

Evaluasi Kinerja Saluran Drainase di Jalan Semambung – Sumput Kecamatan Driyorejo dengan Hec-RAS

Evaluation of Drainage Channel Performance on Semambung - Sumput Road, Driyorejo District using Hec-RAS

Karina Nova Setyawati¹, Abdiyah Amudi²

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Jln. Ketintang Surabaya.

Email : karina.19015@mhs.unesa.ac.id

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Jln. Ketintang Surabaya.

Email : abdiyahamudi@unesa.ac.id

Abstrak

Setiap kali turun hujan terjadi genangan di Jalan Semambung – Sumput Kecamatan Driyorejo Kabupaten Gresik sampai saat penelitian ini dilakukan. Pada Februari 2023, hujan deras mengakibatkan terjadinya genangan dan banjir dengan ketinggian berkisar 30 hingga 80 cm di sepanjang jalan. Permasalahan genangan dan banjir yang ada sampai saat ini belum teratasi secara optimal sehingga diperlukan adanya penelitian dalam mengatasi permasalahan tersebut serta keterkaitannya terhadap keoptimalan drainase yang ada. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas saluran drainase dalam menampung aliran permukaan untuk mendapatkan solusi penanganan masalah yang ada sebagai rekomendasi kepada pihak yang berwenang. Evaluasi ini dilakukan menggunakan permodelan menggunakan software Hec-RAS dan perhitungan secara manual. Permodelan dengan Hec-RAS dilakukan untuk mendapatkan grafik penampang sehingga dapat diketahui solusi apa yang dapat diberikan untuk permasalahan genangan dan banjir. Evaluasi yang dilakukan dengan analisis Hec-RAS dan dikontrol dengan analisis manual mendapatkan hasil bahwa kapasitas saluran yang efektif menampung debit aliran yang mengalir hanya terdapat pada *section* 1 saluran barat, serta *section* 1 sampai dengan 4 untuk saluran timur. Pada *section* 2 sampai 10 pada saluran barat serta *section* 5 sampai dengan 7 pada saluran timur sudah tidak lagi efektif menampung debit aliran sehingga terjadi pelimpahan. Rekomendasi solusi yang disarankan oleh peneliti dalam penelitian ini meliputi metode struktural. Solusi struktural pemeliharaan yang disarankan adalah normalisasi dan perawatan secara berkala terhadap saluran sehingga mengurangi penumpukan sampah serta tanaman liar yang ada dan memperkecil ukuran saluran. Solusi struktural pembangunan yang disarankan meliputi perubahan dimensi saluran serta perubahan lapis permukaan saluran pada *section* saluran yang tidak efektif.

Kata Kunci: Drainase; Evaluasi kapasitas; Hec-RAS

Abstract

Every time it rained, inundation occurred on Semambung - Sumput Road in Driyorejo Subdistrict, Gresik Regency until the time of this research. In February 2023, heavy rains resulted in inundation and flooding with heights ranging from 30 to 80 cm along the road. The existing inundation and flooding problems have not been resolved optimally so that research is needed to overcome these problems and their relationship to the optimization of existing drainage. This research aims to evaluate the capacity of drainage channels in accommodating surface flow to get solutions to handle existing problems as recommendations to the authorities. This evaluation was conducted using modeling using Hec-RAS software and manual calculation. Modeling with Hec-RAS is done to get a cross-sectional graph so that it can be known what solutions can be given to the problem of inundation and flooding. The evaluation conducted using Hec-RAS analysis and controlled by manual analysis found that the channel capacity that effectively accommodates the flowing discharge is only found in section 1 of the west channel, and sections 1 to 4 for the east channel. In sections 2 to 10 in the west channel and sections 5 to 7 in the east channel are no longer effective in accommodating the flow discharge so that overflow occurs. Solution recommendations suggested by researchers in this study include structural methods. The structural maintenance solution suggested is normalization and regular maintenance of the channel so as to reduce the accumulation of garbage and existing wild plants and reduce the size of the channel. Structural development solutions suggested include changing the dimensions of the channel and changing the surface layer of the channel in the channel section that is no longer effective.

Keywords: Capacity evaluation; Drainage, Hec-RAS

PENDAHULUAN

Kemenpupr, (2016) dalam Modul Spesifikasi Pekerjaan menjelaskan drainase adalah sebuah sistem guna menanggulangi permasalahan kelebihan di atas permukaan tanah. Kelebihan air bias disebabkan intensitas hujan yang tinggi atau akibat durasi hujan yang tinggi. Abda, (2021) berpendapat drainase merupakan lengkungan atau saluran air di permukaan dan/atau di bawah tanah, baik terbentuk secara alami maupun buatan manusia. Berdasarkan penjabaran tersebut dirangkum bahwa drainase merupakan suatu sistem yang digunakan untuk mengalirkan air berlebih dan merupakan salah satu komponen penting dalam perencanaan kota demi kenyamanan pelayanan masyarakat.

Saluran drainase jalan dibangun dengan tujuan untuk mengalirkan air agar badan jalan tetap kering dan tidak mengganggu pengguna jalan. Kementerian PUPR, (2022) menjabarkan drainase sebagai serangkaian bangunan air yang bertujuan untuk mengurangi dan membuang kelebihan air suatu wilayah agar dapat berfungsi secara optimal sesuai dengan kepentingan. Drainase dalam lingkup tata ruang memiliki peran untuk mengatur pasokan air sebagai upaya pencegahan banjir.

Pada tahun 2023 terjadi permasalahan drainase di Kabupaten Gresik salah satunya di Jalan Semambung – Sumpat. Jalan Semambung - Sumpat merupakan jalan utama yang menghubungkan Desa Sumpat dengan Jalan Provinsi ruas Driyorejo – Mastrip. Setiap kali terjadi hujan maka jalan tersebut akan tergenang oleh air. Pada Februari 2023, hujan deras di wilayah Sumpat menyebabkan drainase Jalan Semambung – Sumpat tidak dapat mengalirkan air dengan efektif sehingga mengakibatkan terjadinya genangan dengan ketinggian berkisar 20 hingga 40 cm di sepanjang jalan. Genangan ini menyebabkan terhambatnya lalu lintas karena pengendara kendaraan bermotor tidak bisa melintasi jalur tersebut.

Berdasarkan permasalahan yang terjadi, diperlukan adanya penelitian dalam mengatasi banjir atau genangan di Jalan Semambung – Sumpat Kecamatan Driyorejo. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas saluran drainase dalam menampung aliran permukaan untuk mendapatkan solusi yang guna untuk mengatasi masalah yang ada sebagai rekomendasi kepada pihak yang terkait.

Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi dalam perencanaan drainase, merupakan langkah awal yang harus dilakukan guna mendapatkan data hidrologi. Adapun analisis hidrologi dalam perencanaan drainase

meliputi 2 hal utama yaitu, analisis curah hujan dan analisis debit banjir

1. Curah hujan

Analisis curah hujan adalah analisis frekuensi curah hujan harian rata-rata maksimum tahunan. Curah hujan yang digunakan dalam perencanaan dan evaluasi yang akan dilakukan, tidak kurang dari 10 tahun terakhir dari stasiun hujan terdekat. Sebelum melakukan analisis curah hujan, terlebih dahulu dilakukan penentuan daerah aliran sungai (DAS). Permen PUPR Nomor 04/PRT/M/2015 menjabarkan DAS adalah suatu wilayah daratan yang merupakan kesatuan antara sungai dan anak-anak sungainya, untuk menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami

DAS dari saluran yang diteliti akan menjadi acuan awal untuk mengetahui simpulkan berapa banyak pengaruh suatu wilayah terhadap nilai curah hujan yang dibutuhkan mengetahui berapa banyak jumlah stasiun yang di butuhkan dalam analisis curah hujan untuk dalam evaluasi yang dibutuhkan. Apabila dalam DAS yang diteliti hanya terdapat satu stasiun hujan, maka data dari stasiun tunggal tersebut yang akan dilanjutkan dalam analisis perhitungan. Bila dalam DAS terdapat lebih dari satu stasiun hujan, maka perhitungan curah hujan dapat dilakukan dengan Rumus Aritmatika (1) berikut ;

$$P = \frac{1}{n} x (P_1 + P_2 + \dots + P_n) \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

P = Data hujan rata-rata (mm)

n = Jumlah stasiun hujan

Pn = Data hujan di stasiun ke-n (mm)

Data curah hujan harian maksimum selanjutnya akan dianalisis frekuensi. Analisis ini dilakukan untuk menghitung hujan rencana dalam kala ulang tertentu. Umumnya kala ulang dihitung dalam 1, 2, 5, 10, 25 dan 50 tahun. Penentuan kala ulang didasarkan pada topologi kota serta luas daerah pengaliran saluran sesuai Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Pemilihan kala ulang curah hujan

Topologi Kota	Catchment Area (ha)			
	< 10	10 - 100	100 - 500	> 500
Metropolitan	2 th	2 – 5 th	5 – 10 th	10 – 25 th
Besar	2 th	2 – 5 th	2 – 5 th	5 – 20 th
Sedang/ Kecil	2 th	2 – 5 th	2 – 5 th	5 – 10 th

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p141-153>

Sumber : (KemenPUPR, 2016)

Nilai kala ulang yang sesuai digunakan untuk melakukan perhitungan curah hujan rencana (Rt). Perhitungan ini dapat dilakukan menggunakan Metode *Gumbel*, Log Normal dan *Log Pearson* Tipe III. Metode yang tepat digunakan dalam perhitungan data ditentukan oleh nilai Koefisien Skewness (Cs), Koefisien Kurtois (Ck) dan Koefisien variasi (Cv) yang dihitung dengan Rumus (2) – (6) di bawah ini;

- a. Penentuan nilai tengah (R)

$$R = \frac{\sum Ri}{n} \dots \dots \dots (2)$$

- b. Penentuan nilai standar deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (Ri-R)^2}{n-1}} \dots \dots \dots (3)$$

- c. Perhitungan nilai koefisien skewness (Cs)

$$Cs = \frac{n \times \sum (Ri-R)^3}{(n-1)(n-2) \times S^3} \dots \dots \dots (4)$$

- d. Perhitungan nilai koefisien kurtois (Ck)

$$Ck = \frac{n \times \sum (Ri-R)^4}{(n-1)(n-2)(n-3) \times S^4} \dots \dots \dots (5)$$

- e. Perhitungan nilai koefisien variasi (Cv)

$$Cv = \frac{S}{R} \dots \dots \dots (6)$$

- f. Penentuan metode perhitungan

Nilai Cs, Ck dan Cv yang telah didapatkan selanjutnya dicocokkan dengan syarat metode yang ada. Metode *Gumbel* memiliki syarat $Cs \geq 1,4$ dan $Ck \geq 5,4$. Metode Log Normal memiliki syarat $Cs = 3Cv + Cv^3$ dan $Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$. Sedangkan Metode *Log Pearson* Tipe III tidak memiliki syarat dan limitasi apapun sehingga menjadi metode yang paling umum digunakan.

- g. Perhitungan curah hujan metode *Gumbel*

Perhitungan metode *Gumbel* dapat dilakukan dengan penjabaran sesuai Rumus (7) – (8) di bawah;

1. Penentuan faktor frekuensi (K)

$$K = \frac{Yt - Yn}{Sn} \dots \dots \dots (7)$$

2. Penentuan curah hujan rencana dengan kala ulang pilihan (Rt)

$$Rt = R + K \cdot S \dots \dots \dots (8)$$

- h. Perhitungan curah hujan metode Log Normal

Cara perhitungan kedua yang umum dilakukan adalah dengan metode Log

Normal. Perhitungan ini akan dijabarkan dalam Rumus (9)-(11) berikut (Kemenpupr, 2018);

1. Penentuan nilai tengah (Log R)

$$\text{Log } R = \frac{\sum \text{Log } Ri}{n} \dots \dots \dots (9)$$

2. Penentuan standar deviasi (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log } Ri - \text{Log } R)^2}{n-1}} \dots \dots \dots (10)$$

3. Penentuan nilai reduksi Gauss (K)

Nilai K didapatkan Tabel nilai Reduksi Gauss.

4. Penentuan nilai curah hujan rencana dengan kala ulang pilihan (Rt)

$$Rt = 10^{\text{Log } R + K \cdot Sd} \dots \dots \dots (11)$$

- i. Perhitungan curah hujan metode *Log Pearson* Tipe III

Perhitungan *Log Pearson* Tipe III menjadi perhitungan yang paling umum digunakan karena tidak memiliki syarat pemenuhan apapun. Perhitungan ini dapat dilakukan penjabaran sesuai Rumus (12)-(15) berikut (Kemenpupr, 2018);

1. Penentuan nilai tengah (Log R)

$$\text{Log } R = \frac{\sum \text{Log } Ri}{n} \dots \dots \dots (12)$$

2. Penentuan standar deviasi (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log } Ri - \text{Log } R)^2}{n-1}} \dots \dots \dots (13)$$

3. Penentuan nilai koefisien kemencengan (G)

$$G = \frac{n \times \sum (\text{Log } Ri - \text{Log } R)^2}{(n-1)(n-2) \cdot Sd^2} \dots \dots \dots (14)$$

4. Penentuan nilai koefisien (K)

Nilai K didapatkan berdasarkan interpolasi nilai G terhadap Tabel nilai K perhitungan *Log Pearson* Tipe III yang termuat dalam Lampiran 1.

5. Penentuan nilai curah hujan rencana dengan kala ulang pilihan (Rt)

$$Rt = 10^{\text{Log } R + K \cdot Sd} \dots \dots \dots (15)$$

Keterangan;

- R = nilai tengah curah hujan
- Ri = Curah hujan maksimum tahunan
- n = Jumlah data
- Sx = Standar Deviasi
- K = faktor frekuensi kala ulang pilihan
- Yn = *Reduced Mean*
- Sn = *Reduced Standard Deviation*
- Yt = *Reduced Variable*
- Rt = Curah hujan rencana
- Sd = Standar deviasi *Log Pearson*

Tipe III
G = Koefisien kemencengan
Rt = Curah hujan rencana

No	Jenis Daerah	Koefisien C	
	Industri ringan	0.50	- 0.80
	Industri berat	0.60	- 0.90
4	Taman, pemakaman	0.10	- 0.25
5	Tempat bermain	0.20	- 0.35
6	Daerah stasiun	0.20	- 0.40
7	Daerah belum diperbaiki	0.10	- 0.30
8	Jalan	0.70	- 0.95
	Bata		
9	Jalan, Hampanan	0.75	- 0.85
	Atap	0.75	- 0.95

j. Pengujian nilai Rt dengan Chi-kuadrat
Pengujian chi-kuadrat digunakan untuk menguji simpangan vertikal suatu data apakah telah mewakili distribusi yang dianalisis, Hasil perhitungan simpangan komulatif perhitungan (X^2) akan dibandingkan dengan simpangan komulatif kritis (X^2_p) . Jika $(X^2) \leq (X^2_p)$ maka data dinyatakan dapat diterima.

k. Pengujian *Smirnov-Kolmogorov*
Wahyunandar, (2022) mendeskripsikan pengujian *Smirnov-Kolmogorov* merupakan pengujian dilakukan dengan cara menghitung selisih distribusi teoritis dan distribusi empiris data yang biasa disebut Δ_{maks} . Pengujian *Smirnov-Kolmogorov* dapat diterima apabila $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$ (sesilih kritis) yang didapatkan dari tabel.

