



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 5 No. 2 (2026) pp: 7143-7150

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Evaluasi dan Analisis Kinerja Saluran Drainase Wilayah Alun Alun Kota Purwodadi

Ivan Abdullah, Muhammad Agil Almubarak, Muh Faiqun Ni'am
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung
ivandante9999@gmail.com*, muhammadagilalmubarak@gmail.com

Abstrak

Permasalahan genangan dan banjir di kawasan perkotaan sering berkaitan dengan ketidakefektifan sistem drainase dalam menampung dan menyalurkan limpasan air hujan. Kondisi ini dipengaruhi oleh perubahan tata guna lahan, meningkatnya area terbangun, serta menurunnya kapasitas infiltrasi tanah. Kawasan Simpang Lima Kota Purwodadi merupakan wilayah yang kerap mengalami genangan akibat intensitas hujan tinggi, perubahan tata guna lahan, serta kondisi saluran drainase yang belum optimal. Selain itu, sedimentasi, penyempitan saluran, dan sampah turut menurunkan kinerja drainase sehingga aliran air tidak berjalan efektif menuju saluran pembuang utama. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja sistem drainase eksisting di kawasan Simpang Lima Kota Purwodadi serta mengidentifikasi faktor penyebab genangan. Hasil evaluasi diharapkan menjadi dasar perbaikan sistem drainase yang lebih efektif. Metode penelitian meliputi pengumpulan data primer berupa observasi kondisi saluran di lapangan serta data sekunder berupa curah hujan, peta jaringan drainase, dan data teknis lainnya. Analisis dilakukan melalui perhitungan hidrologi untuk menentukan debit limpasan hujan rencana dan analisis hidrolika untuk mengevaluasi kapasitas saluran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian saluran tidak mampu menampung debit rencana akibat keterbatasan kapasitas, sedimentasi, penyempitan, dan penyumbatan sampah. Kondisi ini menyebabkan aliran tidak optimal dan memicu genangan saat hujan dengan intensitas tinggi. Berdasarkan hasil tersebut, diperlukan peningkatan kapasitas saluran, normalisasi dan pemeliharaan rutin, serta peningkatan partisipasi masyarakat dalam menjaga kebersihan drainase. Pengelolaan yang terintegrasi diharapkan dapat meminimalkan risiko genangan di kawasan Simpang Lima Kota Purwodadi.

Kata kunci: Drainase Perkotaan, Genangan, Limpasan Hujan, Kapasitas Saluran, Purwodadi.

1. Latar Belakang

Kota Purwodadi merupakan salah satu kawasan perkotaan yang memiliki kerentanan tinggi terhadap permasalahan banjir dan genangan akibat kondisi topografi serta perkembangan wilayah yang berlangsung secara pesat. Secara geografis, Kota Purwodadi berada pada daerah aliran sungai yang diapit oleh tiga sungai besar dan dikelilingi wilayah dengan elevasi yang lebih tinggi. Kondisi tersebut menyebabkan limpasan air hujan cenderung terkonsentrasi menuju kawasan perkotaan. Di sisi lain, perkembangan pembangunan yang semakin intensif telah mengurangi luas daerah resapan sehingga lebih dari 60% wilayah kota didominasi oleh bangunan. Berkurangnya kemampuan lahan dalam meresapkan air hujan mengakibatkan peningkatan limpasan permukaan yang pada akhirnya menimbulkan banjir dan genangan pada berbagai titik di kawasan perkotaan.

Permasalahan banjir di Kota Purwodadi tidak hanya berdampak pada terganggunya aktivitas masyarakat, tetapi juga dapat menimbulkan kerugian ekonomi, kerusakan infrastruktur, penurunan kualitas lingkungan, serta menurunkan tingkat kenyamanan hidup masyarakat. Oleh karena itu, pengelolaan sistem drainase yang efektif menjadi kebutuhan penting untuk mendukung keberlanjutan pembangunan kota. Upaya tersebut dapat dilakukan melalui penyusunan rencana induk drainase yang terintegrasi, pembangunan saluran dan gorong-gorong yang memadai, serta pemeliharaan infrastruktur drainase secara berkelanjutan sehingga fungsi sistem drainase dapat berjalan optimal dalam mengendalikan limpasan air hujan dan mengurangi risiko banjir.

