

Kajian subsistem saluran drainase pada outlet Kali Pepe Hulu Kota Surakarta menggunakan HEC-RAS

Tabri Budi Darmawan^{1*}, Dinia Anggraheni¹

¹ Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

Article Info

Available online

Keywords:

Drainage system
HEC- RAS
Waterlogging

Corresponding Author:

Tabri Budi Darmawan
tabri.darmawan@students.uii.ac.id

Abstract

The drainage system of Pepe Hulu River is a system facing waterlogging issues. Situated in the Banjarsari and Jabres Districts, the Pepe Hulu River Drainage System experiences a high influx of water that overwhelms its channels, resulting in water accumulation. Hence, a study of the drainage channels is necessary, along with solutions to address the waterlogging in the Districts Banjarsari and Jabres. Drainage channel simulation is conducted using the HEC-RAS application to model the channels, their cross-sectional conditions, and potential solutions. Data collection involves gathering information from relevant agencies. The method used to calculate the design discharge is rational, involving channel modeling using HEC-RAS. Channel analysis is performed to determine the channels' capacity. Solutions involve structural planning for the channels experiencing waterlogging to reduce it. The research findings indicate that several channels in the the system of Pepe Hulu River drainage system overflow due to their capacity being smaller than the planned discharge. To address this issue, normalization of the channels and the construction of infiltration wells are proposed solutions. Analysis reveals waterlogging in channels H2, H3.1c, H4, H6, H7a, H7b, and H10, necessitating alternative solutions. The proposed solution involves altering channel dimensions until the planned discharge can be fully accommodated, alongside constructing infiltration wells with a depth of 2.2 m and a diameter of 1 m for every 36 m² of roof area, with a reduction discharge rate of 0.00028 m³/s for each infiltration well.

Copyright © 2024 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Latar Belakang

Topografi pada Kota Surakarta termasuk dalam dataran rendah berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Surakarta tahun 2011 dengan ketinggian ± 92 mdpl. Dengan kondisi tersebut perbedaan ketinggian antar daerah tidak berbeda jauh sehingga dapat dikatakan bahwa Kota Surakarta memiliki daerah yang relatif datar daerahnya. Kondisi tersebut dapat menjadi potensi besar untuk terjadinya genangan air atau banjir didaerah Kota Surakarta. Selain itu, dengan adanya perkembangan dan kemajuan dalam sebuah wilayah tentu memberikan dampak atau masalah seperti perubahan tata guna lahan yang awalnya digunakan untuk daerah

resapan air beralih fungsi sebagai kawasan industri dan perumahan untuk menunjang pada sektor ekonomi. Berdasarkan hal tersebut memicu adanya permasalahan seperti genangan, banjir, dan kekurangan cadangan air pada musim kemarau. Menurut Fairizi (2015) suatu kawasan yang tertata dengan baik harus diikuti dengan penataan sistem drainase yang baik pula.

Kota Surakarta sendiri memiliki 8 sub sistem sungai yang salah satu sistem drainase Kali Pepe Hulu. Berdasarkan daerah administrasi Kali Pepe Hulu melewati 2 kecamatan. Pada Kecamatan Banjarsari yaitu terdiri dari Kelurahan Banyuanyar, Sumber, Nusukan, dan Kadapiro serta Kecamatan Jebres yang terdiri dari Kelurahan Mojosongo.

Menurut Qomariah (2007) umumnya saluran di Kota Surakarta berfungsi dengan baik, namun di beberapa wilayah masih sering terjadi genangan air. Berdasarkan data dari *Master Plan* Kota Surakarta 2016 saluran pada sistem drainase hanya mampu mengalirkan 75% hingga 85 % dari kapasitas yang direncanakan. Sedangkan peralihan fungsi lahan yang awalnya daerah resapan menjadi perumahan atau kawasan industri semakin bertambah tiap tahunnya. Berdasarkan hal tersebut jika terjadi intensitas hujan tinggi dapat mengakibatkan masalah genangan.

Kajian terkait sistem drainase telah banyak dilakukan penelitian terdahulu, salah satunya Mudra, dkk (2016) yang melakukan kajian di Kota Malang dengan membuat solusi biopori. Kajian dengan aplikasi *HEC-RAS* telah dilakukan Fauzan, dkk (2023) pada studi kasus Jalan Soekarno Hatta Kota Malang dengan hasil di beberapa saluran melimpas dan alternatif solusi dengan sumur resapan. Evaluasi sistem drainase dilakukan oleh Astika (2020) berlokasi di Kabupaten Sidoarjo dengan terjadi genangan pada beberapa saluran di Kecamatan Waru. Analisis drainase yang dilakukan oleh Yulian (2022) berlokasi di Kepulauan Seribu, DKI Jakarta dengan hasil terjadi limpasan pada salurannya sehingga perlu sumur resapan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Kajian evaluasi genangan yang dilakukan oleh Fajri (2022) menggunakan aplikasi *SWMM* pada yang berlokasi di Kota Malang dengan hasil beberapa saluran yang meluap dan menggunakan alternatif solusi merubah dimensi saluran. Kajian menggunakan aplikasi *SWMM* dilakukan oleh Faizal (2019) untuk mencegah genangan saluran di Kota Tarakan dengan solusi perubahan dimensi saluran. Canubry (2021) melakukan perencanaan saluran drainase perkotaan dengan aplikasi *HEC-RAS* dengan hasil debit 10 tahun melimpas pada saluran sungai sehingga diperlukan normalisasi saluran. Pratiwi (2020) melakukan analisis reduksi debit banjir dan pengendaliannya di Kota Jakarta dengan solusi kolam retensi.

