

KAJIAN POLA ALIRAN JARINGAN DRAINASE UNTUK PENGEMBANGAN SUSTAINABLE URBAN DRAINAGE SYSTEM (SUDS) DI KOTA MERAUKE

Siti Nur Indah Sari¹⁾, Yance Kakerissa^{*2)}, Dina Limbong Pamuttu³⁾

^{1) 2) 3)} Teknik Sipil, Fakultas Teknik – Universitas Musamus
E-mail : griyanch@gmail.com

Abstrak

Kota Merauke merupakan daerah rawa dengan topografi yang relatif rendah dan terletak dalam bentangan kawasan pantai dengan ketinggian 0-15 meter dari permukaan laut (Mdpl) dan kemiringan lereng hanya 0-8%. Data dari Badan Pusat Statistik Merauke menunjukkan bahwa laju pertumbuhan penduduk pada Tahun 2020 – 2021 sebesar 0,33%, meningkat dari laju pertumbuhan penduduk selama 2010 – 2020 yaitu sebesar 0,01%. Seiring dengan pertambahan penduduk, kualitas sistem jaringan drainase juga perlu ditingkatkan untuk menghindarkan kota dari masalah banjir. Oleh karena itu, dilakukan penelitian ini dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik aliran dan kapasitas saluran eksisting drainase. Metode yang digunakan adalah survei, kuantitatif, dan deskriptif. Hasil survei berupa data geometri saluran yang akan digunakan dalam analisis hidrolik. Metode kuantitatif dimulai dengan melakukan analisis hidrologi dan didapat nilai Q_{25} sebesar 0,17 m³/detik. Analisis hidrolik dilakukan dengan menggunakan program HEC-RAS 6.4.1. Analisa hidrolik dilakukan dengan dua kondisi, yaitu kondisi saluran eksisting dan kondisi normalisasi. Data yang diinput dalam program HEC-RAS pada kedua kondisi sama kecuali data geometri. Hasil analisis pada dua kondisi tersebut adalah pada kondisi saluran eksisting mengalami luapan pada setiap ruas saluran. Sedangkan setelah normalisasi tidak terjadi luapan. Berdasarkan hasil analisis ini dapat disimpulkan bahwa untuk menerapkan sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan perlu dilakukan perbaikan drainase baik dengan normalisasi, pembangunan sistem polder, kolam retensi atau pintu air otomatis di saluran bagian hilir yang dipengaruhi oleh pasang surut.

Kata kunci : Banjir, Drainase Perkotaan, SUDS

Abstract

Merauke City is a swampy area with a relatively low topography and is located in a stretch of coastal area with an altitude of 0-15 meters above sea level (masl) and a slope of only 0-8%. Data from the Central Bureau of Statistics Merauke shows that the population growth rate in 2020 – 2021 was 0.33%, an increase from the population growth rate during 2010 – 2020 which was 0.01%. Along with population growth, the quality of the drainage network system also needs to be improved to avoid flooding problems. Therefore, this study was conducted with the aim of determining the flow characteristics and capacity of existing drainage channels. The methods used are survey, quantitative, and descriptive. The survey results are in the form of channel geometry data that will be used in hydraulics analysis. The quantitative method began by conducting hydrological analysis and obtained a Q_{25} value of 0.17 m³ / second. Hydraulics analysis was performed using the HEC-RAS 6.4.1 program. Hydraulics analysis is carried out under two conditions, namely the condition of the existing channel and normalization conditions. The data inputted in the HEC-RAS program under both conditions are the same except geometry data. The results of the analysis on these two conditions are the condition of the existing channel experiencing overflow in each channel segment. Meanwhile, after normalization, there is no overflow. Based on the results of this analysis, it can be concluded that to implement a sustainable urban drainage system, it is necessary to improve drainage either by normalization, construction of polder systems, retention ponds or automatic sluice gates in downstream channels that are affected by tides.

Keywords : Flood, Urban Drainage, SUDS

PENDAHULUAN

Drainase merupakan infrastruktur vital dalam wilayah perkotaan [1]. Kualitas manajemen suatu kota dapat dilihat dari kualitas sistem jaringan drainase yang ada [2]. Sistem jaringan drainase yang baik dapat membebaskan kota dari genangan air. Wilayah Kota Merauke memiliki topografi yang relatif landai dan terletak dalam bentangan kawasan pantai dengan ketinggian 0-15 meter dari permukaan laut (Mdpl) dan kemiringan lereng hanya 0-8% [3].