Secara umum, drainase merupakan suatu sistem yang dirancang untuk mengatasi kelebihan air baik yang berada di atas maupun di bawah permukaan tanah. Drainase berfungsi mengendalikan kelebihan air agar tidak mengganggu pemanfaatan lahan dan aktivitas manusia [1]. Sejalan dengan pendapat tersebut, Fletcher dkk. (2013)

mendefinisikan drainase sebagai tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air yang berasal dari hujan, rembesan, maupun irigasi sehingga fungsi suatu kawasan tetap dapat berjalan sebagaimana mestinya [2]. Dalam konteks perkotaan, drainase menjadi bagian yang sangat penting dalam pengelolaan sumber daya air karena berfungsi mengurangi risiko banjir dan genangan yang semakin meningkat akibat tingginya curah hujan dan laju urbanisasi. Keberhasilan suatu sistem drainase sangat dipengaruhi oleh kualitas desain infrastruktur, efektivitas operasi dan pemeliharaan, serta pengelolaan yang berkelanjutan [3].

Permasalahan drainase perkotaan di Indonesia pada umumnya berkaitan erat dengan perubahan tata guna lahan yang berlangsung lebih cepat dibandingkan kemampuan sistem drainase dalam beradaptasi. Menurut Suripin (2004), pertumbuhan penduduk yang tinggi akibat urbanisasi menyebabkan peningkatan kebutuhan ruang terbangun sehingga daerah resapan air semakin berkurang [4]. Kondisi ini memicu peningkatan limpasan permukaan yang pada akhirnya membebani kapasitas saluran drainase yang ada. Akibatnya, banjir dan genangan menjadi permasalahan rutin yang terjadi terutama pada musim hujan. Selain itu, rendahnya kesadaran masyarakat dalam menjaga kebersihan saluran serta pembuangan sampah ke jaringan drainase turut memperparah terjadinya penyumbatan dan penurunan kapasitas saluran.

Di Kota Purwodadi, permasalahan banjir dapat dibedakan menjadi dua kategori utama, yaitu banjir internal dan banjir eksternal. Banjir internal terjadi akibat ketidakmampuan saluran drainase dan sungai dalam menampung debit aliran yang meningkat selama musim hujan. Kondisi ini diperparah oleh sedimentasi, penyempitan saluran, keberadaan bangunan liar di bantaran sungai, serta menurunnya fungsi infiltrasi pada daerah aliran sungai. Faktor-faktor tersebut menyebabkan peningkatan debit puncak banjir dan mempercepat waktu konsentrasi aliran sehingga kapasitas saluran menjadi tidak mencukupi. Sementara itu, banjir eksternal dipengaruhi oleh tingginya muka air Sungai Lusi dan Sungai Glugu yang berfungsi sebagai saluran pembuang utama Kota Purwodadi. Ketika muka air kedua sungai tersebut meningkat, proses pembuangan air dari sistem drainase kota menjadi terhambat sehingga genangan dan banjir lebih mudah terjadi.

Faktor penyebab banjir di Kota Purwodadi berasal dari berbagai aspek yang saling berkaitan. Faktor alam meliputi curah hujan lokal yang tinggi serta besarnya debit aliran dari daerah hulu. Faktor fisik wilayah mencakup kondisi topografi, karakteristik sungai, penyempitan alur, sedimentasi, kemiringan saluran, serta genangan yang terjadi pada Sungai Glugu dan Sungai Lusi. Selain itu, faktor antropogenik seperti perubahan tata guna lahan, pengelolaan operasi dan pemeliharaan yang kurang optimal, serta pembangunan infrastruktur yang tidak memperhatikan aspek hidrologi turut berkontribusi terhadap peningkatan risiko banjir. Sampai saat ini, belum tersedia pendekatan yang benar-benar komprehensif untuk mengatasi permasalahan banjir internal maupun eksternal di Kota Purwodadi karena belum tersusunnya rencana induk drainase yang mampu mengintegrasikan seluruh aspek penanganan secara menyeluruh.

Dalam sistem perkotaan, drainase memiliki fungsi yang jauh lebih luas daripada sekadar mengalirkan air hujan. Drainase berperan dalam menjaga produktivitas lahan, meningkatkan daya dukung tanah untuk pembangunan, menjaga kesehatan lingkungan dengan mengurangi potensi berkembangnya vektor penyakit, serta meningkatkan kualitas lanskap perkotaan. Oleh karena itu, sistem drainase harus dirancang dengan mempertimbangkan keterkaitannya dengan tata guna lahan, rencana induk drainase kota, serta aspek sosial budaya masyarakat. Sistem drainase yang baik mampu mengalirkan kelebihan air secara aman menuju badan air penerima tanpa menimbulkan erosi, pencemaran, maupun genangan yang dapat mengganggu aktivitas masyarakat.