Metode Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan pada subsistem drainase Kali Pepe Hulu dengan debit rencana metode rasional kala ulang 2 dan 5 tahun. Saluran drainase disimulasikan dengan aplikasi *HEC-RAS* dengan alternatif solusi yang digunakan yaitu perubahan dimensi dan pembuatan sumur resapan.

Metode Rasional

Metode rasional merupakan metode yang sangat umum digunakan. Menurut Triadmodjo (2011) metode ini sederhana dan mudah dalam penggunaannya dan sering digunakan dalam rencana drainase perkotaan. Berikut merupakan rumus metode rasional yang dapat dilihat pada Pers. (1).

$$Q = 0,002778 C \times I \times A \quad (1)$$

Pada rumus tersebut untuk mencari Q yang merupakan debit limpasan air dengan satuan (m^3/s) membutuhkan beberapa parameter yaitu koefisien aliran (C), Intensitas Hujan (I) dengan satuan (mm/jam), dan luas daerah tangkapan (A) dengan satuan (ha).

Alternatif Solusi dengan Sumur Resapan

Rumus ketinggian muka air sumur resapan menurut Sunjoto (2011) dapat dilihat pada Pers. (2).

$$H = \frac{Q_a}{F.K} \left(1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}}\right) \quad (2)$$

Pada rumus tersebut untuk mencari kedalaman sumur resapan (H) dengan satuan (m) menggunakan beberapa parameter factor geometrik (F) dengan satuan (m), debit atap (Q_a) dengan satuan (m^3/s), waktu pengaliran (T) dengan satuan (detik), koefisien permeabilitas tanah (K) dengan satuan (m/s), dan jari-jari sumur dengan satuan (m).

Pengumpulan Data

a. Data Saluran Drainase

Data saluran drainase diperoleh melalui Dinas Pekerjaan Umum Dan Penataan Ruang (DPUPR) Kota Surakarta. Gambar lokasi dan skema aliran dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.

b. Data Curah Hujan Harian

Data curah hujan yang digunakan untuk membuat debit banjir rancangan yang didapat dari BBWS Bengawan Solo dari Pos Hujan Pabelan. Metode yang digunakan yaitu dari Suripin (2004) metode hujan titik dengan pos hujan tunggal. Data curah hujan maksimum dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Curah Hujan Maksimum

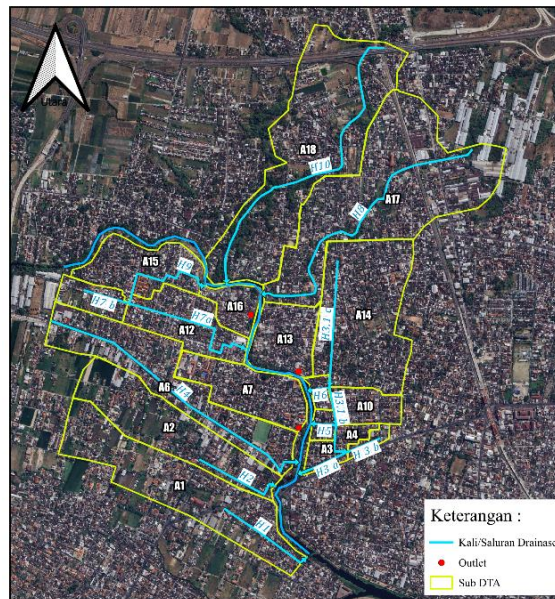
| Data Curah Hujan Maksimum | |
|---------------------------|----------------|
| Tahun | Kedalaman (mm) |
| 2008 | 126 |
| 2009 | 142 |
| 2010 | 103 |
| 2011 | 114 |
| 2012 | 99 |
| 2013 | 76 |

Lanjutan Tabel 1. Curah Hujan Maksimum

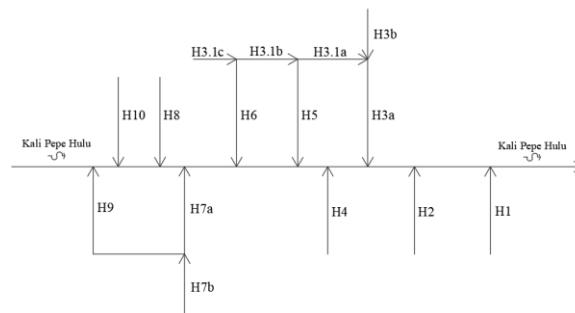
| Tahun | Kedalaman (mm) |
|-------|----------------|
| 2014 | 123 |
| 2015 | 166 |
| 2016 | 138 |
| 2017 | 118 |
| 2018 | 69 |
| 2019 | 116 |
| 2020 | 113 |
| 2021 | 167 |
| 2022 | 104 |

c. Data Topografi Wilayah

Data topografi sungai yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data yang diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo. Sedangkan data topografi wilayah yang memuat data kontur tanah didapatkan data dari DEMNAS.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Google, 2023)