2. Debit banjir

Debit banjir rencana secara umum dapat dihitung menggunakan metode rasional, metode rasional modifikasi, metode *typical hydrograph for urban areas* atau cara lain yang sesuai dengan karakteristik daluran dan data yang tersedia. Secara umum perhitungan debit banjir dihitung dengan Rumus (16) menggunakan Metode Rasional di bawah ini:

$$Q_t = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots(16)$$

Keterangan:

- Q = Debit banjir rencana (m³/det)
- C = Koefisien Pengaliran (Tabel 2)
- I = Intensitas hujan kala ulang dipilih (mm/jam)
- A = Luas daerah aliran (*catchment area*) (Ha)

Tabel 2. Koefisien limpasan (C)

No	Jenis Daerah	Koefisien C	
	Derah Perdagangan		
1	Perkotaan	0.70	- 0.90
	Pinggiran	0.50	- 0.70
	Pemukiman		
	Perumahan satu keluarga	0.30	- 0.50
2	Perumahan berkelompok, terpisah	0.40	- 0.60
	Perumahan berkelompok, bersambung	0.60	- 0.75
	Suburban	0.25	- 0.40
	Kawasan apartemen	0.50	- 0.70
3	Industri		

Apabila daerah pengaliran saluran terdiri atas beragam daerah permukaan, amak perhitungan nilai C menggunakan nilai C gabungan (BSN, 2016) dalam Rumus (17) berikut:

$$C_{gab} = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots + C_n \cdot A_n}{A_{total}} \dots\dots\dots(17)$$

Tingginya nilai intensitas hujan dapat dihitung menggunakan Metode Mononobe (BSN, 2016) sesuai dengan Rumus (18) di bawah ini:

$$I_t = \frac{R_t}{24} \times \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} \dots\dots\dots(18)$$

Keterangan;

Rt = hujan rencana kala ulang yang dipilih (mm)

t = waktu kosentrasi (jam), dapat dihitung dengan Rumus (19) berikut:

$$t = 0,0138 \cdot L \cdot S^{-0,6} \dots\dots\dots(19)$$

Dimana

L = panjang sungai / saluran (km), untuk saluran dengan banyak inlet dipilih yang terpanjang

S = kemiringan lintasan air, dihitung dengan Rumus (20) sebagai berikut:

$$S = H/l \dots\dots\dots(20)$$

Dengan

H = beda tinggi awal dan akhir saluran yang dievaluasi

l = panjang saluran yang dievaluasi

Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika dalam evaluasi drainase meliputi analisis kapasitas saluran. Analisis ini dapat dilakukan dengan aplikasi *software* Hec-RAS dan perhitungan kapasitas saluran secara manual. Parameter yang dibutuhkan dalam analisis hidrolika meliputi:

1. Dimensi saluran; dimensi saluran meliputi lebar dan kedalaman saluran. Kedalaman saluran yang dianalisis adalah nilai kedalaman kritis yang berarti nilai total kedalaman dikurangi dengan tinggi jagaan minimum berdasarkan lapis

permukaan dinding saluran. Tinggi jagaan minimum dimuat dalam Tabel 3 berikut;

Tabel 3. Nilai jagaan saluran

Q (m ³ / dt)	Tinggi jagaan tanah (m)	Tinggi jagaan pasangan (m)
< 0,5	0,40	0,20
0,5 – 1,5	0,50	0,20
1,5 – 5,0	0,60	0,25
5,0 – 10,0	0,75	0,30
10,0 – 15,0	0,85	0,40
> 15,0	1,00	0,50

Sumber: KemenPUPR, 2016

2. Nilai kekasaran *manning* (n), nilai ini ditinjau berdasarkan lapis permukaan saluran yang diteliti. Nilai koefisien kekasaran *manning* dapat ditinjau dari Tabel 4. berikut;

Tabel 4. Koefisien kekasaran *manning* (n)

Permukaan	Kondisi	Koefisien Manning
Tanah	Lurus baru, seragam, landai dan bersih	0,016 – 0,033
	Berkelok, landau dan berumput	0,023 – 0,040
	Tidak terawat dan kotor	0,050 – 0,140
Pasangan Batu	Tanah berbatu, kasar dan tidak teratur	0,035 – 0,045
	Batu kosong	0,023 – 0,035
Beton	Pasangan batu belah	0,017 – 0,030
	Halus, sambungan baik dan rata	0,014 – 0,018
	Kurang halus dan sambungan kurang rata	0,018 – 0,030

Sumber: Darmadi, 2016

3. Kemiringan saluran / slope (S).

a. Analisis Hec-RAS

Analisis Hec-RAS digunakan untuk memodelkan aliran air yang mengalir dan mengetahui apakah saluran drainase masih bisa menampung aliran dalam kala ulang yang diamati. Analisis ini menitik berat pada kapasitas saluran, apabila kapasitas tampungan yang di evaluasi tidak sesuai dengan debit yang mengalir akan terjadi *overtopping* atau pelimpasan air ke area samping saluran. Selain itu dalam penelitian ini analisis Hec-RAS juga menjadi acuan koreksi mengenai penentuan solusi yang akan dilakukan oleh peneliti.

b. Analisis hidrolika manual

Analisis hidrolika dengan perhitungan manual didasarkan pada perhitungan evaluasi kapasitas debit banjir yang mengalir terhadap

debit kapasitas tampungan eksisting yang ada. Perhitungan ini dapat dilakukan menggunakan rumus *Manning* yang dijabarkan dalam Rumus (21) – (23) sebagai berikut;

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots(21)$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \dots\dots\dots(22)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(23)$$

Keterangan;

Q = debit air saluran (m³/det)

V = kecepatan air saluran (m/det)

A = luas penampang basah (m)

R = jari – jari hidraulik (m)

S = kemiringan dasar saluran

P = keliling basah saluran (m),

n = koefisien kekasaran *manning*, apabila permukaan dasar saluran dan dinding saluran berbeda maka nilai n dapat dihitung dengan Rumus (24) berikut:

$$n = \frac{nl.hl+nf.b+nr.hr}{P} \dots\dots\dots(24)$$

Dimana :

nl = koefisien *manning* dinding kiri

hl = kedalaman dinding kiri

nf = koefisien *manning* dasar saluran

b = kedalaman dinding saluran

nr = koefisien *manning* dinding kanan

hr = kedalaman dinding kanan

Evaluasi nilai Q terhadap nilai debit banjir (Qt) dilakukan setelah didapatkan nilai debit saluran (Q). Apabila didapatkan nilai Q < Qt, maka dapat disimpulkan bahwa kapasitas saluran tidak sesuai sehingga tidak mampu menampung aliran air sehingga terjadi genangan disamping aliran. Nilai Qt ini selanjutnya akan dijadikan acuan perencanaan drainase yang sesuai