Sistem drainase dapat berupa sistem jaringan maupun sistem resapan [1]. Sistem jaringan mengalirkan air melalui saluran-saluran yang saling terhubung dan dilengkapi bangunan pendukung, sedangkan sistem resapan mengembalikan air ke dalam tanah melalui proses infiltrasi. Dalam praktiknya, sistem jaringan drainase terdiri atas saluran interseptor, kolektor, konveyor, saluran induk, dan badan air penerima yang bekerja secara terpadu dalam mengendalikan aliran air. Pada kawasan perkotaan yang tingkat pembangunan lahannya tinggi seperti Kota Purwodadi, sistem jaringan drainase menjadi komponen utama yang menentukan keberhasilan pengendalian banjir dan genangan.

Banjir sendiri didefinisikan sebagai kondisi ketika air tidak dapat tertampung dalam saluran pembuang atau terjadi hambatan aliran sehingga air meluap dan menggenangi wilayah di sekitarnya. Banjir dapat menimbulkan kerugian materiil maupun korban jiwa apabila tidak ditangani dengan baik. Salah satu penyebab utama banjir adalah ketidakmampuan kapasitas saluran dalam menampung debit aliran yang terjadi. Oleh karena itu, evaluasi kapasitas drainase perlu dilakukan secara berkala agar sistem yang ada mampu mengakomodasi debit banjir rencana sesuai dengan kondisi perkembangan wilayah.

Evaluasi sistem drainase memerlukan analisis hidrologi untuk menentukan besarnya curah hujan dan debit banjir rencana yang akan digunakan dalam perencanaan. Analisis hidrologi bertujuan memperkirakan besarnya limpasan yang harus dialirkan oleh saluran drainase sehingga dapat ditentukan apakah kapasitas saluran eksisting masih memadai atau perlu dilakukan peningkatan kapasitas. Menurut Suripin (2004), analisis hidrologi merupakan bagian penting dalam perencanaan berbagai bangunan air, termasuk sistem drainase perkotaan, karena debit aliran sangat dipengaruhi oleh karakteristik curah hujan yang bersifat dinamis dan berubah-ubah [4]. Penentuan debit rencana harus dilakukan secara tepat agar tidak menghasilkan saluran yang terlalu kecil sehingga menimbulkan banjir ataupun terlalu besar sehingga tidak ekonomis.

Berdasarkan kriteria desain hidrologi sistem drainase perkotaan, daerah tangkapan dengan luas kurang dari 500 hektar umumnya dianalisis menggunakan metode Rasional dengan periode ulang tertentu sesuai karakteristik kawasan. Metode ini banyak digunakan dalam perencanaan drainase perkotaan karena relatif sederhana dan mampu memperkirakan debit puncak limpasan berdasarkan hubungan antara intensitas hujan, luas daerah tangkapan, dan koefisien limpasan. Penggunaan metode tersebut menjadi relevan untuk mengevaluasi kesiapan sistem drainase kawasan Alun-Alun Kota Purwodadi dalam menghadapi curah hujan dan potensi banjir pada periode ulang yang direncanakan.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat dipahami bahwa permasalahan banjir di Kota Purwodadi merupakan hasil interaksi kompleks antara kondisi topografi, perubahan tata guna lahan, tingginya curah hujan, keterbatasan kapasitas saluran, sedimentasi, serta pengaruh muka air Sungai Lusi dan Sungai Glugu. Kondisi ini menunjukkan pentingnya evaluasi terhadap sistem drainase eksisting, khususnya di kawasan Alun-Alun Kota Purwodadi sebagai salah satu pusat aktivitas perkotaan. Melalui analisis hidrologi dan hidrolika yang komprehensif, kapasitas saluran drainase dapat dievaluasi sehingga diperoleh rekomendasi teknis yang tepat untuk meningkatkan efektivitas sistem drainase, mengurangi risiko genangan dan banjir, serta mendukung pembangunan Kota Purwodadi yang lebih berkelanjutan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada kawasan Alun-Alun Kota Purwodadi yang secara administratif terletak di Kelurahan Brambangan, Kecamatan Purwodadi, Jawa Tengah, Indonesia. Kawasan penelitian memiliki luas sekitar 2.181,26 ha dan merupakan salah satu pusat aktivitas masyarakat dengan penggunaan lahan yang didominasi oleh permukiman penduduk, area perdagangan dan usaha kecil menengah, rumah ibadah, serta jaringan jalan beraspal. Kondisi tata guna lahan tersebut menyebabkan meningkatnya limpasan permukaan ketika terjadi hujan dengan intensitas tinggi sehingga memengaruhi kapasitas sistem drainase perkotaan [4].

Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah metode kuantitatif dengan pendekatan analisis hidrologi dan hidrolika untuk mengevaluasi kapasitas saluran drainase eksisting pada wilayah Alun-Alun Kota Purwodadi. Penelitian dilakukan melalui tahapan pengumpulan data, pengolahan data hidrologi, analisis debit banjir rencana, dan evaluasi kapasitas saluran drainase. Pendekatan kuantitatif dipilih karena mampu memberikan hasil analisis yang terukur berdasarkan parameter hidrologi dan hidrolika yang berlaku secara umum dalam perencanaan drainase perkotaan [5].