Gambar 2. Skema Aliran

Hasil Penelitian

Debit Rencana

Pada perhitungan debit pada kala ulang 2 dan 5 tahun dengan contoh perhitungan dari Pers. (1) dengan metode rasional. Berikut merupakan debit 2 dan 5 tahun yang mengalir pada saluran dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Debit Rencana Pada Saluran

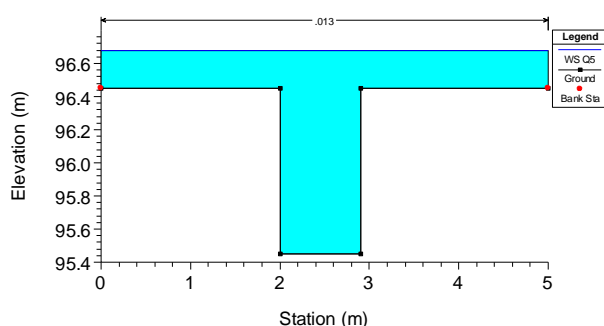
| Saluran | Q _{2Th} (m ³ /s) | Q _{5Th} (m ³ /s) |
|------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| H10 | 4,755 | 5,741 |
| H9 | 6,994 | 8,445 |
| H8 | 5,780 | 6,978 |
| Outlet A16 | 1,650 | 1,990 |
| H7b | 3,907 | 4,717 |
| H7a | 1,726 | 2,083 |
| Outlet A13 | 2,690 | 3,250 |
| H6 | 5,225 | 6,308 |
| Outlet A7 | 2,390 | 2,880 |
| H5 | 2,460 | 2,971 |
| H4 | 5,805 | 7,009 |
| H3.1c | 5,483 | 6,620 |
| H3.1b | 2,383 | 2,877 |
| H3.1a | 1,806 | 2,180 |
| H3b | 0,630 | 0,761 |
| H3a | 3,020 | 3,647 |
| H2 | 3,184 | 3,845 |
| H1 | 4,191 | 5,060 |

Analisis Saluran

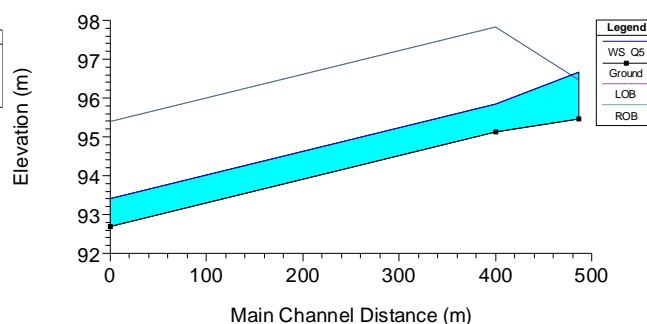
Dari hasil perhitungan dan analisis ditemukan beberapa saluran yang mengalami genangan. Berdasarkan dari hasil simulasi *HEC-RAS* diketahui bahwa terdapat saluran yang mengalami genangan yaitu dengan kodefikasi H2, H3.1c, H4, H6, H7a, H7b, dan H10.

Pada penampang melintang menunjukkan bahwa hasil analisis yang diperoleh pada H2 pada STA.+400 ketinggian muka air melebihi elevasi maksimal pada saluran. Elevasi genangan air pada analisis mencapai 96,3 m pada kala ulang 5 tahun dengan elevasi maksimal saluran 96,45 m. Pada penampang memanjang menunjukkan bahwa hasil analisis yang diperoleh pada saluran H2.

Pada penampang saluran H2 menunjukkan bahwa kemiringan saluran dari STA.400 hingga STA.487 cenderung lebih datar dari pada STA.400 hingga STA. ±0. Serta penyempitan dimensi pada hulu saluran. Gambar melintang saluran H2 dapat dilihat pada Gambar 3, gambar memanjang saluran H2 dapat dilihat pada Gambar 4, dan rekapitulasi hitungan dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 3. Profil Melintang Saluran H2



Gambar 4. Profil Memanjang Saluran H2

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Analisis Saluran Kala Ulang 2 dan 5 Tahun

