ANALISIS KAPASITAS SALURAN DRAINASE DI JALAN WAWONASA UNTUK MENANGGULANGI BANJIR

John PH Manurung[1], Djony Agustaf [2], Rocky F Roring[3]

[1]Prodi Teknik Sipil, Universitas Negeri Manado

Email: johnpietermanurung@gmail.com

[2] Prodi Teknik Sipil, Universitas Negeri Manado

Email: djoniagustaf058@gmail.com

[3]Prodi Teknik Sipil, Universitas Negeri Manado

Email: rockyroring@unima.ac.id

Masuk:dd-mm-yyyy, revisi: dd-mm-yyyy, diterima untuk diterbitkan: dd-mm-yyyy

ABSTRAK

Permasalahan banjir perkotaan akibat dinamika iklim global dan alih fungsi lahan yang masif menuntut tata kelola infrastruktur air yang lebih responsif dan terukur. Di kota Manado, khususnya kawasan permukiman padat Kelurahan Wawonasa dan Singkil, kerentanan terhadap genangan air terus meningkat seiring tingginya intensitas curah hujan lokal yang tidak diimbangi dengan keandalan sistem pembuangan air eksisting. Penelitian ini mengintegrasikan pemodelan spasial berbasis kontur topografi terkini untuk mengevaluasi efisiensi hidrolis penampang secara mikro, yang menyinkronkan akumulasi waktu konsentrasi (Tc) saluran nyata terhadap fluktuasi intensitas hujan rumus Mononobe. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas hidrolis jaringan drainase eksisting dalam menampung debit limpasan permukaan (*run-off*) sekaligus merencanakan dimensi saluran yang optimal untuk menanggulangi banjir. Metode yang digunakan adalah analisis hidrologi kuantitatif dengan menghitung debit rencana (Qr) melalui Metode Rasional berdasarkan data curah hujan Stasiun Bailang, yang kemudian diintegrasikan dengan analisis kapasitas tampung saluran (Qs) menggunakan persamaan hidrolika Manning. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sebagian besar saluran eksisting di kawasan tersebut sudah tidak mampu menampung debit limpasan akibat sedimentasi tinggi dan dimensi aktual yang terlalu kecil, seperti pada salah satu titik kritis dengan debit rencana 0,110 m^3/detik yang mengalami luapan parah. Redesain teknis menggunakan bentuk penampang persegi ekonomis bersistem penampang hidrolis terbaik (b = h), dengan dimensi baru setinggi 0,41meter dan lebar 0,31meter disertai penambahan tinggi jagaan (*freeboard*) yang memadai demi menjamin efektivitas pengaliran air secara berkelanjutan.

Kata kunci: Banjir; Drainase Perkotaan; Wawonasa Singkil.

ABSTRACT

The problem of urban flooding due to global climate dynamics and massive land conversion demands more responsive and measurable water infrastructure management. In Manado city, especially the densely populated residential areas of Wawonasa and Singkil Subdistricts, vulnerability to waterlogging continues to increase as the high intensity of local rainfall is not balanced by the reliability of the existing water drainage system. The study has an integration of the latest topographic contour-based spatial modeling to evaluate the hydraulic efficiency of the micro-section, which synchronizes the accumulation of concentration time (Tc) of real channels to fluctuations in rainfall intensity using the Mononobe formula. This study aims to evaluate the hydraulic capacity of the existing drainage network in accommodating surface runoff discharge while planning optimal channel dimensions to overcome flooding. The method used is quantitative hydrological analysis by calculating the design discharge (Qr) through the Rational Method based on rainfall data from Bailang Station, which is then integrated with the analysis of channel capacity (Qs) using the Manning hydraulic equation. The evaluation results show that most of the existing channels in the area are no longer able to accommodate the runoff discharge due to high sedimentation and actual dimensions that are too small, such as at one of the critical points with a planned discharge of 0.110 m3/second which experienced severe overflow. The technical redesign uses an economical rectangular cross-sectional shape with the best hydraulic cross-section system (b = h), with new dimensions of 0.41 meters high and 0.31 meters wide accompanied by the addition of adequate freeboard height to ensure the effectiveness of continuous water flow.

Keywords: *Flood; Urban Drainage; Wawonasa Singkil.*

1 PENDAHULUAN

Sistem drainase perkotaan merupakan infrastruktur krusial yang mengintegrasikan penampang hidrolis saluran dengan laju perubahan tata guna lahan guna mengalihkan kelebihan air limpasan hujan (Murtaningsih, 2019). Ketidakseimbangan antara kapasitas tampung saluran dan dinamika lahan dapat menurunkan kapasitas hidrolis, memicu genangan, serta melumpuhkan mobilitas sosial-ekonomi masyarakat (Hilmi, 2018).