Data yang digunakan dalam penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui survei lapangan dengan melakukan observasi langsung pada lokasi penelitian. Survei dilakukan untuk mengetahui kondisi eksisting saluran drainase, dimensi saluran, arah aliran, kondisi sedimentasi, serta hambatan aliran yang terdapat pada saluran drainase di kawasan Alun-Alun Purwodadi. Pengukuran dilakukan secara langsung menggunakan alat ukur lapangan untuk memperoleh data dimensi saluran yang meliputi lebar, tinggi, dan kedalaman saluran. Selain itu, dilakukan dokumentasi kondisi lapangan sebagai bahan pendukung analisis.

Data sekunder diperoleh dari beberapa instansi terkait, yaitu Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pemali Juana dan instansi pemerintah daerah setempat. Data sekunder yang digunakan meliputi data curah hujan harian maksimum tahunan dari tahun 2015–2024, data catchment area, serta data jaringan drainase kawasan penelitian. Data curah hujan diperoleh dari tiga stasiun hujan terdekat yang dianggap mewakili kondisi hidrologi wilayah penelitian. Penggunaan data hujan dari beberapa stasiun bertujuan untuk meningkatkan akurasi analisis debit banjir rencana [6].

Tahap pengolahan data diawali dengan analisis frekuensi curah hujan untuk menentukan besarnya hujan rencana pada beberapa kala ulang. Analisis frekuensi dilakukan menggunakan distribusi probabilitas yang umum digunakan dalam analisis hidrologi, yaitu distribusi Log Pearson Tipe III, distribusi Gumbel, dan distribusi Log Normal. Ketiga metode tersebut digunakan karena memiliki karakteristik yang sesuai untuk analisis data hidrologi, khususnya dalam menentukan probabilitas hujan ekstrem pada suatu daerah tangkapan air [7].

Parameter statistik yang digunakan dalam analisis frekuensi meliputi nilai rata-rata, simpangan baku, koefisien variasi, dan koefisien kemencengan (skewness). Berdasarkan parameter tersebut kemudian dilakukan perhitungan curah hujan rencana untuk kala ulang 2 tahun, 5 tahun, dan 10 tahun. Pemilihan kala ulang tersebut disesuaikan dengan standar perencanaan drainase perkotaan yang umumnya menggunakan kala ulang rendah hingga menengah untuk kawasan perkotaan [8].

Selanjutnya dilakukan uji kecocokan distribusi untuk menentukan jenis distribusi probabilitas yang paling sesuai terhadap data curah hujan yang digunakan. Uji kecocokan distribusi dilakukan menggunakan metode Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov. Uji Chi-Kuadrat digunakan untuk membandingkan distribusi frekuensi teoritis dengan distribusi frekuensi hasil pengamatan, sedangkan uji Smirnov-Kolmogorov digunakan untuk mengetahui tingkat penyimpangan maksimum antara distribusi empiris dan distribusi teoritis [9]. Distribusi yang memenuhi syarat pengujian selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam penentuan hujan rencana.

Setelah diperoleh curah hujan rencana, tahap berikutnya adalah menghitung intensitas curah hujan dan waktu konsentrasi. Waktu konsentrasi merupakan waktu yang dibutuhkan air hujan untuk mengalir dari titik terjauh daerah tangkapan menuju titik pengamatan pada saluran drainase. Nilai waktu konsentrasi sangat berpengaruh terhadap besarnya intensitas hujan yang digunakan dalam perhitungan debit banjir rencana [10].

Perhitungan debit banjir rencana pada penelitian ini menggunakan metode Rasional. Metode Rasional merupakan salah satu metode yang umum digunakan dalam perencanaan drainase perkotaan karena sederhana dan sesuai untuk daerah tangkapan air dengan luas relatif kecil. Persamaan metode Rasional dinyatakan sebagai berikut:

$$Q = 0,278 C I A$$

Keterangan:

Q = debit banjir rencana (m³/det)

C = koefisien limpasan

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas daerah tangkapan air (km²)

Metode Rasional didasarkan pada asumsi bahwa debit puncak terjadi ketika seluruh daerah tangkapan telah memberikan kontribusi aliran terhadap titik pengamatan. Selain itu, durasi hujan dianggap sama dengan waktu konsentrasi daerah aliran [11]. Nilai koefisien limpasan ditentukan berdasarkan kondisi tata guna lahan pada kawasan penelitian, sedangkan luas daerah tangkapan diperoleh dari data catchment area wilayah Alun-Alun Purwodadi.