| Outlet Drainase | Saluran | STA | Q (m ³ /s) | | Elevasi Muka Air | | Elevasi Maks | Keterangan | |
|-----------------------|---------|------|-----------------------|------|------------------|--------|--------------|------------|----------|
| | | | 2 Th | 5 Th | 2 Th | 5 Th | | 2 Tahun | 5 Tahun |
| Kali Pepe STA 50 | H1 | 445 | 4,19 | 5,06 | 95,76 | 95,86 | 96,5 | AMAN | AMAN |
| | | 0 | 4,19 | 5,06 | 92,15 | 92,25 | 92,89 | AMAN | AMAN |
| | | 487 | 3,18 | 3,84 | 96,62 | 96,8 | 96,45 | MELIMPAS | MELIMPAS |
| Kali Pepe STA 346.78 | H2 | 400 | 3,18 | 3,84 | 95,75 | 95,84 | 97,82 | AMAN | AMAN |
| | | 0 | 3,18 | 3,84 | 93,31 | 93,4 | 95,38 | AMAN | AMAN |
| Kali Pepe STA 432.23 | H3a | 197 | 3,17 | 3,82 | 95,35 | 95,54 | 96,44 | AMAN | AMAN |
| | | 0 | 3,17 | 3,82 | 95,28 | 95,47 | 96,37 | AMAN | AMAN |
| H3a | H3b | 397 | 0,63 | 0,76 | 95,39 | 95,58 | 96,95 | AMAN | AMAN |
| | | 197 | 0,63 | 0,76 | 95,38 | 95,58 | 96,26 | AMAN | AMAN |
| H3.1a | H3.1b | 0 | 0,63 | 0,76 | 95,38 | 95,58 | 96,17 | AMAN | AMAN |
| | | 255 | 2,38 | 2,88 | 97,76 | 97,87 | 98,12 | AMAN | AMAN |
| H3.1b | H3-1c | 0 | 2,38 | 2,88 | 96,23 | 96,29 | 96,7 | AMAN | AMAN |
| | | 805 | 5,48 | 6,62 | 99,13 | 99,25 | 99,45 | AMAN | AMAN |
| | | 636 | 5,48 | 6,62 | 99,07 | 99,15 | 98,53 | MELIMPAS | MELIMPAS |
| Kali Pepe STA 623.62 | H4 | 0 | 5,48 | 6,62 | 98,23 | 98,28 | 98,12 | MELIMPAS | MELIMPAS |
| | | 1537 | 5,81 | 7,01 | 101,5 | 101,59 | 102,33 | AMAN | AMAN |
| | | 1100 | 5,81 | 7,01 | 101,02 | 101,32 | 100,28 | MELIMPAS | MELIMPAS |
| | | 800 | 5,81 | 7,01 | 100,04 | 100,47 | 99,28 | MELIMPAS | MELIMPAS |
| | | 0 | 5,81 | 7,01 | 93,16 | 93,59 | 92,3 | MELIMPAS | MELIMPAS |
| Kali Pepe STA 850.84 | H5 | 117 | 2,31 | 2,79 | 95,99 | 96,1 | 96,6 | AMAN | AMAN |
| | | 0 | 2,31 | 2,79 | 95,12 | 95,19 | 95,83 | AMAN | AMAN |
| Kali Pepe STA 950 | H6 | 108 | 5,22 | 6,31 | 97,74 | 97,77 | 97,72 | MELIMPAS | MELIMPAS |
| | | 0 | 5,22 | 6,31 | 95,62 | 95,65 | 95,6 | MELIMPAS | MELIMPAS |
| Kali Pepe STA 1187.63 | H7a | 707 | 1,73 | 2,08 | 100,77 | 100,82 | 98,47 | MELIMPAS | MELIMPAS |
| | | 0 | 1,73 | 2,08 | 98,77 | 98,82 | 94,36 | MELIMPAS | MELIMPAS |
| H7a | H7b | 353 | 3,91 | 4,72 | 100,77 | 100,82 | 100,47 | MELIMPAS | MELIMPAS |
| | | 0 | 3,91 | 4,72 | 98,77 | 98,82 | 98,47 | MELIMPAS | MELIMPAS |
| Kali Pepe STA 1808.4 | H8 | 1630 | 5,78 | 6,98 | 101,52 | 101,45 | 104,15 | AMAN | AMAN |
| | | 1500 | 5,78 | 6,98 | 96,67 | 96,54 | 97,27 | AMAN | AMAN |
| | | 800 | 5,78 | 6,98 | 96,13 | 96 | 99,78 | AMAN | AMAN |
| | | 0 | 5,78 | 6,98 | 95,52 | 95,39 | 98,17 | AMAN | AMAN |
| Kali Pepe STA 2296.31 | H9 | 550 | 6,99 | 8,44 | 100,25 | 100,26 | 101,05 | AMAN | AMAN |
| | | 0 | 6,99 | 8,44 | 96,02 | 96,03 | 96,82 | AMAN | AMAN |
| Kali Pepe STA 1963.08 | H10 | 1600 | 4,76 | 5,74 | 99,14 | 99,62 | 98,46 | MELIMPAS | MELIMPAS |
| | | 1400 | 4,76 | 5,74 | 97,91 | 98,22 | 98,09 | AMAN | MELIMPAS |
| | | 700 | 4,76 | 5,74 | 97,36 | 97,58 | 98,24 | AMAN | AMAN |
| | | 0 | 4,76 | 5,74 | 95,29 | 95,38 | 97,23 | AMAN | AMAN |

Alternatif Solusi

Solusi yang digunakan yaitu berupa pembangunan sumur resapan dan desain ulang saluran. Berikut merupakan beberapa solusi yang bisa digunakan untuk sistem drainase Kali Pepe Hulu.

1. Sumur Resapan

Sumur direncanakan dengan diameter 1 m dan kedalaman 2,2 m dengan perhitungan menggunakan Pers (2). Pada penelitian ini data koefisien permeabilitas tanah diambil dari penelitian Wibowo (2015) yaitu dengan nilai $K = 0,000014$ m/s. Menurut Sunjoto (2011) durasi hujan yang digunakan yaitu 2 jam. Pada hitungan ini tiap sumur resapan direncanakan pada setiap lahan atap 36 m^2 memiliki 1 sumur resapan dengan reduksi debit $0.00028 \text{ m}^3/\text{s}$. Berikut rekapitulasi jumlah sumur resapan dapat dilihat pada Tabel 3 dan untuk rekapitulasi debit tanpa atap dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Rekapitulasi Sumur Resapan

