 1.56 | 1.00 |
| C7_Hilir | CONDUIT | 0.968 | 0 | 02:59 | 1.90 | 1.02 | 0.98 |
| C8 | CONDUIT | 0.506 | 0 | 04:00 | 1.94 | 0.12 | 0.20 |
| C9 | CONDUIT | 2.413 | 0 | 03:06 | 3.55 | 0.34 | 0.45 |
| C11 | CONDUIT | 0.442 | 0 | 05:00 | 0.92 | 0.92 | 1.00 |
| C12 | CONDUIT | 0.622 | 0 | 04:00 | 1.62 | 0.89 | 0.80 |
| C14_Hulu | CONDUIT | 2.526 | 0 | 03:04 | 2.97 | 1.26 | 0.67 |
| C14_Tengah | CONDUIT | 0.270 | 0 | 04:00 | 0.69 | 0.27 | 0.36 |
| C14_Hilir | CONDUIT | 1.186 | 0 | 04:00 | 0.98 | 0.12 | 0.60 |
| C15_Hulu | CONDUIT | 5.720 | 0 | 04:00 | 2.27 | 2.22 | 0.67 |
| C15_Hilir | CONDUIT | 5.716 | 0 | 04:00 | 3.13 | 0.40 | 0.48 |
| C17_Hulu | CONDUIT | 9.298 | 0 | 04:00 | 2.20 | 0.06 | 0.34 |
| C17_Tengah | CONDUIT | 9.225 | 0 | 04:00 | 1.49 | 1.14 | 0.96 |
| C17_Hilir | CONDUIT | 9.147 | 0 | 04:02 | 1.93 | 0.28 | 0.32 |
| C18_Hulu | CONDUIT | 0.792 | 0 | 03:01 | 1.10 | 0.98 | 1.00 |
| C18_Tengah | CONDUIT | 0.785 | 0 | 05:39 | 0.57 | 0.09 | 0.22 |
| C18_Hilir | CONDUIT | 0.785 | 0 | 06:00 | 0.86 | 0.06 | 0.13 |

Gambar 5 Summary Result Link Flow

Pada Gambar 5 yaitu pada topik *link flow* berisikan besaran debit dan kecepatan aliran di setiap saluran. Debit aliran terbesar terletak pada C7_Hulu sebesar 10,021 m³/s. Namun, nilai rasio kapasitas saluran terhadap debit maksimum (*max/full flow*) terbesar ada pada C2_Hulu dengan nilai 1,34 yang artinya terjadi luapan. Hal ini diperjelas pada Gambar 6 yang menunjukkan ruas mana saja yang telah mencapai batas kapasitasnya (*hours capacity limited*).

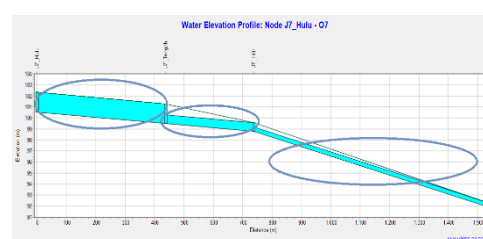
| Conduit | Hours Both Ends Full | Hours Upstream Full | Hours Downstream Full | Hours Above Normal Flow | Hours Capacity Limited |
|------------|----------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| C2_Hulu | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 1.37 | 0.01 |
| C7_Hulu | 0.25 | 0.25 | 2.85 | 0.01 | 0.01 |
| C7_Tengah | 0.01 | 3.57 | 0.01 | 3.34 | 0.01 |
| C7_Hilir | 0.01 | 3.68 | 0.01 | 3.43 | 0.01 |
| C11 | 0.01 | 0.01 | 2.07 | 0.01 | 0.01 |
| C12 | 0.01 | 2.07 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| C14_Hulu | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 2.03 | 0.01 |
| C15_Hulu | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 1.14 | 0.01 |
| C17_Tengah | 0.01 | 0.41 | 0.01 | 0.61 | 0.01 |
| C18_Hulu | 2.99 | 2.99 | 3.19 | 0.01 | 0.01 |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

Gambar 6 Summary Result Conduit Suurcharge

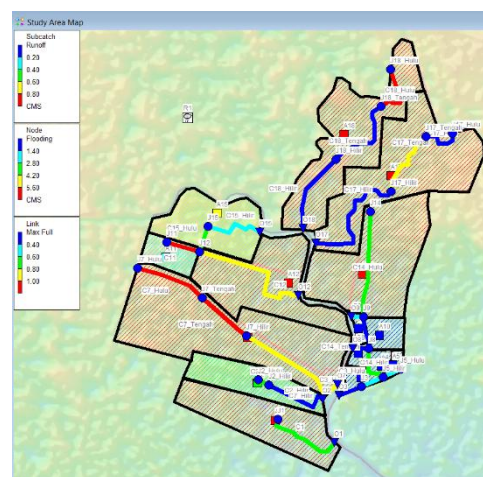
Hasil simulasi pada saluran juga dapat ditampilkan sebagai profil aliran (*profile plot*) yang menunjukkan perubahan kedalaman aliran dalam potongan

memanjang saluran. Salah satu contoh profil aliran yang mengalami genangan yaitu pada titik J7_Hulu - O7, terdapat luapan pada 3 titik tersebut yang kemungkinan dikarenakan aliran air masuk sudah melebihi kapasitas saluran sehingga menyebabkan terjadinya luapan dan mengakibatkan genangan di area tersebut. Profil aliran pada titik J7_Hulu - O7 dapat dilihat pada Gambar 7, sedangkan untuk hasil keseluruhan melalui *map* pada SWMM dapat dilihat pada Gambar 8.