Secara klimatologis, Kota Manado memiliki intensitas curah hujan tinggi yang dipengaruhi oleh topografi perbukitan dan pesisir. Fenomena iklim lokal ini sering memicu hujan berdurasi pendek dengan intensitas lebat (Mulyono, 2016), yang secara instan meningkatkan volume limpasan permukaan (surface runoff) secara signifikan. Di sisi lain, alih fungsi lahan masif menjadi kawasan kedap air meningkatkan nilai koefisien pengaliran (c) dan mengurangi retensi alami tanah (Swandy, 2020). Akibatnya, jaringan drainase mengalami kelebihan beban (overload) karena dimensi saluran eksisting tidak lagi mampu menampung peningkatan debit banjir tersebut (Ramadhana, 2021).

Dampak disfungsi sistem ini secara serius terjadi pada jaringan saluran di Jalan Wawonasa, Kecamatan Singkil. Sebagai kawasan padat penduduk di dataran rendah, wilayah ini rawan terdampak luapan air. Kondisi saluran eksisting yang mengalami sedimentasi tinggi dan penyempitan geometri penampang menyebabkan air langsung meluap ke badan jalan dan permukiman setiap kali terjadi hujan lebat.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan evaluasi hidrologi dan hidraulika yang terukur untuk menata ulang dimensi saluran penampung. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas hidrolis eksisting serta merencanakan redesain dimensi yang optimal di Jalan Wawonasa. Hasil kajian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis aplikatif bagi pemerintah daerah dalam pembenahan sistem infrastruktur drainase perkotaan yang berkelanjutan.

2 METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif berbasis analisis hidrologi dan simulasi hidraulika untuk mengevaluasi efektivitas sistem drainase perkotaan. Struktur pelaksanaan penelitian dirancang secara sistematis melalui bagan alir yang terdiri dari tahapan persiapan, pengumpulan data primer dan sekunder, analisis komparatif kapasitas saluran, hingga penarikan kesimpulan solusi teknis.

2.1 Lokasi dan Objek Penelitian

Studi kasus dilakukan di Kelurahan Wawonasa, Kecamatan Singkil, Kota Manado, Sulawesi Utara. Area ini dipilih karena secara geografis terletak di dataran rendah yang berdekatan dengan Daerah Aliran Sungai (DAS) Tondano, memiliki kepadatan penduduk yang tinggi, serta menjadi langganan genangan air tahunan akibat tingginya intensitas hujan orografis. Ruang lingkup penelitian dibatasi pada evaluasi efektivitas pengaliran air pada saluran eksisting tanpa memperhitungkan kekuatan struktural drainase

2.2 Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini diklasifikasikan ke dalam dua kategori, yakni data primer dan sekunder. Data primer diperoleh langsung melalui survei lapangan, meliputi inventarisasi dimensi geometris penampang penampang basah (b dan h), panjang

lintasan (L), kemiringan saluran (S), serta kondisi fisik visual dari 7 saluran tersier (Gang 1 s.d Gang 7), saluran sekunder, dan saluran primer. Data sekunder yang digunakan ialah data deret berkala (time series) curah hujan harian maksimum tahunan selama 10 tahun (Tahun 2015–2024) yang diperoleh dari Stasiun MRG Bailang Kayuwatu melalui Badan Pusat Statistik / Balai Wilayah Sungai Sulawesi I.

2.3 Tahapan Analisis dan Pengelolaan Data

Analisis data dilakukan melalui dua tahapan utama, yaitu analisis hidrologi untuk menentukan debit banjir rencana dan analisis hidraulika untuk menghitung kapasitas tampung saluran.