Wilayah Kota Merauke dilihat dari segi geomorfologi berpotensi rawan terhadap bencana banjir atau genangan, baik yang diakibatkan oleh arus balik (*backwater*) pasang surut air laut maupun akibat hujan. Genangan banjir di wilayah kota Merauke juga dipengaruhi oleh pertambahan jumlah penduduk baik melalui urbanisasi maupun pertumbuhan penduduk yang pesat karena Kota Merauke merupakan pusat perekonomian di Kabupaten Merauke.

Data dari Badan Pusat Statistik Merauke diketahui bahwa kepadatan penduduk yang terjadi di Kota Merauke setiap tahun meningkat. Kepadatan penduduk Kota Merauke pada tahun 2010 adalah 70,80 per km^2 , sedangkan pada tahun 2020 adalah 205,69 per km^2 . Sedangkan laju pertumbuhan penduduk menunjukkan bahwa pada Tahun 2020 – 2021 terjadi peningkatan sebesar 0,32% dari laju pertumbuhan penduduk selama 2010 – 2020 yaitu sebesar 0,01%.

Peningkatan jumlah penduduk selalu diikuti dengan peningkatan infrastruktur perkotaan, salah satunya adalah drainase [7]. Peningkatan laju pertumbuhan penduduk mengakibatkan semakin tingginya konsumsi sampah yang berakibat pada tersumbatnya drainase [4]. Hal ini jika tidak diimbangi dengan pengembangan sistem drainase

perkotaan yang berkelanjutan sudah dapat dipastikan Kota Merauke tidak akan lepas dari permasalahan banjir. Permasalahan drainase perkotaan bukanlah hal yang sederhana, khususnya di daerah pantai [5]. Banyak faktor yang mempengaruhi dan membutuhkan pertimbangan yang matang dalam perencanaan, antara lain peningkatan debit, penyempitan dan pendangkalan saluran, reklamasi, amblesan tanah, limbah, sampah, dan pasang surut air laut [6].

Kualitas manajemen satu kota dapat dilihat dari kualitas sistem jaringan drainase yang ada. Sistem jaringan drainase yang baik dapat membebaskan kota dari genangan air, terutama wilayah Merauke yang sebagian besar merupakan daerah tada hujan perlu sekali adanya sistem jaringan drainase yang baik dan komprehensif. Sejauh ini penelitian terkait pengendalian banjir di Kota Merauke sudah berulang kali dilakukan tapi belum ada penelitian khusus tentang pola aliran sistem jaringan drainase perkotaan. Pola aliran drainase yang tepat dapat mengalirkan air sampai di pembuangan dengan baik dan dapat mengurangi genangan air/banjir. Oleh karena itu, penelitian terhadap pola aliran jaringan drainase kota Merauke terhadap kemiringan lahan perlu dilakukan sehingga bisa menjadi acuan baik bagi pemerintah maupun bagi masyarakat dalam pengembangan *sustainable urban drainage system* (SUDS).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode survei dan investigasi lapangan sebagai tahapan awal untuk melihat kondisi eksisting saluran drainase dan pola aliran drainase sampai di area pembuangan akhir. Selain data primer yang diambil dari hasil survey, juga diperlukan data sekunder berupa data curah hujan dan data pasang

surut. Selanjutnya data primer dan sekunder yang sudah didapat diolah dengan menggunakan metode kuantitatif. Metode kuantitatif dilakukan dengan analisa sebagai berikut.

1. Analisis Data Pasang-Surut

Analisis data pasang surut untuk menentukan klasifikasi suatu gelombang pasang surut dengan menghitung bilangan Formzahl (F) menggunakan metode Admiralty.

Dimana hasil dari nilai F akan menentukan tipe pasang surutnya, dengan klasifikasi sebagai berikut:

$0 < F < 0,25$: Pasang surut harian ganda (*semi-diurnal tide*)

$0,25 < F < 1,50$: Pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed, mainly semi-diurnal tide*)

$1,50 < F < 3,00$: Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*mixed, mainly diurnal tide*)

$F > 3,00$: Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*)

2. Analisis hidrologi

Tahapan yang dilakukan pada analisis hidrologi meliputi:

- Analisis curah hujan maksimum rata-rata. Curah hujan maksimum rata-rata ini yang selanjutnya digunakan untuk analisis frekuensi
- Analisis frekuensi dilakukan dengan 2 metode yaitu metode gumbel dan distribusi log person tipe III dengan persamaan sebagai berikut:

Distribusi Gumbel

$$X_t = \bar{X} + K_s S_d$$

Distribusi Log Person Tipe III

$$\text{Log } X_t = \text{Log } \bar{X} + K_s \text{log } X$$

dimana:

X_t = curah hujan rencana periode T tahun (mm/jam)

\bar{X} = curah hujan rata-rata

S_d = standar deviasi

$\text{Log } X_t = \text{log curah hujan rencana periode T tahun (mm/jam)}$

$\text{Log } \bar{X}$ = log curah hujan rata-rata

$S \text{Log } X_t$ = standar deviasi

K = faktor frekuensi

- Pengujian hasil perhitungan dari masing-masing distribusi dengan menggunakan metode uji chi-square dan metode smirnov-kolmogorov yang dapat dihitung dengan persamaan berikut:
Uji Chi-Square

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Uji Smirnov-Kolmogorov

$$P(X_i) = \frac{i}{n+1}$$

dimana:

χ^2 = harga Chi-kuadrat terhitung

O_i = jumlah nilai pengamatan pada saluran ke-i

E_i = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-i

n = jumlah data

i = nomor urut data

- Penentuan nilai koefisien pengaliran
Koefisien pengaliran (C) adalah bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya aliran permukaan dan besarnya curah hujan. Nilai C ditentukan berdasarkan penggunaan tata guna lahan di wilayah yang akan diteliti. Semakin sedikit lahan hijau, nilai C semakin besar.
- Analisis koefisien tampungan
Koefisien tampungan (Cs) adalah daya tamping dampak fungsi saluran sebagai *long storage*.

$$C_s = \frac{2T_c}{2T_c + T_d}$$

dimana:

C_s = koefisien tampungan

T_c = waktu konsentrasi (jam)

T_d = waktu saluran (jam)

f. Waktu konsentrasi

Waktu konsentrasi waktu yang diperlukan oleh partikel air untuk mengalir dari titik terjauh di dalam daerah tangkapan sampai titik yang ditinjau setelah tanah menjadi jenuh dan depresi – depresi kecil terpenuhi. Waktu konsentrasi bergantung pada karakteristik daerah tangkapan, tata guna lahan, jarak lintasan air dari titik terjauh sampai stasiun yang ditinjau.

$$T_c = \left(\frac{0,87xL}{1000xS} \right)^{0,385}$$

dimana:

t_c = waktu konsentrasi (jam)

L = panjang saluran utama dari hulu ke hilir atau sampai ke penguras (km)

S = kemiringan rata-rata saluran utama (m/m)

g. Intensitas hujan

Intensitas hujan untuk t_c tertentu dapat dihitung dengan rumus Mononobe berikut.

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

dimana:

I = intensitas hujan (mm/jam)

t = lama hujan (jam)

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

h. Analisis debit rencana dengan menggunakan Metode Rasional. Metode Rasional digunakan untuk

memperkirakan laju aliran permukaan puncak. Metode rasional dipilih berdasarkan asumsi bahwa hujan yang terjadi mempunyai intensitas seragam dan merata di seluruh DAS selama paling sedikit sama dengan waktu konsentrasi (t_c). persamaan metode rasional dirumuskan sebagai berikut.

$$Q_p = 0,2778 \cdot C \cdot C_s \cdot I \cdot A$$

dimana:

Q_p = laju aliran permukaan (debit) puncak (m^3/dt)

C = koefisien aliran permukaan ($0 \leq C \leq 1$)

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

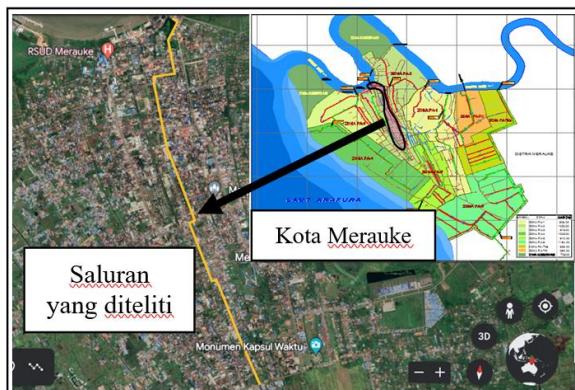
A = luas DAS (km^2)

3. Analisa Hidroliko

Analisa hidroliko dilakukan dengan menggunakan *software* HEC-RAS 6.4.1. Data yang digunakan dalam analisis ini berupa data debit rencana periode ulang 25 tahun, geometri saluran eksisting dan luas area aliran saluran drainase. Hasil analisis dari *software* HEC-RAS berupa kapasitas eksisting.

4. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Kota Merauke, yaitu sepanjang drainase primer dari jalan Ahmad Yani sampai pintu air Transito. Drainase ini terletak pada zona PA 2 dalam peta jaringan drainase Kota Merauke yang memiliki panjang sekitar 4,5 km dengan luas tangkapan air sebesar 10,51 km². Letak drainase ini berada di pusat kota dan merupakan salah satu infrastruktur penting sebagai pengendali banjir. Adapun lokasinya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi penelitian, Kota Merauke

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil survei yang dilakukan di titik banjir menunjukkan bahwa beberapa saluran drainase tidak berfungsi maksimal karena adanya sedimen dan sampah yang menumpuk di sepanjang saluran. Selain itu berdasarkan data geometri saluran didapatkan bahwa beda elevasi saluran di hulu dan hilir sebesar 3,4 m dengan panjang saluran 4.500 m, sehingga kemiringan saluran didapat 4.500,001 m. Nilai kemiringan saluran ini sangat kecil dan sulit bagi air di saluran mengalir secara gravitasi.

1. Analisa Pasang Surut

Analisa pasang surut menggunakan metode Admiralty didapatkan nilai Formzhal sebesar 0,674 yang menunjukkan bahwa tipe pasang surut di perairan Pantai Merauke adalah tipe pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed, mainly diurnal tide*).

2. Analisa Hidrologi

Hasil perhitungan hujan kawasan dengan metode rata-rata aljabar didapatkan nilai 156,43 mm dari data 12 tahun stasiun Mopah tahun 2010-2021. Data hujan yang akan dianalisis dilakukan uji RAPS didapatkan nilai $Q/n^{0,5} = 0,604 < 1,063$ dan $R/n^{0,5} = 1,077 < 1,243$. Hasil ini menunjukkan bahwa data hujan dapat diterima dan dapat digunakan untuk analisis hidrologi. Hasil analisis hujan rancangan didapat dengan menggunakan metode

Gumbel dan Log Person III yang dapat dilihat dari tabel berikut.

Tabel 1. Hasil analisa hujan rancangan untuk pemilihan distribusi

No.	Distribusi	Chi-Kuadrat		Smirnov-Kolmogorov	
		χ^2 Kritis	χ^2 Hitung	Δ Kritis	Δ Max
1	Gumbel	5,991	4,000	0,3400	0,7055
		χ^2 Hitung < χ^2 Kritis Diterima		Δ Max > Δ Kritis Ditolak	
2	Log Person Type-III	5,991	4,000	0,3400	0,085
		χ^2 Hitung < χ^2 Kritis Diterima		Δ Max < Δ Kritis Diterima	

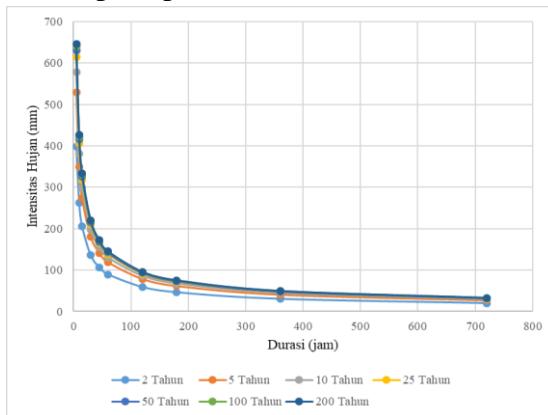
Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa distribusi Gumbel tidak memenuhi syarat untuk uji Smirnov-Kolmogorov, sehingga digunakan distribusi Log Person Tipe III untuk menghitung hujan rancangan. Hasil analisis hujan rancangan dengan metode Log Person Tipe III dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisa hujan rancangan dengan metode log-person Tipe III

No.	Period (Tahun)	Desain Curah Hujan (mm)	
		Log Pearson Tipe III	
1	1,01	50,225	
2	2	319,983	
3	5	425,029	
4	10	464,456	
5	25	493,510	
6	50	505,865	
7	100	513,628	
8	200	518,456	
9	500	524,584	
10	1000	534,959	

Sebelum menghitung debit rancangan dilakukan analisa intensitas hujan yang dinyatakan dalam kurva Intensitas-Durasi-

Frekuensi (IDF) dengan periode waktu 2-200 tahun seperti pada Gambar 2.