(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

Gambar 7 Profil Aliran dari J7_Hulu – O7

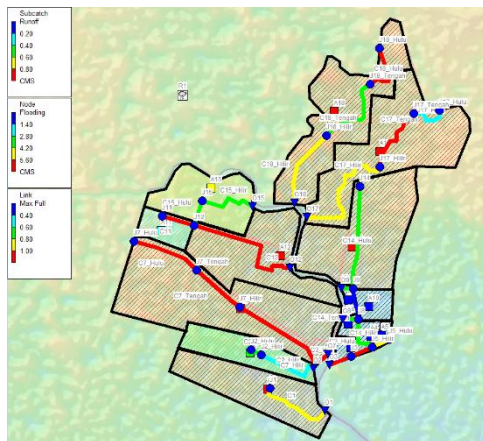


(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

Gambar 8 Tampilan Hasil Menggunakan Map

Selain dilakukan *running* pada saluran drainase, kalibrasi dilakukan dengan memaksimalkan aliran pada bagian *outfall*. Berdasarkan simulasi dengan kondisi kritis yang artinya badan penerima sistem drainase yaitu Kali Pepe mengalami banjir sehingga air dari drainase tidak dapat masuk ke kali. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah hasil simulasi sesuai dengan data yang diperoleh dari Badan Penanggulangan

Bencana Daerah Kota Surakarta tahun 2022 yang menyatakan bahwa daerah tersebut banjir. Gambar 9 adalah hasil simulasi dengan memaksimalkan aliran pada outfall. Dari gambar dibawah dapat terlihat bahwa untuk Kelurahan Banyuanyar dan Kadapiro terjadi banjir.



(Sumber: Hasil Analisis, 2024)
Gambar 9 Kondisi Kritis Drainase

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan diatas maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh hujan terhadap saluran drainase beragam-ragam, ada beberapa saluran yang aman, tetapi juga ada yang terjadi luapan. Debit maksimum pada saluran drainase terletak pada C7_Hulu sebesar 10,021 m³/s.
2. Pemodelan banjir yang dilakukan dengan simulasi SWMM sesuai dengan data yang didapat dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kota Surakarta bahwa daerah Kelurahan Kadapiro dan Kelurahan Nusukan memang terjadi banjir

Rekomendasi

Pemodelan banjir ini selanjutnya dapat dikembangkan dengan parameter lain seperti polutan. Solusi yang ditawarkan untuk penanganan banjir/limpasan pada sistem drainase di Kecamatan Banjarsari dapat dikaji lebih luas, seperti pembuatan

sumur resapan, normalisasi, sistem pompa, kolam retensi dan sebagainya.

Daftar Pustaka

- Al Amin, M. B. (2020). *Pemodelan Sistem Drainase Perkotaan Menggunakan SWMM*. Yogyakarta: Deepublish.
- Andawayanti, U., Lufira, R. D., & Suhardjono. (2022). *Aplikasi SWMM dalam Perencanaan Drainase Perkotaan*. Malang: UB Press.
- Apriyanza, H., Amri, K., & Gunawan, G. (2018). Analisis Kemampuan Saluran Drainase terhadap Genangan Banjir di Jalan Gunung Bungkuk Kota Bengkulu dengan Menggunakan Aplikasi EPA SWMM 5.1. *Jurnal Inersia*, 41-51.
- Fajri, Novansyah., Ussy, Andawayanti., & Lufira, R. D. (2022). Kajian Evaluasi Genangan Menggunakan Metode SWMM (Storm Water Management Model) di Daerah Jalan Soekarno Hatta (RS UB hingga Patung Pesawat), Kota Malang. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 259-272.
- Rossmann, L. A. (2015). *Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1*. Cincinnati: U.S Environmental Protection Agency.
- Rossmann, L. A. (2016). *Storm Water Management Model Reference Manual (Vol. I Hydrology)*. Cincinnati: U.S Environmental Protection Agency.
- Rossmann, L. A. (2017). *Storm Water Management Model Reference Manual (Vol. II Hydraulics)*. Cincinnati: U.S Environmental Protection Agency.
- Suprpti, & Hamzah, Muhammad. (2022). Drainage System Capacity Analysis with Storm Water Management Model (SWMM) at Cemarajaya Housing, Karawang Regency West Java. *IJEED*, 380-394.
- Suprpto, Mamok., M, Adi, Yusuf., & Prilbista, A. S. (2018). Analisis Sistem Drainase untuk Penanganan Genangan di Kecamatan Magetan Bagian Utara. *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 231-237.

- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Ansi Offset.
- Ubaidillah, Ahmad. (2022). Analisis Kapasitas Tampung Saluran Drainase dengan Menggunakan Software Hec-Ras 5.0.3 (Studi Kasus Sistem Jaringan Drainase Kelurahan Tlogopojok, Kabupaten Gresik). *Jurnal Extrapolasi*, 1-12.
- Triatmodjo, B. (2006). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.
- Zarkani, M. R., Sujatmoko, Bambang., & Rinaldi. (2016). Analisa Drainase untuk Penanggulangan Banjir Menggunakan EPA SWMM (Studi Kasus Perumahan Mutiara Witayu, Kecamatan Rumbai Pekanbaru). *FTEKNIK*, 1-12.