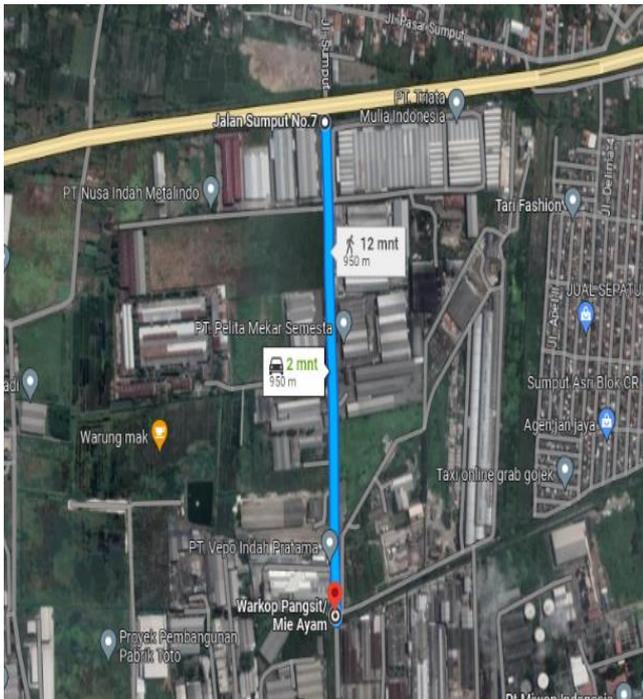
Penentuan Solusi

Langkah selanjutnya yang harus dilakukan setelah mendapatkan kesimpulan hasil evaluasi derainase, baik dengan analisis manual maupun dengan analisis Hec-RAS, adalah menentukan solusi untuk mengatasi genangan dan banjir. Secara teknis penanganan banjir dibedakan menjadi 2 metode, yakni metode struktural dan non struktural (Canubry dkk., 2021) Metode struktural merupakan metode pengendalian banjir secara teknis. Metode ini diaplikasikan untuk memberikan efek langsung pada area terdampak (Istiarto, 2014). Metode struktural terdiri atas dua jenis upaya yang dapat dilakukan yaitu pembangunan dan pemeliharaan. Pembangunan dalam metode struktural, meliputi pembuatan bendungan/waduk, pembuatan basian dan retarding

basin dan lain-lain tentang segala bentuk pembangunana fisik atau konstruksi baru. Upaya pemeliharaan yang umum dilakukan adalah normalisasi alur sungai, sudetan, floodway, dan tanggul. Selain upaya yang langsung berkaitan dengan saluran tanpa mengubah bentuk aslinya, upaya pemeliharaan juga meliputi kegiatan atau hal diluar saluran yang masih berpengaruh, misalnya pengaturan pintu air, pembersihan tanaman sekitar saluran dan lain-lain. Sedangkan metode non-struktural meliputi upaya penyesuaian serta peyesuaian kegiatan manusia yang harmonis dengan lingkungan. Upaya ini meliputi pengendalian tata ruang, pengaturan, penegakan peraturan dan hukum tentang tata guna lahan, pengawasan dan penyuluhan kepada masyarakat, dan lain-lain (Canubry dkk., 2021)

METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah metode studi kasus terhadap kinerja saluran drainase Jalan Sumput-Semambung Kecamatan Driyorejo Kabupaten Gresik, Jawa Timur yang sering meluber dan menyebabkan banjir. Penelitian akan dilakukan sejak Februari 2023



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Tahapan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Persiapan

Tahapan ini meliputi pemilihan judul dan konsultasi dengan dosen pembimbing mengenai penelitian yang akan dilakukan.

2. Studi literatur

Tahapan ii berisi pengumpulan informasi – meliputi penelitian terdahulu dan jurnal yang relevan sebelum melakukan penelitian.

3. Pengumpulan data

Tahapan ini berupa pengumpulan data primer dan sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian. Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data primer dan data sekunder.

a. Data sekunder, dalam penelitian ini merupakan data yang didapatkan melalui studi pustaka, perhitungan, ataupun data tersedia dari instansi terkait yaitu;

i. Data peta, berupa data DAS atau wilayah dan area layan yang mengalir menuju ke saluran drainase Jalan Semambung-Sumput. Data ini didapatkan dari Dinas Cipta Karya Perumahan dan Kawasan Pemukiman Kabupaten ;

ii. Data hidrologi, data ini meliputi data curah hujan sepuluh tahun terakhir dari 3 stasiun hujan terdekat dengan lokasi penelitian, yakni Stasiun Krikilan, Stasiun Menganti dan Stasiun Wringinanom. Data ini digunakan untuk melakukan perhitungan debit banjir dalam tahapan analisis hidrologi sebagai tahap awal evaluasi yang akan dilakukan. Data ini didapatkan dari Bidang Sumber Daya Air Dinas Pekerjaan Umum dan Tata Ruang Kabupaten Gresik;

iii. Data topografi, data ini meliputi data penampang dan elevasi saluran drainase eksisting yang telah direncanakan dan atau dibangun. Data ini didapatkan dari Dinas Cipta Karya Perumahan dan Kawasan Pemukiman Kabupaten Gresik.

b. Data primer, dalam penelitian ini merupakan data yang diperoleh dengan melakukan survei di lokasi penelitian dilakukan untuk mengetahui kondisi aktual saluran drainase

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p141-153>

(eksisting) dimensi saluran yang meliputi data lebar saluran, kedalaman atau tinggi saluran dan panjang saluran.

4. Analisis data

Peneliti melakukan analisis data evaluasi pada kinerja drainase di Jalan Sumput-Semambung Kecamatan Driyorejo, Gresik dalam beberapa tahapan yaitu:

a. Analisis curah hujan rencana

Data hujan yang dibutuhkan adalah data hujan harian maksimum tahunan. Analisis curah hujan dilakukan untuk mengetahui curah hujan harian maksimum rata-rata yang terjadi dalam kurun waktu 10 tahun.

b. Analisis debit banjir

Analisis debit banjir dilakukan untuk mengetahui besarnya debit dalam saluran sesuai dengan data curah hujan yang didapatkan paska analisis.

c. Analisis kapasitas saluran

Analisis kapasitas saluran dilakukan untuk mengetahui apakah saluran masih efektif untuk menampung debit air yang ada. Analisis ini merupakan analisis hidrolika menggunakan perhitungan dengan Rumus *Manning* dan analisis dengan *software* Hec-RAS.

d. Evaluasi kapasitas saluran

Evaluasi kapasitas saluran dilakukan guna membandingkan kapasitas saluran hasil analisis dan kapasitas saluran eksisting