Tahap akhir penelitian dilakukan dengan analisis hidrolika untuk mengevaluasi kapasitas saluran drainase eksisting. Analisis dilakukan dengan membandingkan debit banjir rencana hasil perhitungan metode Rasional terhadap kapasitas tampungan saluran drainase yang ada di lapangan. Apabila kapasitas saluran lebih kecil dibandingkan debit banjir rencana, maka saluran dinyatakan tidak mampu menampung debit limpasan sehingga diperlukan perencanaan ulang dimensi saluran drainase. Evaluasi ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas sistem drainase eksisting dalam mengendalikan limpasan permukaan pada kawasan Alun-Alun Kota Purwodadi.

Hasil analisis kemudian digunakan sebagai dasar dalam merencanakan dimensi saluran drainase yang sesuai dengan debit banjir rencana periode ulang 10 tahun. Perencanaan dilakukan dengan mempertimbangkan kapasitas aliran saluran agar sistem drainase dapat berfungsi secara optimal dalam mengurangi potensi genangan dan banjir pada kawasan penelitian.

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Hasil

Hasil analisis curah hujan maksimum dari tiga stasiun pengamatan (Sanggeh, Purwodadi, dan Semen) menunjukkan adanya fluktuasi nilai curah hujan tahunan pada periode 2015–2024. Nilai rata-rata curah hujan wilayah berkisar antara 77,67 mm hingga 111,67 mm, dengan nilai tertinggi terjadi pada tahun 2023. Variasi ini menunjukkan bahwa data hujan memiliki karakteristik tidak stasioner secara sederhana, sehingga diperlukan pendekatan probabilistik untuk penentuan hujan rencana.

Berdasarkan analisis frekuensi menggunakan tiga distribusi probabilitas (Log Pearson Tipe III, Gumbel, dan Log Normal), diperoleh bahwa seluruh metode menghasilkan peningkatan nilai curah hujan seiring bertambahnya periode ulang. Namun, besarnya berbeda antar distribusi, di mana distribusi Gumbel cenderung menghasilkan nilai yang lebih tinggi pada periode ulang besar.

Tabel 1. Kombinasi periode ulang tahunan (mm).

Periode Ulang (T)	Distribusi Log Pearson Type III	Distribusi Gumbel	Distribusi Log Normal
2	102,919 mm	98,91065 mm	99,577 mm
5	111,992 mm	114,6816 mm	111,7 mm
10	116,834 mm	125,1224 mm	118,83 mm
25	117,77 mm	138,3155 mm	126,443 mm
50	118,80 mm	148,1036 mm	132,905 mm
100	119,391 mm	157,8177 mm	138,77 mm

Hasil uji kesesuaian distribusi menggunakan Chi-Kuadrat menunjukkan bahwa distribusi Gumbel merupakan satu-satunya distribusi yang memenuhi kriteria statistik, dengan nilai χ^2 hitung lebih kecil dari χ^2 tabel. Sementara itu, distribusi Log Pearson Tipe III dan Log Normal tidak memenuhi syarat kesesuaian data. Meskipun uji Smirnov Kolmogorov menunjukkan adanya deviasi pada semua distribusi, hasil keseluruhan tetap mengarah pada pemilihan distribusi Gumbel sebagai model hujan rencana.

Berdasarkan distribusi terpilih tersebut, diperoleh nilai hujan rencana yang kemudian digunakan untuk analisis intensitas hujan menggunakan metode Mononobe. Hasil menunjukkan bahwa intensitas hujan meningkat seiring bertambahnya periode ulang, dengan kisaran 98,80 mm/jam hingga 112,16 mm/jam untuk periode 2 hingga 10 tahun. Peningkatan ini berpengaruh langsung terhadap besarnya limpasan permukaan.

Perhitungan debit banjir menggunakan metode rasional menunjukkan peningkatan debit seiring bertambahnya periode ulang. Debit banjir yang diperoleh adalah 6,001 m³/det (2 tahun), 6,530 m³/det (5 tahun), dan 6,813 m³/det (10 tahun).

Tabel 2. Debit Banjir Rencana

T (tahun)	Q (m ³ /det)
2	6,001
5	6,530
10	6,813

Hasil analisis hidraulika menunjukkan bahwa kapasitas saluran eksisting hanya sebesar 2,252 m³/det, yang jauh lebih kecil dibandingkan debit banjir rencana. Hal ini mengindikasikan bahwa saluran tidak mampu menampung limpasan pada kondisi hujan rencana, sehingga berpotensi terjadi genangan pada wilayah studi.