| Sub DTA | Luas Atap (ha) | Jumlah Sumur | Q _{atap} (m ³ /s) |
|---------|----------------|--------------|---------------------------------------|
| A1 | 19,88 | 5522 | 1,55 |
| A2 | 13,47 | 3741 | 1,05 |
| A3 | 1,68 | 466 | 0,13 |
| A4 | 1,98 | 550 | 0,15 |
| A5 | 0,94 | 260 | 0,07 |
| A6 | 13,76 | 3823 | 1,08 |
| A7 | 9,04 | 2511 | 0,71 |
| A8 | 1,62 | 450 | 0,13 |
| A9 | 1,41 | 391 | 0,11 |
| A10 | 5,14 | 1427 | 0,4 |
| A11 | 3,15 | 874 | 0,25 |
| A12 | 11,05 | 3070 | 0,86 |
| A13 | 8,67 | 2408 | 0,68 |
| A14 | 24,23 | 6731 | 1,89 |
| A15 | 8,9 | 2473 | 0,7 |
| A16 | 4,42 | 1229 | 0,35 |
| A17 | 38,06 | 10573 | 2,98 |
| A18 | 22,87 | 6352 | 1,79 |

Tabel 4. Rekapitulasi Debit Tanpa Atap

| Sub DTA | A (ha) | Q _{5th Tanpa Atap} (m ³ /s) |
|---------|--------|---|
| A1 | 14,15 | 1,413 |
| A2 | 12,11 | 1,274 |
| A3 | 0,97 | 0,151 |
| A4 | 0,18 | 0,07 |
| A5 | 0,76 | 0,302 |
| A6 | 16,21 | 3,285 |
| A7 | 6,18 | 1,015 |
| A8 | 0,28 | 0,123 |
| A9 | 0,37 | 0,145 |
| A10 | 1,29 | 0,221 |
| A11 | 2,28 | 0,433 |
| A12 | 3,4 | 0,798 |
| A13 | 2,87 | 0,481 |
| A14 | 10,78 | 1,238 |
| A15 | 5,83 | 0,898 |
| A16 | 1,17 | 0,233 |
| A17 | 18,19 | 1,17 |
| A18 | 32,73 | 2,207 |

2. Perubahan Dimensi

Perubahan dimensi penampang dilakukan pada saluran H2, H4, dan H10 dengan cara *trial and error* pada aplikasi HEC-RAS. Berikut merupakan Tabel 5 rekapitulasi perubahan dimensi pada saluran.

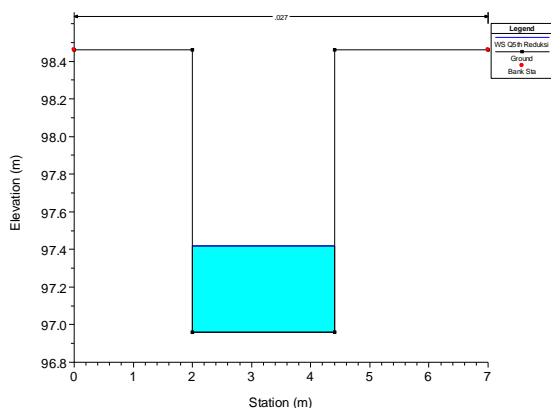
Tabel 5. Rekapitulasi Perubahan Dimensi

| Saluran | STA | Dimensi Sebelum | | Dimensi Sesudah | |
|---------|------|-----------------|-------|-----------------|-------|
| | | b (m) | h (m) | b (m) | h (m) |
| H2 | 487 | 0,9 | 1 | 1 | 1,5 |
| | 1100 | 1,3 | 0,8 | 2 | 1,5 |
| H4 | 800 | 1,3 | 0,4 | 2 | 1,5 |
| | 0 | 1,3 | 0,4 | 2 | 1,5 |
| H10 | 1600 | 2,4 | 0,3 | 2,4 | 2 |

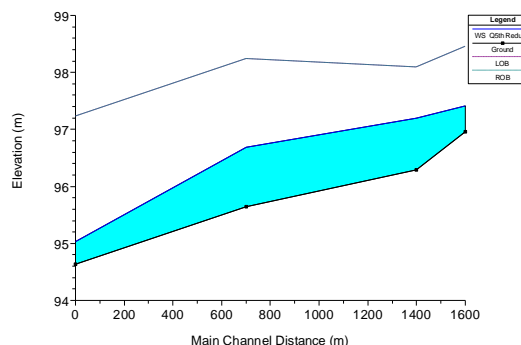
Analisis Setelah Solusi

Setelah adanya solusi maka dilakukan simulasi kembali untuk meninjau bahwa solusi yang direncanakan dapat mengurangi beban kapasitas saluran drainase. Simulasi dilakukan pada saluran drainase dan saluran Kali Pepe Hulu untuk meninjau kembali kapasitas saluran drainase agar dapat

mengalirkan air sesuai debit rencana setelah direduksi. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6 setelah dilakukan solusi muka air pada saluran H10 tidak mengalami limpasan air.