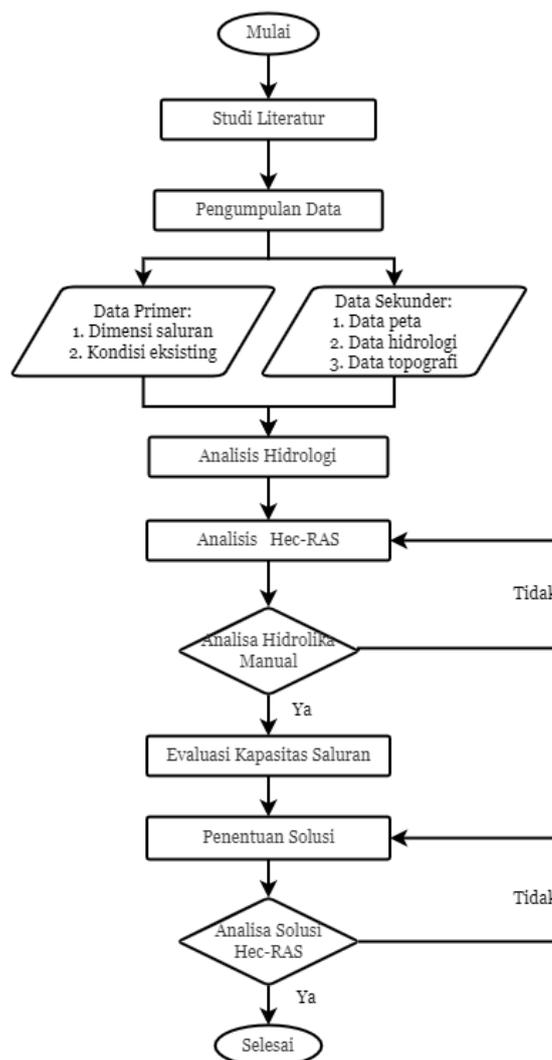
5. Penarikan kesimpulan,

Tahapan ini meliputi penarikan kesimpulan dari hasil analisis data apakah kapasitas saluran masih sesuai dengan debit air yang mengalir.

6. Penentuan solusi

Tahapan ini meliputi penentuan solusi yang tepat untuk permasalahan saluran drainase Semambung – Sumput agar dapat dijadikan referensi saran untuk pemeliharaan kedepan oleh pihak terkait.

Tahapan penelitian yang akan dilakukan digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Penelitian

Data yang telah dikumpulkan dan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

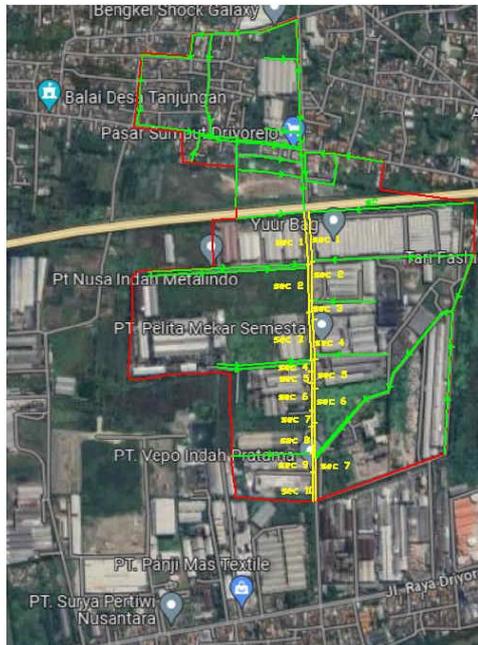
1. Data sekunder

Data sekunder dalam penelitian ini terdiri atas;

- i. Data peta, data peta adalah gambaran DAS yang mengalir menuju ke saluran drainase di Jalan Semambung – Sumput. Untuk mempermudah proses perhitungan yang akan dilakukan maka dilakukan pemberian notasi nama pada setiap saluran yang mengalir menuju saluran drainase Jalan Semambung – Sumput. Saluran tersier di sebelah barat dinotasikan dalam s1 – s15, dan saluran Sekunder di sebelah baarat dinotasikan

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p141-153>

dengan SS 1. Untuk saluran tersier disebelah timur dinotasikan dengan ssA – ssH dan saluran sekunder di sebelah timur dinotasikan dalam SSA. Gambaran DAS dan letak saluran penelitian termuat dalam Gambar 3. di bawah ini.



Gambar 3. Peta DAS saluran Drainase di Jalan Semambung - Sumput

Gambaran DAS diatas kemudian didigitasilasi untuk menegetahui luasan dan jenis areal untuk mendapatkan nilai koefisien limpasan. Hasil digitalisasi yang dilakukan mendpatkan hasil seperti tertuang dalam Tabel 5.

Tabel 5. luasan areal dan koefisien limpasan saluran penelitian

Saluran	A total (ha)	C Gab
Saluran Barat		
Section 1	25.640	0.565
Section 2	41.397	0.532
Section 3	41.445	0.533
Section 4	56.162	0.551
Section 5	56.174	0.552
Section 6	56.203	0.552
Section 7	56.218	0.552
Section 8	56.248	0.552
Section 9	63.815	0.553
Section 10	63.815	0.553
Saluran Timur		
Section 1	5.972	0.469
Section 2	15.711	0.551
Section 3	18.957	0.560
Section 4	18.996	0.560
Section 5	23.771	0.569
Section 6	23.804	0.569
Section 7	52.028	0.555

Hasil digitalisasi menunjukan total DAS adalah 115,788 Ha Serta Kabupaten Gresik yangdikategorikan sebagai Kota Metropolitan makaa kala ulang curah hujan yang digunakan adalah kala ulang 5 tahun.

- ii. Data hidrologi, berdasarkan DAS saluran yang diteliti diketahui bahwa Saluran Drainase Semambung – Sumput merupakan Sub DAS Krikilan dan tidak terpengaruh oleh aliran daerah lain. Sehingga, data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan 10 tahun terkahir dari 1 stasiun tunggal yaitu Stasiun Hujan Krikilan (Driyorejo) yang termuat dalam Tabel 6.

Tabel 6. Curah hujan harian maksimum tahunan

Tahun	Rt (mm)
2013	102
2014	37
2015	124
2016	106
2017	77
2018	51
2019	74
2020	59
2021	63

- iii. Data topografi, berdasarkan data penampang eksisting perencanaan terbaru Saluran Drainase Jalan Semambung - Sumput yang dimiliki oleh Dinas Cipta Karya Perumahan dan Kawasan Permukiman Kabupaten Gresik. diketahui bahwa kemiringan saluran darainase di Jalan Semambung – Sumput adalah 0,0016.

2. Data primer

Data primer dalam penelitian ini berupa dimensi dan kondisi eksisting Saluran Drainase di Jalan Semambung Sumput sesuai Tabel 7. di bawah ini

Tabel 7. Data primer penelitian

Lokasi	Sect ion	L (m)	b (m)	h (m)	(n) Dasar	(n) Dinding
Saluran Barat						
Pergudangan Hartono	1	160	2	0.9	0.02	0.018
RTH	2	165	1.7	0.9	0.035	0.035

PT.Sugih Indah Indoplast	3	160	2.1	1	0.023	0.016
PT. Evaprata ma Indojoya	4	50	1.95	1.1	0.025	0.025
PT. Sumber Nusantara Baja	5	40	1.8	0.85	0.023	0.018
PT. Tri Star Jaya	6	95	2.25	1	0.02	0.019
RTH	7	50	1.6	1.1	0.035	0.035
PT. Oranye	8	100	1.5	1.2	0.02	0.022
PT. Vepo	9	50	1	1.2	0.022	0.025
PT. Katingan	10	90	1.8	1	0.022	0.025
Saluran Timur						
Pergudangan Sumpat	1	150	1.75	1.25	0.022	0.022
Nusantara Utara	2	130	1.75	1.1	0.023	0.02
Nusantara Selatan	3	65	1.7	1.2	0.02	0.018
PT. Pelita Mekar	4	130	1.8	1	0.02	0.018
PT. Samjaya Manunggal	5	100	1.8	1	0.025	0.025
RTH	6	110	1.5	1	0.02	0.035
PT. Surya Kertas	7	270	2.2	1.35	0.02	0.026

Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi dalam penelitian ini digunakan untuk mendapatkan nilai debit banjir yang mengalir menuju saluran penelitian yang dilakukan sebagai berikut

1. Analisis frekuensi curah hujan dan pemilihan metode penelitian

Berdasarkan data curah hujan harian maksimum tahunan pada Tabel 6. Dilakukan frekuensi curah hujan dan menghasilkan nilai $C_s = 0,46806$, nilai $C_k = 4,32702$ dan nilai $C_v = 0,3310$ tidak sesuai untuk metode *Gumbel* dan *Log Normal*, namun memenuhi untuk metode *Log Pearson Tipe III* tidak memiliki syarat dan limitasi apapun.

2. Penentuan nilai curah hujan

Perhitungan yang dilakukan mendapatkan nilai curah hujan rencana (R_t) dalam kala ulang

5 tahun yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 99,038 mm/dt.

3. Uji distribusi data

Untuk membuktikan kelayakan data, dilakukan pengujian menggunakan *chi-square* dan *smirnov kolomogrov*. Pengujian *chi-square* mendapatkan nilai X^2 sebesar 1,2. Nilai simpangan empiris kritis menuut ketentuan 5% sebesar 3,84. Maka $(X^2) = 1,2 \leq (X^2)_p = 3,4$. Dapat disimpulkan nilai simpangan hitung lebih kecil dibandingkan nilai simpangan kritis, sehingga data dapat dinyatakan sesuai. Perhitungan *smirnov-kolomogrov* dengan jumlah data hujan (n) = 10 dan derajat kepercayaan 5% didapatkan nilai selisih kiritis c_r sama dengan 0,41. Nilai ini kemudian dibandingkan dengan nilai selisih maksimal yang telah didapatkan dalam perhitungan sebelumnya yaitu 0,202. Dari perbandingan tersebut diketahui bahwa nilai $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$. Sehingga pengujian R_t menggunakan *smirnov-kolomogrov* yang dilakukan menyatakan bahwa data sesuai.

4. Perhitungan debit banjir rencana

Dalam perhitungan debit banjir rencana, parameter yang dibutuhkan meliputi, luasan areal, nilai koefisien limpasan serta nilai intensitas hujan. Berdasarkan pengumpulan data yang dilakukan nilai koefien limpasan dan luasan areal telah dimuat dala Tabel. 5. Nilai intensitas hujan dihitung sesuai rumus (18) mendapatkan hasil sesuai Tabel 8. di bawah ini.

Tabel 8. Intensitas hujan saluran penelitian

Saluran	L (km)	S	t pakai (jam)	R_t (mm)	I_t (mm/jam)
Saluran Barat					
Sec 1	1.54	0.0016	1.01141	99.038	34.075814
Sec 2	1.705	0.0016	1.11978	99.038	31.840298
Sec 3	1.865	0.0016	1.22486	99.038	29.992143
Sec 4	1.915	0.0016	1.2577	99.038	29.467788
Sec 5	1.955	0.0016	1.28397	99.038	29.064457
Sec 6	2.05	0.0016	1.34636	99.038	28.159448
Sec 7	2.1	0.0016	1.3792	99.038	27.71068
Sec 8	2.2	0.0016	1.44487	99.038	26.864469
Sec 9	2.25	0.0016	1.47771	99.038	26.464988
Sec 10	2.34	0.0016	1.53682	99.038	25.781973
Saluran Barat					
Sec 1	0.15	0.71	0.09851	0.4663	99.038
Sec 2	0.13	0.84	0.08538	0.5517	99.038
Sec 3	0.065	0.905	0.04269	0.5944	99.038
Sec 4	0.13	1.035	0.08538	0.6797	99.038
Sec 5	0.1	1.135	0.06568	0.7454	99.038
Sec 6	0.11	1.245	0.07224	0.8177	99.038
Sec 7	0.27	1.515	0.17733	0.995	99.038

Setelah semua parameter perhitungan terpenuhi, perhitungan debit rencana dapat dilakuakn sesuai Rumus (16) dan didapatkan hasil sesuai Tabel 9. berikut ini.

Tabel 9. Debit banjir saluran penelitian

Saluran	C	It (mm/jam)	A (ha)	Qt (m ³ /dt)
Saluran Barat				
Sec 1	0.565	34.076	25.640	1.373
Sec 2	0.532	31.840	41.397	1.951
Sec 3	0.533	29.992	41.445	1.841
Sec 4	0.551	29.468	56.162	2.537
Sec 5	0.552	29.064	56.174	2.503
Sec 6	0.552	28.159	56.203	2.427
Sec 7	0.552	27.711	56.218	2.390
Sec 8	0.552	26.864	56.248	2.319
Sec 9	0.553	26.465	63.815	2.596
Sec 10	0.553	25.782	63.815	2.529
Saluran Timur				
Sec 1	0.469	57.098	5.972	0.445
Sec 2	0.551	51.044	15.711	1.228
Sec 3	0.560	48.569	18.957	1.432
Sec 4	0.560	44.412	18.996	1.314
Sec 5	0.569	41.763	23.771	1.569
Sec 6	0.569	39.266	23.804	1.479
Sec 7	0.555	34.450	52.028	2.764

Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika dapat dilakukan ketika 3 parameter utama yang meliputi angka dimensi, saluran nilai koefisien *manning* dan nilai kemiringan telah dipenuhi. Dimensi saluran yang dievaluasi didapatkan berdasarkan data primer sesuai Tabel 7 yang kemudian dikurangkan dengan nilai jagaan sesuai Tabel 3. Angka dimensi yang akan dievaluasi di tuangkan dalam Tabel 10. berikut ini.

Tabel 10. Dimensi evaluasi saluran penelitian

Section	b (m)	h (m)	h kritis (m)
Saluran Barat			
1	2	0.9	0.7
2	1.7	0.9	0.3
3	2.1	1	0.75
4	1.95	1.1	0.85
5	1.8	0.85	0.6
6	2.25	1	0.75
7	1.6	1.1	0.5
8	1.5	1.2	0.95
9	1	1.2	0.95
10	1.8	1	0.75
Saluran Timur			
1	1.75	1.25	1.05
2	1.75	1.1	0.9
3	1.7	1.2	1
4	1.8	1	0.8
5	1.8	1	0.75
6	1.5	1	0.5
7	2.2	1.35	1.1

Nilai (n) setiap *section* saluran berdasarkan tinjauan hasil survei saluran drainase di jalan Semambung – Sumpit dalam Tabel 7. dirangkum dalam

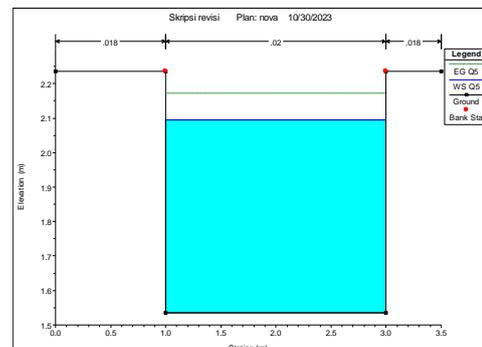
Tabel 11. Tabel nilai koefisien *Manning* (n)