Sebagai solusi, dilakukan perencanaan ulang dimensi saluran menjadi 2,5 m × 2 m. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kapasitas saluran meningkat menjadi 7,745 m³/det, sehingga lebih besar dari debit banjir rencana maksimum. Dengan demikian, saluran hasil redesign dinyatakan aman terhadap kondisi hidrologi rencana.

Tabel 3. Kapasitas Saluran

Kondisi	Q (m ³ /det)
Eksisting	2,252
Rencana	7,745

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa ketidaksesuaian antara kapasitas saluran eksisting dan debit banjir rencana menjadi penyebab utama potensi genangan. Pemilihan distribusi Gumbel memberikan representasi paling sesuai terhadap karakteristik data hujan ekstrem di wilayah studi. Selain itu, peningkatan dimensi saluran terbukti efektif dalam meningkatkan kapasitas drainase sehingga mampu mengakomodasi debit banjir rencana.

3.2 Diskusi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa curah hujan maksimum tahunan pada wilayah studi memiliki variasi yang cukup tinggi selama periode pengamatan. Variasi tersebut mengindikasikan bahwa kejadian hujan ekstrem tidak terjadi secara seragam setiap tahun, melainkan dipengaruhi oleh dinamika kondisi atmosfer dan karakteristik iklim setempat. Kondisi ini menyebabkan analisis frekuensi hujan menjadi tahapan yang sangat penting dalam perencanaan sistem drainase, karena mampu menggambarkan peluang terjadinya hujan ekstrem pada periode ulang tertentu. Berdasarkan hasil analisis statistik, distribusi Gumbel dipilih sebagai distribusi yang paling sesuai untuk menggambarkan karakteristik data curah hujan maksimum tahunan. Pemilihan distribusi tersebut didasarkan pada hasil uji kesesuaian yang menunjukkan bahwa distribusi Gumbel memiliki tingkat kecocokan terbaik dibandingkan distribusi lainnya. Penggunaan distribusi Gumbel pada penelitian ini dinilai tepat karena data yang dianalisis merupakan data kejadian maksimum tahunan yang secara umum termasuk dalam kategori data ekstrem. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pendekatan probabilistik masih relevan digunakan dalam perencanaan hidrologi untuk memperkirakan besarnya hujan rencana yang akan digunakan sebagai dasar perhitungan debit banjir.

Berdasarkan hasil analisis frekuensi, diperoleh kecenderungan bahwa semakin besar periode ulang yang digunakan maka semakin besar pula curah hujan rencana yang dihasilkan. Hubungan tersebut sesuai dengan konsep probabilitas hidrologi yang menyatakan bahwa kejadian dengan peluang terlampaui yang semakin kecil akan menghasilkan besaran hujan yang semakin besar. Curah hujan rencana dengan periode ulang yang tinggi menggambarkan kejadian hujan yang relatif jarang terjadi, namun memiliki intensitas yang lebih besar dibandingkan hujan dengan periode ulang yang lebih rendah. Kondisi ini menunjukkan bahwa pemilihan periode ulang menjadi faktor yang sangat penting dalam perencanaan sistem drainase karena akan mempengaruhi besarnya debit rencana yang harus ditampung oleh saluran. Menurut Lee et al. (2025), penentuan hujan rencana yang sesuai merupakan salah satu komponen utama dalam desain sistem pengendalian banjir karena berpengaruh langsung terhadap tingkat keamanan infrastruktur drainase terhadap kejadian hujan ekstrem [11].

Peningkatan curah hujan rencana tersebut memberikan dampak langsung terhadap peningkatan intensitas hujan dan debit banjir rencana yang diperoleh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa debit banjir rencana meningkat dari 6,001 m³/det pada periode ulang 2 tahun menjadi 6,813 m³/det pada periode ulang 10 tahun. Kenaikan debit tersebut menunjukkan bahwa sistem hidrologi pada wilayah studi memiliki sensitivitas yang cukup tinggi terhadap perubahan intensitas hujan. Semakin besar curah hujan yang terjadi maka semakin besar pula volume limpasan permukaan yang terbentuk sehingga debit aliran yang harus dialirkan oleh sistem drainase meningkat. Fenomena tersebut umum terjadi pada kawasan perkotaan yang memiliki proporsi lahan kedap air relatif tinggi. Permukaan yang tertutup bangunan, jalan, dan perkerasan menyebabkan kemampuan infiltrasi tanah menurun sehingga sebagian besar air hujan berubah menjadi limpasan permukaan. Hasil penelitian Li et al. (2021) menunjukkan bahwa variasi karakteristik hujan, baik dari segi intensitas maupun distribusi temporalnya, dapat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap besarnya limpasan dan potensi genangan yang terjadi pada kawasan perkotaan [12].