2.3.1 Analisis Hidrologi (Debit Banjir Rencana)

1. Analisis Statistik Dasar: Menghitung parameter statistik berupa nilai rata-rata ($\bar{x}$), standar deviasi (Sd), koefisien variasi (Cv), koefisien kecondongan (Cs), dan koefisien kurtosis (Ck). Data diuji terhadap metode distribusi normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson Type III untuk menentukan karakteristik sebaran data.
2. Pemilihan Distribusi Frekuensi: Menguji kesesuaian data terhadap empat jenis metode distribusi, yaitu Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson Type III. Berdasarkan analisis kesesuaian parameter statistik, metode Distribusi Log Pearson Type III dipilih sebagai model penentu proyeksi karena memenuhi seluruh syarat batas parameter kaku.
3. Uji Kecocokan (Goodness of Fit Test): Untuk menguji validitas teoritis dari sebaran distribusi pilihan, dilakukan pengujian statistik vertikal menggunakan metode Chi-Square (X2) dan diuji non-parametrik Kolmogorov-Smirnov (Δ max) dengan membandingkan nilai hitung terhadap nilai kritis tabel pada taraf signifikansi alpha = 5%.
4. Intensitas Curah Hujan: Dihitung menggunakan Metode Mononobe untuk mengonversi curah hujan rencana harian (R24) menjadi intensitas per jam (I) berdasarkan waktu konsentrasi (Tc). Kemiringan rata-rata lahan (S) dan penentuan batas daerah tangkapan air (catchment area) dianalisis secara spasial memanfaatkan software GIS berbasis data Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS).
5. Debit Limpasan Rencana (Q Rencana) Dihitung menggunakan Metode Rasional dengan persamaan Q=0,278 C* I* A

2.3.2 Analisis Hidraulika (Kapasitas Eksisting)

1. Kecepatan Aliran: Dihitung menggunakan Persamaan Manning berbasis karakteristik kekasaran material dinding saluran (n semen/pasangan batu): $V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$
2. Kapasitas Tampung Saluran (QSaluran) Ditentukan dengan mengalikan luas penampang basah (A) geometris persegi eksisting dengan Qs = A * V

2.4 Evaluasi Dan Solusi Teknik

Tahap akhir dilakukan dengan analisis komparatif performa hidraulika, yaitu membandingkan nilai debit banjir rencana (QRencana) periode ulang tertentu dengan kapasitas tampung eksisting (QSaluran). Jika ditemukan nilai QRencana > QSaluran, maka terjadi luapan (overtopping). Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, dirumuskan solusi teknis berupa dimensi ulang penampang ekonomis terbaik yang mampu mengalirkan debit puncak secara optimal untuk menanggulangi risiko banjir.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Hidrologi

Analisis Hujan Rencana

Berdasarkan data curah hujan harian maksimum tahunan selama 10 tahun (2015–2024) dari Stasiun MRG Bailang Kayuwatu, dilakukan pengujian parameter statistik untuk menentukan jenis distribusi frekuensi yang paling sesuai. Hasil perhitungan parameter statistik adalah sebagai berikut:

a. Rerata Curah Hujan ($\bar{x}$) =98,71

b. Koefisien kecondongan/Skewness (Cs)= 2,3

c. Koefisien Kurtosis (Ck)= 6,1

d. Koefisien Variasi (Cv) = 0,62

e. standar deviasi (Sd) = 39,26

Berdasarkan syarat batas karakteristik sebaran dari 4 metode yang digunakan Distribusi Normal, Log Normal, Log pearson Type III dan Gumbel. Log pearson Type III dipilih sebagai model distribusi frekuensi. Hasil uji kesesuaian menggunakan metode Chi-Square (X2) dan Kolmogorov-Smirnov menghasilkan nilai X2hitung < X2 tabel dan (Δ max) < (Δ kritis) pada taraf signifikansi alpha = 5%, sehingga distribusi Log Pearson Type III dinyatakan valid secara statistik untuk memproyeksikan curah hujan rencana. Melalui metode tersebut, sehingga diperoleh nilai Curah Hujan Rencana (R24) untuk berbagai periode ulang (Tahun) yang tersaji pada Tabel dibawah ini.

Table 1 Curah Hujan Rencana (R24)

Kala Ulang [Tr] (Tahun)	K	Log $\bar{x}$	S Log	Log X_T	R24
2	0,153	1,93	0,217	1,89	79,31
5	0,766	1,93	0,217	2,09	125,40
10	1,339	1,93	0,217	2,23	166,96

Intensitas Hujan dan Debit Rencana

Analisis spasial menggunakan GIS berbasis data DEMNAS menunjukkan topografi pada kelurahan wawonasa cenderung landai dengan tata guna lahan yang didominasi kawasan pemukiman atau perumahan yang cukup rapat. berdasarkan standar Ditjen Cipta Karya, nilai koefisien pengaliran (C) dengan kodisi permukiman atau perumahan rapat ditetapkan nilainya sebesar 0,8.