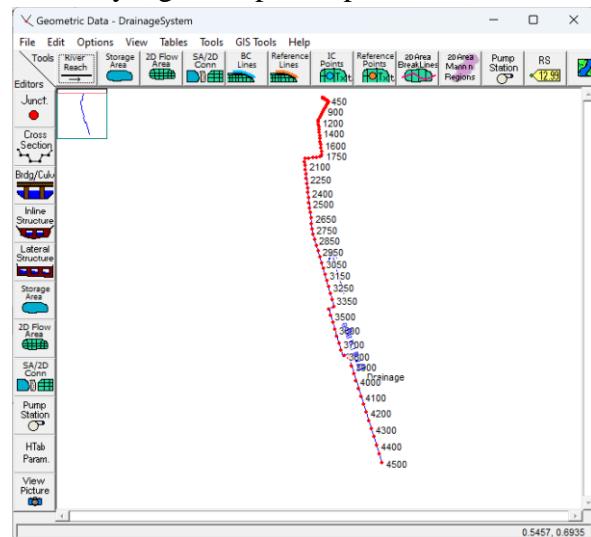


Gambar 2. Kurva IDF

Berdasarkan grafik intensitas hujan di atas diambil intensitas hujan dengan durasi 5 jam dan nilai debit rencana 25 tahun yaitu sebesar $614,78 \text{ m}^3/\text{jam}$. Nilai intensitas hujan ini kemudian dikonversi dalam detik menjadi $0,17 \text{ m}^3/\text{detik}$, yang selanjutnya menjadi debit rencana dalam analisis aliran drainase pada software HEC-RAS.

3. Analisa Hidrolik

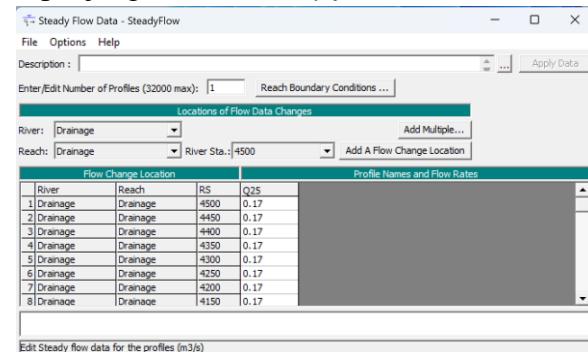
Analisa hidrolik dengan software HEC-RAS dimulai dengan membuat geometri saluran yang ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Layout data geometri drainase

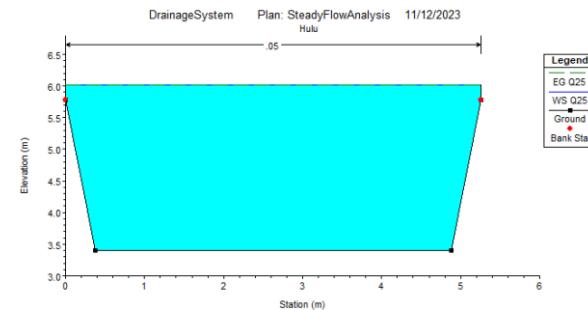
Cross section saluran dibagi setiap 50 meter dengan panjang saluran 4,5 km. Karakteristik aliran saluran diasumsikan

bahwa tinggi aliran sepanjang saluran sama sepanjang waktu (*steady flow*).

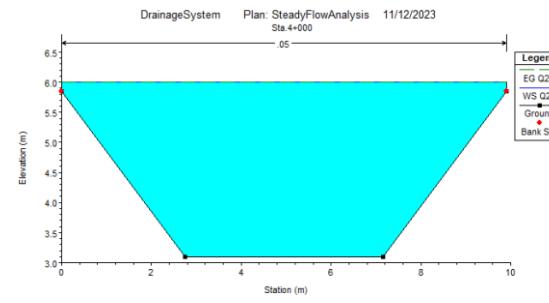


Gambar 4. Steady flow analysis

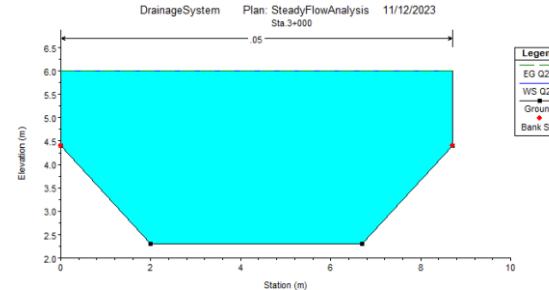
Selanjutnya dilakukan *running* data dan didapatkan hasil sebagai berikut:



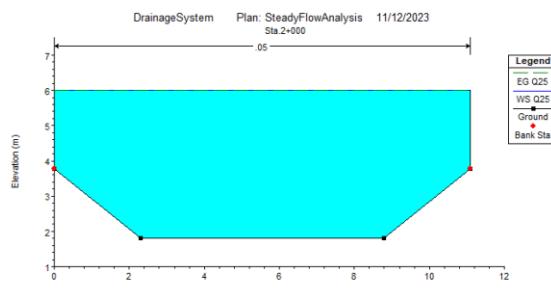
Gambar 5. Saluran eksisting bagian hulu



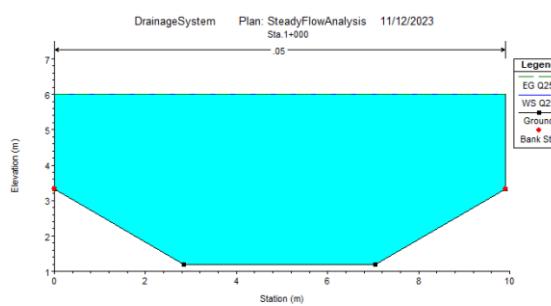
Gambar 6. Saluran eksisting Sta.4+000



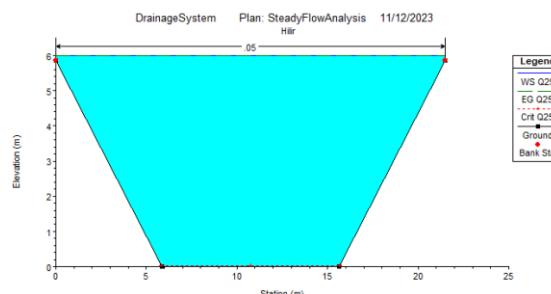
Gambar 7. Saluran eksisting Sta.3+000



Gambar 8. Saluran eksisting Sta.2+000



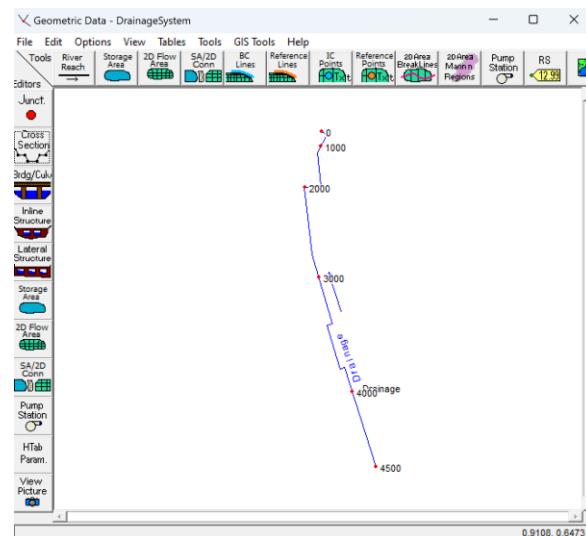
Gambar 9. Saluran eksisting Sta.1+000



Gambar 10. Saluran eksisting bagian hilir

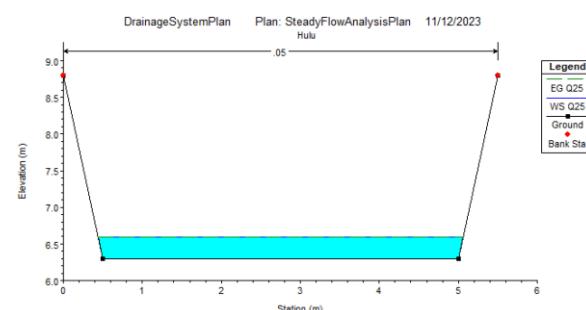
Hasil analisis menggunakan *software* HEC-RAS menunjukkan bahwa di setiap ruas saluran terjadi luapan air. Pada saluran bagian hulu (Sta. 4+500) terjadi luapan sebesar 20 cm, pada Sta.4+000 terjadi luapan sebesar 15 cm, pada Sta.3+000 terjadi luapan sebesar 3,1 m, pada Sta.2+000 terjadi luapan sebesar 2,1 m, pada Sta.1+000 terjadi luapan sebesar 3,35 m, dan pada bagian hilir (Sta.0+000) terjadi luapan sebesar 10 cm. Untuk itu perlu dilakukan penanggulangan dengan melakukan normalisasi saluran maupun membangun kolam retensi. Dalam analisis ini dicoba dengan melakukan normalisasi saluran yaitu dengan memperdalam atau memperlebar saluran serta mempertajam kemiringan saluran.