Gambar 5. Profil Melintang Saluran H10



Gambar 6. Profil Memanjang Saluran H10

Pada Gambar 5 dan 6 terlihat bahwa saluran sudah aman dari debit rencana 5 tahun setelah direduksi sumur resapan dan perubahan dimensi. Untuk rekapitulasi saluran setelah debit tereduksi dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Analisis Saluran Debit 5 Tahun setelah Solusi

| Outlet Drainase | Saluran | STA | Q _{5th} Tereduksi (m ³ /s) | Elevasi (m) | | Keterangan |
|----------------------|---------|------|--|-------------|--------|------------|
| | | | | Muka Air | Maks | |
| Kali Pepe STA 50 | H1 | 445 | 1,41 | 95,37 | 96,5 | AMAN |
| | | 0 | 1,41 | 91,76 | 92,89 | AMAN |
| Kali Pepe STA 346.78 | H2 | 487 | 1,27 | 96,04 | 96,45 | AMAN |
| | | 400 | 1,27 | 95,46 | 97,82 | AMAN |
| | | 0 | 1,27 | 93,02 | 95,38 | AMAN |
| Kali Pepe STA 432.23 | H3a | 197 | 0,76 | 94,58 | 96,44 | AMAN |
| | | 0 | 0,76 | 94,51 | 96,37 | AMAN |
| | | 300 | 0,3 | 94,64 | 96,95 | AMAN |
| H3a | H3b | 200 | 0,3 | 94,6 | 96,26 | AMAN |
| | | 0 | 0,3 | 94,59 | 96,17 | AMAN |
| | | 109 | 0,3 | 95,83 | 96,7 | AMAN |
| H3a | H3.1a | 100 | 0,3 | 95,69 | 96,8 | AMAN |
| | | 0 | 0,3 | 94,59 | 95,57 | AMAN |
| | | 255 | 0,46 | 97,31 | 98,12 | AMAN |
| H3.1a | H3.1b | 0 | 0,46 | 95,88 | 96,7 | AMAN |
| | | 0 | 1,24 | 97,12 | 98,12 | AMAN |
| Kali Pepe STA 623.62 | H4 | 1537 | 3,28 | 101,16 | 102,33 | AMAN |
| | | 1100 | 3,28 | 99,44 | 100,28 | AMAN |
| | | 800 | 3,28 | 98,33 | 99,18 | AMAN |
| | | 0 | 3,28 | 91,45 | 92,3 | AMAN |

Lanjutan Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Analisis Saluran Debit 5 Tahun setelah Solusi

| Outlet Drainase | Saluran | STA | Q _{5th} Tereduksi (m ³ /s) | Elevasi (m) | | Keterangan |
|-----------------------|---------|------|--|-------------|--------|------------|
| | | | | Muka Air | Maks | |
| Kali Pepe STA 850.84 | H5 | 117 | 0,35 | 95,46 | 96,6 | AMAN |
| | | 0 | 0,35 | 94,69 | 95,83 | AMAN |
| Kali Pepe STA 950 | H6 | 108 | 1,14 | 96,98 | 97,72 | AMAN |
| | | 0 | 1,14 | 94,86 | 95,6 | AMAN |
| Kali Pepe STA 1187.63 | H7a | 707 | 0,47 | 98,35 | 98,47 | AMAN |
| | | 0 | 0,47 | 93,58 | 98,36 | AMAN |
| H7a | H7b | 353 | 0,8 | 97,78 | 100,47 | AMAN |
| | | 0 | 0,8 | 98,35 | 98,47 | AMAN |
| Kali Pepe STA 1808.4 | H8 | 1630 | 1,17 | 101,06 | 104,15 | AMAN |
| | | 1500 | 1,17 | 96,1 | 97,27 | AMAN |
| | | 800 | 1,17 | 95,72 | 99,78 | AMAN |
| | | 0 | 1,17 | 94,68 | 98,17 | AMAN |
| Kali Pepe STA 2296.31 | H9 | 550 | 1,66 | 99,39 | 101,05 | AMAN |
| | | 0 | 1,66 | 95,16 | 96,82 | AMAN |
| Kali Pepe STA 1963.08 | H10 | 1600 | 2,21 | 98,46 | 98,46 | AMAN |
| | | 1400 | 2,21 | 98,09 | 98,09 | AMAN |
| | | 700 | 2,21 | 98,24 | 98,24 | AMAN |
| | | 0 | 2,21 | 97,23 | 97,23 | AMAN |

Pembahasan

Dari hasil perhitungan dan analisis ditemukan beberapa saluran yang mengalami genangan. Berdasarkan dari hasil simulasi *HEC-RAS* diketahui saluran H2, H3.1c, H4, H6, H7a, H7b, dan H10 muka airnya melimpas. Berikut Tabel 7 Rekapitulasi debit tertampung kala ulang 5 Tahun.

Tabel 7. Debit Tertampung Kala Ulang 5 Tahun

| Saluran | STA | Q _{5Th} | Q _{kap} | Q Tertampung |
|---------|------------|------------------|------------------|--------------|
| H1 | 445 - 0 | 5,06 | 14,786 | 100% |
| H2 | 487 - 400 | 3,845 | 0,829 | 22% |
| | 400 - 0 | | 8,791 | 100% |
| H3a | 197 - 0 | 3,824 | 3,998 | 100% |
| H3.1 a | 109 - 100 | 2,357 | 4,167 | 100% |
| | 100 - 0 | | 6,39 | 100% |
| H3b | 300 - 200 | 0,761 | 10,176 | 100% |
| | 200 - 0 | | 9,713 | 100% |
| H4 | 1537 - 737 | 7,009 | 23,563 | 100% |