Waktu konsentrasi (Tc) dihitung masing masing daerah tangkapan air (catchment area) pada 7 titik saluran tersier ditambah dengan saluran sekunder dan primer. menggunakan persamaan Mononobe, nilai intensitas hujan (I) ditentukan berdasarkan proyeksi waktu konsentrasi tersebut. Nilai intensitas hujan selanjutnya dikombinasikan dengan luas wilayah pengaliran (A) untuk menghitung Debit banjir rencana (QRencana) melalui pendekatan Metode Rasional Q= 0,278 C x I x A. Hasil perhitungan debit banjir rencana untuk periode ulang 2 tahun, 5 tahun, dan 10 tahun disajikan secara ringkas pada Tabel dibawah ini

Table 2 Rekapitulasi Debit Banjir Rencana (Qr)

Nama Saluran	**Q_2(m^3/det)**	**Q_5(m^3/det)**	**Q_{10}(m^3/det)**
Tersier gang 1	0,110	0,175	0,233
Tersier gang 2	0,077	0,121	0,161
Tersier gang 3	0,073	0,116	0,166
Tersier gang 4	0,068	0,107	0,143
Tersier gang 5	0,062	0,099	0,131
Tersier gang 6	0,065	0,103	0,137
Tersier gang 7	0,065	0,102	0,136
Sekunder	0,515	0,815	1,084
Primer	0,604	0,955	1,271

3.2 Analisis Hidrolika

Pengukuran geometris saluran drainase langsung dilapangan terhadap 7 saluran tersier, saluran sekunder dan saluran primer dikelurahan Wawonasa menunjukan variasi dimensi penampang saluran. Saluran drainase yang ada pada lokasi berbentuk persegi dengan konstruksi dinding berupa pasangan batu atau plasteran semen sehingga dapat ditentukan untuk koefisien kekasaran manning (n) sebesar 0,015.

Berdasarkan kemiringan saluran (S) dan radius hidraulis (R), kapasitas tampung maksimum eksisting (Qsaluran) dihitung menggunakan persamaan manning dengan rumus $V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$ dan selanjutnya didapat Qs= A x V sehingga didapat kapasitas tampung saluran dilapangan yang tersaji ditabel dibawah ini.

Table 3 Perbandingan Q Saluran Dilapangan dan Q Rencana

No	**Nama Saluran**	**$Q_{Tampung}$ Existing (m^3/det)**	**$Q_{Rencana}$ Q_2 (m^3/det)**	**Status**
1	Tersier Gang 1	0,044	0,110	Tidak Aman
2	Tersier Gang 2	0,062	0,077	Tidak Aman
3	Tersier Gang 3	0,057	0,073	Tidak Aman
4	Tersier Gang 4	0,0029	0,068	Tidak Aman

5	Tersier Gang 5	0,0055	0,062	Tidak Aman
6	Tersier Gang 6	0,013	0,065	Tidak Aman
7	Tersier Gang 7	0,012	0,065	Tidak Aman
8	Sekunder	0,494	0,515	Tidak Aman
9	Primer	7,2	0,604	Aman

Analisis Komparatif Performa Drainase (Luapan Air)

Untuk mengevaluasi efektivitas sistem drainase, dilakukan analisis komparatif dengan membandingkan kapasitas eksisting saluran (Q saluran) terhadap debit banjir rencana periode ulang 2 tahun, 5 tahun dan 10 tahun. Berdasarkan tabel 3 didapatkan saluran tersier dan sekunder memiliki nilai Q Rencana > QSaluran. Hal ini menunjukkan bahwa dimensi eksisting tidak mampu menampung limpasan air permukaan saat terjadi hujan lebat dengan periode ulang 2 tahun. Kondisi ini diperparah oleh faktor external dilapangan, seperti adanya sedimentasi yang cukup tebal dan tumpukan sampah dibeberapa saluran.

3.3 Solusi Teknis Redesain Dimensi Ekonomis

Dalam upaya menangulangi banjir dikelurahan wawonasa, dilakukan perhitungan redesain penampang ekonomis untuk saluran saluran yang mengalami peluapan. Penampang baru dirancang bentuk persegi dengan prinsip hidraulis terbaik (b=h) dengan Qrencana saluran mengunakan rumus Q= A $\frac{1}{n}$ $R^{2/3}S^{1/2}$ sehingga didapat rekomendasi dimensi baru seperti tabel dibawah ini

Table 4 Rekomendasi Dimensi Saluran Drainase Baru

Nama Saluran	S	Q rancangan	B (cm)	H total (cm)
gang 1	0,0055	0,110	30	40
gang 2	0,0051	0,077	25	35
gang 3	0,0059	0,073	25	35
gang 4	0,0046	0,068	25	35
gang 5	0,0040	0,062	25	35
gang 6	0,0059	0,065	25	35
gang 7	0,0067	0,065	25	35
Sekunder	0,0036	0,515	60	70

Rekomendasi redesain ini diproyeksikan mampu meningkatkan kapasitas tampung sistem drainase secara signifikan, sehingga limpasan permukaan dapat dialirkan secara gravitasi menuju saluran primer dan dibuang kebadan air penerima (DAS Tondano) tanpa menimbulkan genangan diarea pemukiman warga.