Kondisi tersebut semakin diperkuat oleh perkembangan kawasan perkotaan yang terus berlangsung. Peningkatan luas lahan terbangun menyebabkan berkurangnya daerah resapan sehingga respon hidrologi kawasan terhadap hujan menjadi lebih cepat. Air hujan yang sebelumnya dapat meresap ke dalam tanah kini lebih banyak mengalir di permukaan menuju saluran drainase. Akibatnya, debit puncak yang masuk ke dalam sistem drainase menjadi

lebih besar dibandingkan kondisi sebelumnya. Perubahan tata guna lahan semacam ini merupakan salah satu faktor utama yang menyebabkan peningkatan risiko banjir perkotaan. Oleh karena itu, evaluasi kapasitas saluran drainase perlu dilakukan secara berkala agar mampu menyesuaikan dengan perkembangan kondisi wilayah dan karakteristik hujan yang terus berubah.

Hasil analisis hidraulika menunjukkan bahwa kapasitas saluran drainase eksisting hanya sebesar 2,252 m³/det. Nilai tersebut jauh lebih kecil dibandingkan debit banjir rencana yang diperoleh pada seluruh periode ulang yang dianalisis. Perbedaan kapasitas yang cukup besar menunjukkan bahwa saluran drainase eksisting tidak lagi mampu menampung debit limpasan yang terjadi pada saat hujan rencana. Secara teknis, kondisi tersebut mengindikasikan bahwa sistem drainase mengalami penurunan tingkat pelayanan sehingga berpotensi menimbulkan genangan maupun luapan saluran ketika terjadi hujan dengan intensitas tinggi. Hasil penelitian Rahma et al. (2024) menunjukkan bahwa ketidaksesuaian antara kapasitas saluran dan debit limpasan merupakan salah satu penyebab utama terjadinya genangan pada kawasan perkotaan [13]. Ketika kapasitas saluran lebih kecil dibandingkan debit yang harus dialirkan, maka air akan meluap keluar saluran dan menggenangi area di sekitarnya.

Rendahnya kapasitas saluran eksisting juga dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor lain seperti sedimentasi, penyempitan penampang saluran, kurangnya pemeliharaan, maupun perubahan karakteristik daerah tangkapan yang tidak diperhitungkan pada saat desain awal. Saluran yang dirancang berdasarkan kondisi hidrologi masa lalu sering kali tidak lagi mampu memberikan tingkat pelayanan yang memadai ketika terjadi perubahan tata guna lahan dan peningkatan intensitas hujan. Oleh karena itu, evaluasi terhadap kapasitas saluran menjadi langkah penting dalam upaya mengurangi risiko banjir dan meningkatkan kinerja sistem drainase perkotaan.

Berdasarkan hasil evaluasi tersebut dilakukan perencanaan ulang dimensi saluran untuk meningkatkan kapasitas aliran. Hasil perencanaan menunjukkan bahwa kapasitas saluran setelah dilakukan redesain meningkat menjadi 7,745 m³/det. Nilai tersebut lebih besar dibandingkan debit banjir rencana periode ulang 10 tahun sebesar 6,813 m³/det sehingga secara hidraulik saluran hasil perencanaan ulang dinilai mampu mengakomodasi debit yang terjadi. Peningkatan kapasitas saluran tersebut menunjukkan bahwa modifikasi dimensi penampang masih menjadi solusi yang efektif untuk mengatasi permasalahan drainase pada kawasan penelitian. Dengan kapasitas yang lebih besar, saluran memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mengalirkan limpasan sehingga risiko terjadinya luapan dan genangan dapat diminimalkan.

Hasil penelitian ini sejalan dengan Sim dan Kim (2024) yang menyatakan bahwa kapasitas jaringan drainase merupakan faktor utama yang menentukan keberhasilan sistem dalam mengendalikan banjir perkotaan [14]. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa perubahan karakteristik jaringan drainase akan berpengaruh secara langsung terhadap kemampuan sistem dalam mengalirkan limpasan dan mengurangi genangan. Semakin baik kapasitas dan kinerja jaringan drainase maka semakin kecil risiko terjadinya banjir pada kawasan perkotaan. Oleh karena itu, peningkatan kapasitas saluran melalui perencanaan ulang dimensi penampang dapat menjadi salah satu alternatif yang efektif dalam meningkatkan tingkat pelayanan sistem drainase.