Lanjutan Tabel 7. Debit Tertampung Kala Ulang 5 Tahun

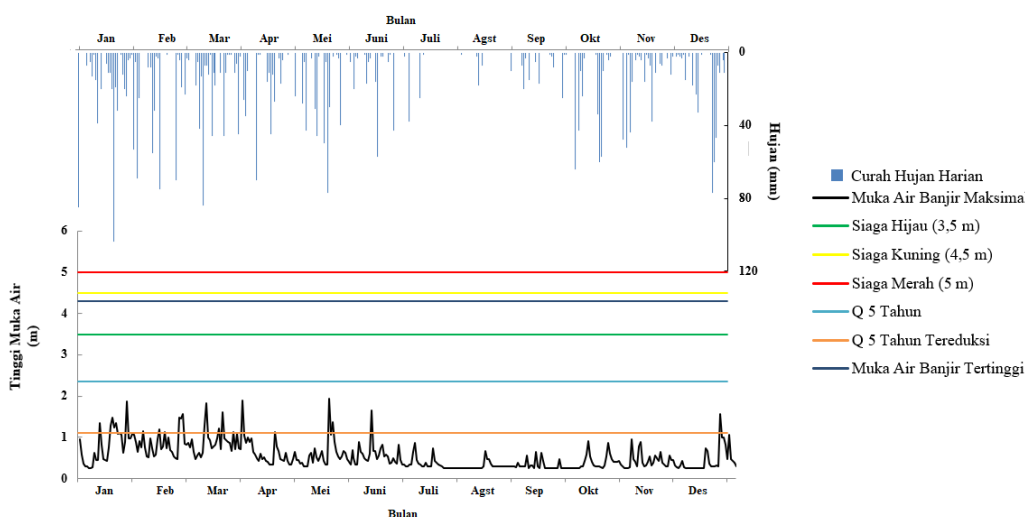
| Saluran | STA | Q _{5Th} | Q _{kap} | Q Tertampung |
|----------------------------|-------------|------------------|------------------|--------------|
| H4 | 737 - 437 | 7,009 | 3,026 | 43% |
| | 0 | | 1,182 | 17% |
| H5 | 117 - 0 | 2,794 | 4,114 | 100% |
| H6 | 108 - 0 | 6,308 | 9,189 | 100% |
| H3.1 b | 255 - 0 | 2,877 | 3,162 | 100% |
| H7 b | 353 - 0 | 4,717 | 1,004 | 21% |
| H7 a | 706 - 0 | 2,083 | 1,018 | 49% |
| | 858 - 169 | | 1,521 | 23% |
| H3.1 c | 169 - 0 | 6,62 | 1,272 | 19% |
| | 550 - 0 | | 8,445 | 18,74 |
| H8 | 1630 - 1500 | 6,978 | 60,947 | 100% |
| | 1500 - 800 | | 23,972 | 100% |
| | 800 - 0 | | 70,258 | 100% |
| H10 | 1600 - 1400 | 5,741 | 0,393 | 7% |
| | 1400 - 700 | | 8,537 | 100% |
| | 700 - 0 | | 9,662 | 100% |
| Debit rata-rata tertampung | | | | 76 % |

Masalah utama penyebab terjadi genangan yaitu kapasitas saluran yang kurang memadai. Dengan terjadinya limpasan pada beberapa saluran saat simulasi pada yang disebabkan karena debit kapasitas pada saluran kodefikasi H2, H3.1c, H4, H6, H7a, H7b, dan H10. Pada Tabel 7 debit rencana 5 tahun yang tertampung hanya sebesar 76 %.

Dari permasalahan yang terjadi perubahan dimensi saluran dan sumur resapan di seluruh kota bisa menjadi solusi. Dengan berubahnya dimensi saluran maka akan bertambah pula kapasitas debit yang ditampungannya. Untuk solusi sumur dilakukan untuk mereduksi debit yang masuk dalam saluran drainase. Sumur resapan yang dipakai yaitu tipe dengan kedalaman 2,2 meter dan diameter 1 meter

dengan rencana pembangunan tiap lahan 36 m² memiliki 1 buah sumur resapan.

Berdasarkan Gambar 6 grafik elevasi muka air sebelum DTA Kali Pepe yang terletak di Tugu Boto pada kondisi ekstrim bulan Mei ketinggian muka air mencapai 1,95 m dengan curah hujan 55 mm. Kondisi tersebut belum ditambah dengan debit air dari DTA Kali Pepe Hulu pada kala ulang 5 tahun mencapai ketinggian mencapai 2,35 m pada curah hujan rancangan 141,86 mm serta debit 5 Tahun setelah reduksi dengan ketinggian air mencapai 1,1 m berdasarkan analisis. Diperkirakan ketinggian muka air saat banjir maksimal yaitu 4,3 m hal tersebut berdasarkan penambahan elevasi debit 5 tahun dan debit sebelum DTA Kali Pepe.



Gambar 6. Grafik Hubungan Tinggi Muka Air Sungai dengan Curah Hujan Harian

Berdasarkan pernyataan tersebut maka kondisi Kali Pepe Hulu belum tentu aman jika terjadi kondisi ekstrim pada daerah DTA Kali Pepe Hulu dan daerah sebelumnya. Oleh karena itu, sistem drainase pada outlet Kali Pepe perlu perbaikan menyeluruh dari badan penerima (Kali Pepe) dengan menambah kapasitas tampangnya dan dengan mereduksi debit yang mengalir dari hulu seperti membangun kolam retensi seperti penelitian yang dilakukan oleh Harmani (2017) dan Florince (2015).