Section	(n) Dinding kiri	(n) Dasar	(n) Dinding kanan
Saluran Barat			
1	0.018	0.02	0.018
2	0.035	0.035	0.035
3	0.016	0.023	0.016
4	0.025	0.025	0.025
5	0.018	0.023	0.018
6	0.019	0.02	0.019
7	0.035	0.035	0.035
8	0.022	0.02	0.022
9	0.025	0.022	0.025
10	0.025	0.022	0.025
Saluran Timur			
1	0.022	0.022	0.022
2	0.02	0.023	0.02
3	0.018	0.02	0.018
4	0.018	0.02	0.018
5	0.025	0.025	0.025
6	0.035	0.02	0.035
7	0.026	0.02	0.026

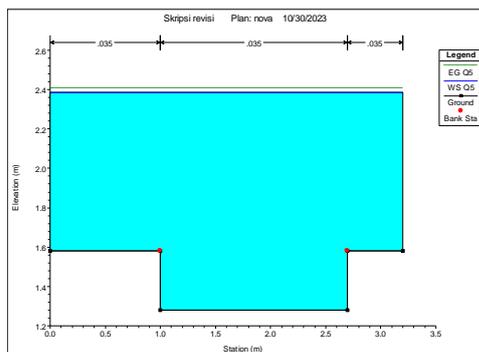
Nilai kemiringan (S) berdasarkan data sekunder adalah 0,0016. Setelah parameter perhitungan terpenuhi, maka dapat dilakukan evaluais tampang menggunakan analisis Hec-RAS dan analisis manual

1. Analisis Hec-RAS

Parameter data analisis hirdrolika selanjutnya *running* dengan jenis aliran yang diasumsikan sebagai aliran permanen (*steady flow*) dengan nilai debit banjir yang di input sesuai dengan Tabel 9 serta dengan batas menggunakan ketinggian air normal (*normal depth*). Hasil *running* Hec-RAS untuk kala ulang 5 tahun dilampirkan dalam Tabel 12. di bawah ini. Contoh plot hasil *running* ditampilkan dalam Gambar 4. dan Gambar 5.



Gambar 4. Plot *running* Hec-RAS *section* 1 saluran barat



Gambar 5. Plot *running* Hec-RAS *section 2* saluran barat

Tabel 12. Hasil evaluasi tampungan analisis Hec-RAS

Lokasi	Section	Keterangan
Saluran Barat		
Pergudangan Hartono	1	Tertampung
RTH	2	Melimpas
PT. Sugih Indah Indoplast	3	Melimpas
PT. Evapratama Indojoya	4	Melimpas
PT. Sumber Nusantara Baja	5	Melimpas
PT. Tri Star Jaya	6	Melimpas

Hasil debit eksisting selanjutnya dievaluasi terhadap nilai debit banjir sesuai Tabel 9. Dan didapatkan hasil seperti dalam Tabel 13. di bawah ini.

Tabel 13. Hasil evaluasi tampungan analisis manual

Section	Q eks (m ³ /s)	Q banjir (m ³ /s)	Keterangan
Saluran Barat			
1	1.616288	1.3730589	Tertampung
2	0.2135291	1.9506543	Melimpas
3	1.6692959	1.8410314	Melimpas
4	1.5668015	2.5371533	Melimpas
5	1.0410369	2.5032995	Melimpas
6	2.0223487	2.4273598	Melimpas
7	0.4167027	2.3897157	Melimpas
8	1.5116571	2.3187565	Melimpas
9	0.7534953	2.5958298	Melimpas
10	1.2736982	2.528836	Melimpas
Saluran Timur			
1	2.0403707	0.4445123	Tertampung
2	1.7062023	1.2282813	Tertampung
3	2.1401493	1.4324681	Tertampung
4	1.7044415	1.3141903	Tertampung
5	1.1903289	1.5694615	Melimpas
6	0.5170852	1.478841	Melimpas
7	2.7075256	2.7642893	Melimpas

Perhitungan analisis hidrolika manual yang dilakukan juga digunakan sebagai kontrol

RTH	7	Melimpas
PT. Oranye	8	Melimpas
PT. Vepo	9	Melimpas
PT. Katingan	10	Melimpas
Saluran Timur		
Pergudangan Sumpat	1	Tertampung
Nusantara Utara	2	Tertampung
Nusantara Selatan	3	Tertampung
PT. Pelita Mekar	4	Tertampung
PT. Samjaya Manunggal	5	Melimpas
RTH	6	Melimpas
PT. Surya Kertas	7	Melimpas

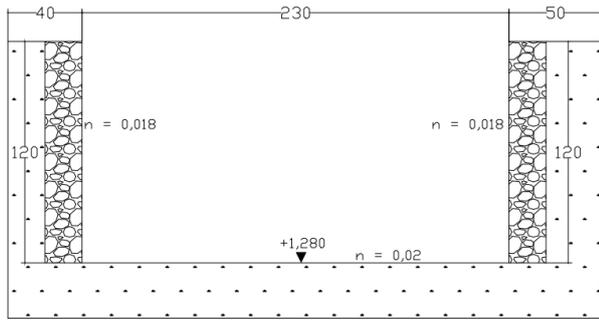
2. Analisis manual

Untuk menuji apakah analisis yang dilakuakn dengan Hec_RAS sesuai maka dilakukan kontrol data menggunakan analisis manual. Adapun hasil perhitungan debit tampungan untuk saluran eksisting dengan analisis manual sesuai Rumus (21) dilampirkan dalam Tabel 13. berikut ini.

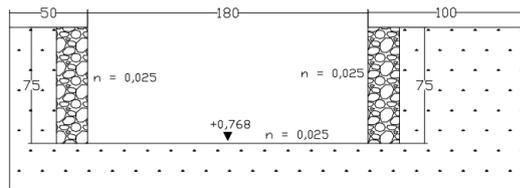
analisis hidrolika dengan sioftware Hec-RAS yang dilakukan. Berdasarkan kesamaan hasil dua analisis yang dilakukan bahwa dalam beberapa *section* terdapat ketidakefektifan saluran. Dengan hal ini dapat disimpulkan bahwa hasil analisis Hec-RAS telah sesuai.

Penentuan Solusi

Hasil perhitungan evaluasi kapasitas tampungan yang dilakukan menunjukkan bahwa beberapa *section* Saluran Drainase di Jalan Semambung – Sumpat sudah tidak efektif untuk menampung debit banjir yang mengalir. Solusi yang disarankan oleh peneliti dalam penelitian ini meliputi metode struktural. Solusi struktural pemeliharaan yang disarankan adalah normalisasi dan perawatan secara berkala terhadap saluran sehingga mengurangi adanya penumpukan sampah serta tanaman liar yang ada dan memperkecil ukuran saluran. Serta solusi struktural pembangunan berupa melakukan pengubahan dimensi saluran serta mengubah lapis permukaan saluran pada *section* saluran yang sudah tidak efektif. Adapun peneliti merencanakan dimensi dan lapis permukaan baru yang termuat dalam Tabel 14. Contoh penampang saluran rencana untuk ditampilkan dalam Gambar 6. dan Gambar 7.