Analisis kapasitas saluran rencana dilakukan dengan cara yang sama dan data yang sama, yang berubah adalah data geometri yang ditampilkan pada Gambar 11.

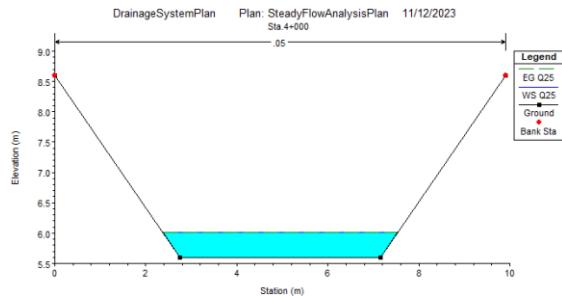


Gambar 11. Layout data geometri saluran rencana

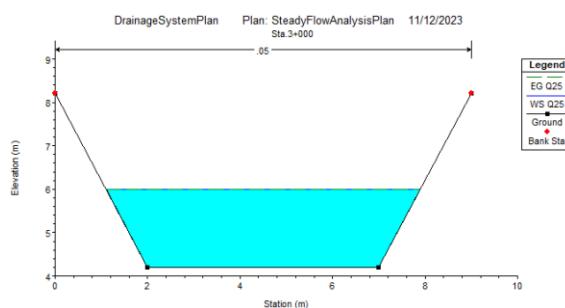
Cross section dibagi setiap 1 km dengan anggapan sepanjang satu kilometer dimensi dan kekasaran saluran adalah sama. Sedangkan data hujan rancangan dan karakteristik aliran yang digunakan adalah sama dengan sebelumnya. Hasil analisis rencana normalisasi saluran dapat dilihat sebagai berikut:



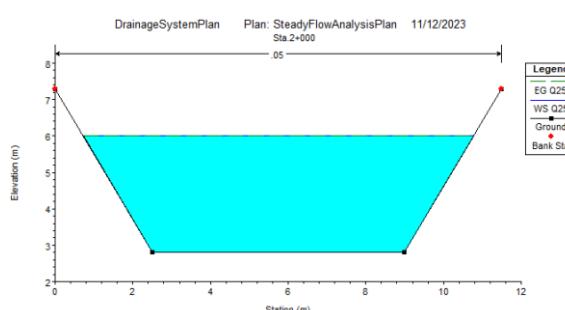
Gambar 12. Saluran rencana bagian hilir



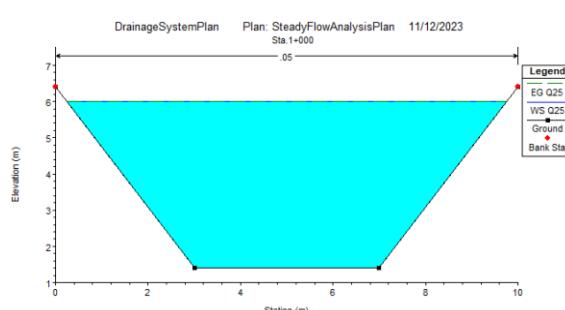
Gambar 13. Saluran rencana Sta.4+000



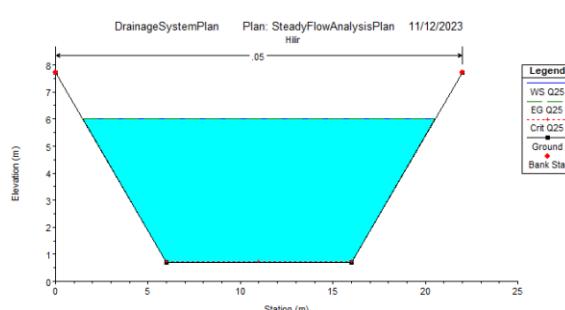
Gambar 14. Saluran rencana Sta.3+000



Gambar 15. Saluran rencana Sta.2+000



Gambar 16. Saluran rencana Sta.1+000



Gambar 17. Saluran rencana bagian hulu

Hasil analisis menunjukkan bahwa dengan melakukan normalisasi kapasitas saluran dapat memenuhi debit banjir rencana periode ulang 25 tahun. Selain normalisasi, perencanaan sistem drainase yang berkelanjutan dapat dilakukan dengan membangun sistem polder, kolam retensi dan pembuatan pintu air otomatis di area hilir yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Pengoperasian dan pemeliharaan juga menjadi elemen penting agar drainase dapat berfungsi secara berkelanjutan.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil analisis dalam penelitian saluran drainase di Jl. Ahmad Yani-Transito adalah sebagai berikut:

1. Kemiringan saluran drainase relatif rendah yaitu 4.500,001 m dengan beda tinggi hulu dan hilir sebesar 3,4 m dan panjang saluran 4.500 m.
2. Tipe pasang surut pantai Merauke berupa tipe pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed, mainly diurnal tide*) dengan nilai bilangan Formzhal sebesar 0,674.
3. Kapasitas saluran eksisting tidak dapat menampung debit banjir rencana dengan periode ulang 25 tahun.
4. Perlu dilakukan perencanaan sistem drainase yang berkelanjutan baik dengan cara normalisasi, pembangunan kolam retensi, penerapan sistem polder dan/atau pembangunan pintu air otomatis di saluran bagian hilir. Dalam penelitian ini dicoba dengan melakukan normalisasi dan kapasitas saluran rencana dapat menampung debit banjir periode ulang 25 tahun. Akantetapi, perlu dilakukan perencanaan secara menyeluruh untuk menghasilkan sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan. Penelitian ini dapat dijadikan penelitian lanjutan untuk solusi yang lebih baik dan komprehensif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terimakasih kepada LPPM UNMUS yang telah mendanai sepenuhnya penelitian ini melalui Hibah Penelitian Dosen Pemula UNMUS. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penelitian ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. R. Rachmat and A. Pamungkas, “Faktor-Faktor kerentanan yang berpengaruh terhadap bencana banjir di Kecamatan Manggala Kota Makassar,” *J. Tek. ITS*, vol. 3, no. 2, pp. C178–C183, 2014.
- [2] R. Wigati, “Model Analisis Efektivitas Saluran Drainase Menggunakan Software Hec-Ras,” *Konf. Nas. Inov. Lingkung. Terbangun*, 2017.
- [3] R. C. Rumasukun, “PENGELOLAAN DANA ANGGARAN PENDAPATAN DAN BELANJA DAERAH DALAM PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR DI KABUPATEN MERAUKE (STUDI KASUS DANA APBD TAHUN ANGGARAN 2016 DAN 2017).” UAJY, 2019.
- [4] M. D. Elyasa, “Analisis Pengaruh Nilai Ipm Dan Jumlah Penduduk Terhadap Timbunan Sampah Di Tpa Se-Provinsi Kepulauan Bangka Belitung: Sebuah Studi Pendahuluan,” *J. Green Growth Dan Manaj. Lingkung.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–8, 2019.
- [5] M. Fajra, R. Hotter, and H. Sunanda, “ANALISIS DIMENSI SALURAN DRAINASE PADA KOTA PAINAN,” *J. Appl. Eng. Sci.*, vol. 1, no. 2, pp. 64–75, 2018.
- [6] A. Syukur, *Buku Pintar Penanggulangan Banjir*. DIVA PRESS, 2021.
- [7] D. R. Tanaya and I. Rudiarto, “Potensi pengembangan ekowisata berbasis masyarakat di kawasan Rawa Pening, Kabupaten Semarang,” *Tek. PWK (Perencanaan Wil. Kota)*, vol. 3, no. 1, pp. 71–81, 2014.
- [8] D. Fairizi, “Analisis dan evaluasi saluran drainase pada kawasan perumnas talang kelapa di subdas lambidaro Kota Palembang,” *J. Tek. Sipil dan Lingkung.*, vol. 3, no. 1, pp. 755–765, 2015.
- [9] N. M. Sianturi and D. S. Saragih, “EVALUASI PEMBANGUNAN DRAINASE RINGROAD PANGURURAN–TOMOK STA 32+000 SAMPAI DENGAN STA 38+000 DI KABUPATEN SAMOSIR,” *J. Santeksipil*, vol. 1, no. 1, 2020.
- [10] E. T. Asmorowati *et al.*, “Drainase Perkotaan,” *Perkumpulan Rumah Cemerlang Indones.*, p. 161, 2021.
- [11] H. Saidah *et al.*, *Drainase Perkotaan*. Yayasan Kita Menulis, 2021.
- [12] R. D. Lufira and C. Asri, *Pengelolaan Drainase Kota Berkelanjutan*. Universitas Brawijaya Press, 2021.
- [13] R. Jose, R. Wade, and C. Jefferies, “Smart SUDS: Recognising the multiple-benefit potential of sustainable surface water management systems,” *Water Sci. Technol.*, vol. 71, no. 2, pp. 245–251, 2015.