Kesimpulan

Debit limpasan saluran pada sub sistem Kali Pepe dapat dilihat pada Tabel 2 dengan debit limpasan tertinggi pada H9 dengan debit limpasan yang mencapai 8,445 m³/s pada kala ulang 5 Tahun. Menurut data genangan dari Master Plan Kota Surakarta 2016 bahwa saluran drainase hanya mampu mengalirkan debit 75% hingga 85%. Berdasarkan Tabel 7 beberapa saluran mengalami limpasan dan tidak bisa mengalirkan aliran air 100 % sehingga data master plan tersebut benar. Kapasitas debit yang dapat ditampung

saluran sub sistem drainase Kali Pepe dengan kapasitas tertinggi pada saluran H8. Sehingga solusi permasalahan untuk mereduksi debit limpasan yaitu dengan melakukan perubahan dimensi saluran H2, H4, dan H10 serta pembangunan sumur resapan dengan kedalaman 2,2 meter dan diameter 1 meter dengan jarak tiap lahan 36 m² memiliki 1 buah sumur resapan.

Saran

Saran untuk Pemerintah Kota Surakarta dapat membuat aturan terkait pembangunan sumur resapan pada setiap rumah warga serta penelitian ini dapat menjadi referensi untuk dilakukan solusi agar dapat mengurangi debit air pada saluran. Untuk penelitian yang akan datang dapat dilakukan penelitian pada pembagian debit aliran pada saluran yang bercabang dan beberapa alternatif solusi lain atau melakukan untuk mengurangi debit air pada saluran, seperti konsep kota *sponge city* dan kolam retensi.

Daftar Pustaka

- Astika, M.N. & Cahyugroho, O.K. (2020). Upaya Evaluasi Sistem Drainase di Wilayah Kecamatan Waru, Kabupaten Sidoarjo Dengan Software HEC-RAS. *Jurnal Envirous*. Vol. 1 No. 1: 55-64.
- Balai Besar Wilayah Bengawan Solo. (2016). Master Plan Drainase Kota Surakarta. BBWS Bengawan Solo. Surakarta.
- Canubry, D., Azmeri., & Shaskia. N. (2021). Perencanaan Saluran Drainase Perkotaan Wilayah Kecamatan Johan Pahlawan dengan Aplikasi HEC-RAS. *Journal of The Civil Engineering Student*. Vol.3 No.3 : 282-286.
- Fairizi, D. (2015). Analisis dan Evaluasi Saluran Drainase Pada Kawasan Perumnas Talang Kelapa di Sub Das Lambidaro Kota Palembang. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. Vol.3 No.1 :755-765.
- Faizal, R., Prasetya, N.A., Alstony, Z., & Rahman, A. (2019). Evaluasi Sistem Drainase Menggunakan Storm Water Management Model (SWMM) dalam Mencegah Genangan Air di Kota Tarakan. *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*. Vol. 3 No. 2: 19-28.
- Fajri, N., Andawayanti, U., & Lutfira, 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*. Vol. 2 No. 2: 259-272.
- Fauzan, A., Andawayanti, U., & Fidari, J.S. (2023). Upaya Pengendalian Genangan Menggunakan Metode HEC-RAS dengan Konsep Low Impact Development (LID) (Studi Kasus: Jalan Soekarno Hatta Kota Malang) Kota Malang. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya*. Vol. 4 No. 1: 572-580.
- Florince, Arifaini, N., & Adha, I. (2015). Studi Kolam Retensi sebagai Upaya Pengendalian Banjir Sungai Way Simpur Kelurahan Palapa Kecamatan Tanjung Karang Pusat. *JRSDD*. Vol.3 No.3 :507-520.
- Harmani, E. dan Soemantoro, M. (2017). Kolam Retensi Sebagai Alternatif Pengendali Banjir. *Jurnal Teknik Sipil Unutomo*. Vol.1 No.1 :71-80.
- Mudra, I.W. & Surbakti, S. (2016). Kajian Drainase Sistem Biopori di Kelurahan Tanjungrejo Kecamatan Sukun Kota Malang. *Jurnal ITN Malang*. Vol. 1 No. 7: 19-28.
- Pratiwi, V., Yakti, B.P., & Widyanto, B.E. (2020). Flood Control Reduction Analysis using HEC-RAS due to Local Floods in Central Jakarta. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* 879 : 012167
- Qomariah, S., Saido. A.P., & Dhianarto, B. (2007). Kajian Genangan Banjir Saluran Drainase Dengan Bantuan Sistem Informasi Geografi. *Media Teknik Sipil*. Vol.1 No.1 : 57-58.
- Sunjoto, S. (2011). Teknik Drainase Pro-Air. Jurusan Teknik Sipil & Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Suripin. (2004). Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Yogyakarta, Indonesia: Andi Offset.
- Triatmodjo, B. (2010). Hidrologi Terapan (Cetakan Kedua). Yogyakarta, Indonesia: Beta Offset.
- Wibowo, P. H. (2015). Kajian Kandungan Bakteri Escherichia Coli Dalam Air Sumur Resapan di permukiman Kota Surakarta, Skripsi. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Yulian, Y.D., (2020). *Analysis of Drainage System for Overcoming Floods on Untung Jawa Island, South Thousand Islands District, DKI Jakarta*. *Neutron*. Vol. 22 No. 1: 41-50.