4 PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan mengenai kapasitas tampung saluran drainase dijalan wawonasa kelurahan wawonasa, Kecamatan Singkil, Kota Manado dapat ditarik beberpa kesimpulan sebagai berikut.

1. Analisis Hidrologi: Metode Distribusi Log Pearson Type III dinyatakan sebagai model proyeksi yang paling valid secara statistik untuk wilayah studi. Nilai Curah Hujan Rencana harian (R24) yang diperoleh adalah sebesar 79,31 mm untuk kala ulang (return period) 2 tahun, 125,40 mm untuk kala ulang 5 tahun, dan 166,96 mm untuk kala ulang 10 tahun.

2. Kinerja Hidraulika Eksisting: Hasil evaluasi menunjukkan bahwa seluruh saluran tersier (Gang 1 sampai dengan Gang 7) serta saluran sekunder di Jalan Wawonasa mengalami luapan (overtopping) karena tidak mampu menampung debit limpasan permukaan rencana (QRencana > QSaluran), bahkan pada periode ulang minimum 2 tahun. Penurunan kapasitas pengaliran ini diperparah oleh kondisi lapangan berupa sedimentasi yang tebal dan tumpukan sampah domestik. Sebaliknya, saluran primer dinyatakan masih aman dengan kapasitas tampung (7,200 m3/det) yang jauh melampaui beban limpasan puncak.

3. Solusi Teknis Redesain: Guna menanggulangi genangan banjir secara optimal, dilakukan redesain fisik menggunakan penampang persegi ekonomis dengan prinsip hidraulis terbaik (b = h). Rekomendasi dimensi baru untuk saluran tersier adalah lebar dasar b (25–30 cm) dan tinggi basah h (25–30) cm. Sementara untuk saluran sekunder direkomendasikan dimensi B = 60cm dan h = 60 cm. Seluruh rancangan baru ini telah dilengkapi dengan tinggi jagaan (freeboard) sebesar 10 cm untuk mengantisipasi fluktuasi debit air di masa mendatang.

5 UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih yang mendalam kepada dosen pembimbing atas curahan ilmu, arahan substansial, serta diskusi ilmiah yang konstruktif selama proses penyusunan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada pihak kampus atas penyediaan fasilitas akademik dan lingkungan riset yang mendukung. Selain itu, penulis mengapresiasi rekan sejawat serta seluruh pihak terkait yang telah memberikan bantuan teknis dan kelancaran selama proses pengumpulan data di lapangan.

6 DAFTAR PUSTAKA

Ariyani, D., & Alghazali, A. A. (2023). Analisis Perencanaan Sistem Drainase Dalam Upaya Penanggulangan Banjir: Studi Kasus: Perumahan Villa Mutiara Cibitung. *Jurnal Artesis, 3(2), 133-140.*

Hilmi, M. F. (2018). Analisis Sistem Drainase Untuk Menanggulangi Banjir Pada Kawasan Mapoldasu Medan.

Lilik Kusumawardani, R., & Prakasa, F. (2017). Analisa Distribusi Curah Hujan di Area Merapi Menggunakan Metode Aritmatika Dan Poligon. *Jurnal Teknik Sipil Dan Perencanaan,* https://doi.org/10.15294/jtsp.v19i1.9497

Mulyono, D. (2016). Analisis karakteristik curah hujan di wilayah Kabupaten Garut Selatan. *Jurnal Konstruksi, 13(1), 1–9.*

Murtaningsih. (2019). Analisis Kinerja Saluran Drainase di Daerah Tangkapan Air Hujan Sepanjang Kali Pepe Anyar Kota Surakarta. Skripsi. Universitas Sebelas Maret

Raka Buana, M. Z., Hadiani, R. R. R., & Suryandari, E. S. (2018). Analisis Banjir Dengan Metode Muskingum Cunge Dan Sistem Informasi Geografis (Sig) Di Kelurahan Banyuanyar, Surakarta. *Matriks Teknik Sipil, 6(4), 613–620.* https://doi.org/10.20961/mateksi.v6i4.36534

Ramadhana, W. (2021). Studi penanganan banjir pada kawasan kelurahan bandar selamat di jalan letda sujono (studi kasus).