Gambar 6. Penampang rencana section 2 saluran barat



Gambar 7. Penampang rencana section 5 saluran timur

Dimensi saluran rencana yang dievaluasi selanjutnya dikurangkan dahulu dengan nilai jagaan sesuai Tabel 3. Angka dimensi rencana yang akan dievaluasi di tuangkan dalam Tabel 15. berikut ini.

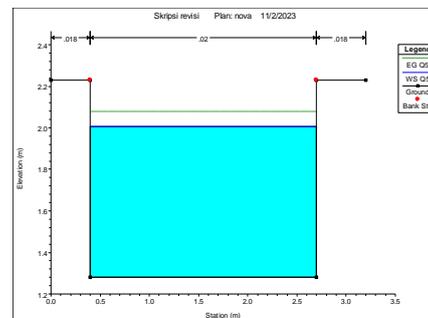
Tabel 1413. Dimensi evaluasi saluran rencana

Section	b (m)	h (m)	h kritis (m)
Saluran Barat			
1	2.00	0.90	0.70
2	2.30	1.20	0.95
3	2.10	1.00	0.75
4	2.55	1.40	1.15
5	2.40	1.40	1.15
6	2.85	1.40	1.15
7	2.20	1.40	1.15
8	2.10	1.40	1.15
9	1.90	1.40	1.15
10	2.40	1.40	1.15
Saluran Timur			
1	1.75	1.25	1.05
2	1.75	1.10	0.90
3	1.70	1.20	1.00
4	1.80	1.00	0.80
5	2.20	1.00	0.75
6	1.90	1.00	0.80
7	2.60	1.35	1.10

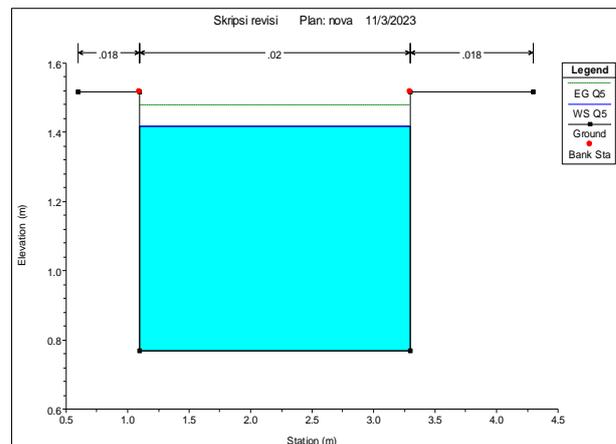
Adapun hasil analisis Hec-RAS untuk redesain saluran rencana baru pada section saluran yang sudah tidak efektif dalam menampung debit aliran yang mengalir adalah sesuai Tabel 15 Contoh gambaran hasil *running* Hec-RAS dimuat dalam Gambar 8. dan Gambar 9.

Tabel 1514. Hasil evaluasi tahanan saluran rencana dengan Hec-RAS

Lokasi	Section	Keterangan
Saluran Barat		
Pergudangan Hartono	1	Tertampung
RTH	2	Tertampung
PT.Sugih Indah Indoplast	3	Tertampung
PT. Evapratama Indojava	4	Tertampung
PT. Sumber Nusantara Baja	5	Tertampung
PT. Tri Star Jaya	6	Tertampung
RTH	7	Tertampung
PT. Oranye	8	Tertampung
PT. Vepo	9	Tertampung
PT. Katingan	10	Tertampung
Saluran Timur		
Pergudangan Sumpot	1	Tertampung
Nusantara Utara	2	Tertampung
Nusantara Selatan	3	Tertampung
PT. Pelita Mekar	4	Tertampung
PT. Samjaya Manunggal	5	Tertampung
RTH	6	Tertampung
PT. Surya Kertas	7	Tertampung



Gambar 8. Plot *running* Hec-RAS section 2 saluran barat rencana



Gambar 9. Plot *running* Hec-RAS section 5 saluran timur rencana

Hasil penentuan solusi ketidak efektifan saluran dengan analisis *software* Hec-RAS mendapatkan hasil bahwa semua perencanaan dimensi dan lapis permukaan baru mampu menampung debit aliran sehingga tidak terjadi pelimpahan. Untuk membuktikan kesesuaian hasil perencanaan ulang, dilakukan kontrol perencanaan menggunakan analisis kapasitas secara manual.

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p141-153>

Hasil debit tampungan saluran rencana selanjutnya dievaluasi terhadap nilai debit banjir sesuai Tabel 9. Dan didapatkan hasil seperti dalam Tabel 16.

Tabel 16. Hasil kontrol evaluasi tampungan saluran rencana

Section	Q eks (m ³ /s)	Q banjir (m ³ /s)	Keterangan
Saluran Barat			
1	1.616288	1.3730589	Tertampung
2	2.9606549	1.9506543	Tertampung
3	1.894288	1.8410314	Tertampung
4	4.4024926	2.5371533	Tertampung
5	4.0700858	2.5032995	Tertampung
6	5.0765866	2.4273598	Tertampung
7	3.6325129	2.3897157	Tertampung
8	3.4164368	2.3187565	Tertampung
9	2.9904852	2.5958298	Tertampung
10	4.0700858	2.528836	Tertampung
Saluran Timur			
1	2.2444077	0.4445123	Tertampung
2	1.8323652	1.2282813	Tertampung
3	2.1401493	1.4324681	Tertampung
4	1.7044415	1.3141903	Tertampung
5	2.007592	1.5694615	Tertampung
6	1.8268891	1.478841	Tertampung
7	4.244778	2.7642893	Tertampung

REFERENSI

- BSN. 2016. *SNI 2415:2016 Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana*.
- Canubry, D., Azmeri, A., & Shaskia, N. 2021. Perencanaan Saluran Drainase Perkotaan Wilayah Kecamatan Johan Pahlawan dengan Aplikasi HEC-RAS. *Journal of The Civil Engineering Student*, 3(3), 282–286. <https://doi.org/10.24815/journalces.v3i3.17905>
- Istiarto. 2014. *Modul Pelatihan Simulasi Aliran 1-Dimensi Dengan Bantuan Paket Pemrograman Hidrodinamika HEC-RAS*. <https://istiarto.staff.ugm.ac.id/files/HEC-RAS-Dasar-Simple-Geometry-River-Jul14.pdf>
- Kustini, I., & Winanti, E. T. (2020). Upaya Mengurangi Genangan Banjir Di Kampus Unesa Ketintang Surabaya Dengan Parit Resapan. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 2(1), 27-34.
- Kemenpupr. 2018. *Analisis Hidrologi dan Sedimentasi*. https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/upload/s/edok/2019/03/740a8_6._Modul-3_Analisis_Hidrologi_Dan_Sedimen.Pdf
- KemenPUPR. 2016. Perhitungan saluran dan drainase diklat teknis perencanaan irigasi tingkat dasar. *Pusat Pendidikan Dan Pelatihan Sumber Daya Air Dan Konstruksi*, 88. https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/upload/s/edok/2018/04/d31a2_MDL_08_Perhitungan_saluran_dan_Drainase.pdf
- Wahyunandar, R. (2022). *Perencanaan Ulang Saluran Drainase Pada Ruas Jalan Bendungan Sutami Kecamatan Lowokwaru [Universitas Muhammadiyah Malang]*. <http://eprints.umm.ac.id/id/eprint/96335>