Selain meningkatkan kapasitas saluran, upaya pengendalian banjir perkotaan juga perlu mempertimbangkan aspek keberlanjutan. Sweetapple et al. (2021) menjelaskan bahwa sistem drainase perkotaan menghadapi tantangan yang semakin besar akibat perkembangan wilayah dan perubahan iklim [15]. Infrastruktur drainase yang pada awalnya mampu melayani kebutuhan kawasan dapat mengalami penurunan kinerja meningkatnya limpasan permukaan. Oleh karena itu, pengelolaan drainase tidak hanya berfokus pada peningkatan kapasitas saluran, tetapi juga perlu didukung oleh pengendalian tata guna lahan, peningkatan area resapan, serta penerapan konsep drainase berkelanjutan. Pendekatan tersebut bertujuan untuk mengurangi volume limpasan yang masuk ke dalam sistem drainase sehingga beban saluran dapat dikurangi.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas saluran drainase eksisting tidak mampu mengakomodasi debit banjir rencana yang terjadi pada wilayah studi. Ketidaksesuaian antara kapasitas saluran sebesar 2,252 m³/det dan debit banjir rencana hingga 6,813 m³/det menjadi faktor utama yang berpotensi menyebabkan genangan pada kawasan penelitian. Perencanaan ulang saluran yang menghasilkan kapasitas sebesar 7,745 m³/det terbukti mampu meningkatkan tingkat keamanan sistem drainase terhadap debit banjir rencana. Hasil tersebut menunjukkan bahwa evaluasi dan pembaruan desain drainase berdasarkan data hidrologi aktual merupakan langkah yang sangat penting dalam menjaga kinerja sistem drainase perkotaan. Dengan mempertimbangkan perkembangan tata guna lahan, perubahan karakteristik hujan, serta peningkatan risiko banjir akibat perubahan iklim, sistem drainase yang dirancang berdasarkan kondisi terkini akan memiliki tingkat

keandalan yang lebih tinggi dalam mengurangi potensi genangan dan mendukung pengelolaan kawasan perkotaan yang berkelanjutan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis hidrologi dan hidrolika yang telah dilakukan, sistem drainase pada wilayah Alun-Alun Kota Purwodadi saat ini sudah tidak mampu menampung debit banjir rencana yang akan datang. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa debit banjir rencana untuk kala ulang 10 tahun mencapai 7,745 m³/det, sedangkan kapasitas tampungan saluran eksisting hanya sebesar 2,252 m³/det. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kapasitas saluran drainase yang ada tidak lagi memadai untuk mengalirkan debit limpasan sehingga berpotensi menimbulkan genangan atau banjir pada kawasan Alun-Alun Purwodadi. Upaya penanganan yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan melakukan pelebaran dan peningkatan dimensi saluran drainase. Berdasarkan hasil perencanaan, dimensi saluran yang direkomendasikan adalah lebar 2,5 m × tinggi 2 m. Dimensi tersebut mampu menghasilkan kapasitas tampungan debit sebesar 7,745 m³/det sehingga dapat menampung debit banjir rencana untuk periode ulang 10 tahun. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi pihak terkait dalam perencanaan pengembangan dan perbaikan sistem drainase di kawasan Alun-Alun Kota Purwodadi agar risiko genangan dapat diminimalkan di masa mendatang.

Referensi

1. Babovic, F., A. Mijic, and K. Madani, "Decision making under deep uncertainty for adapting urban drainage systems to change," *Urban Water Journal*, vol. 15, no. 6, pp. 552–560, 2018, doi: 10.1080/1573062X.2018.1525298.
2. Fletcher, T. D., W. Shuster, W. F. Hunt, R. Ashley, D. Butler, S. Arthur, et al., "SUDS, LID, BMPs and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage," *Urban Water Journal*, vol. 12, no. 7, pp. 525–542, 2015, doi: 10.1080/1573062X.2014.916314.
3. Brown, R. R., N. Keath, and T. H. F. Wong, "Urban water management in cities: Historical, current and future regimes," *Water Science and Technology*, vol. 59, no. 5, pp. 847–855, 2009, doi: 10.2166/wst.2009.029.
4. Suripin, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta, Indonesia: Andi Offset, 2004.
5. Hassini, S., and Y. Guo, "Analytical derivation of urban flood frequency models accounting saturation-excess runoff generation," *Journal of Hydrology*, vol. 584, p. 124713, 2020, doi: 10.1016/j.jhydrol.2020.124713.
6. Hoang, L., and R. A. Fenner, "System interactions of stormwater management using sustainable urban drainage systems," *Urban Water Journal*, vol. 12, no. 2, pp. 147–158, 2015, doi: 10.1080/1573062X.2013.830092.
7. Jacobson, C. R., "Identification and quantification of the hydrological impacts of imperviousness in urban catchments," *Journal of Environmental Management*, vol. 92, no. 6, pp. 1438–1448, 2011, doi: 10.1016/j.jenvman.2011.01.018.
8. Gunawan, G., "Analisis data hidrologi Sungai Air Bengkulu menggunakan metode statistik," *Jurnal Inersia*, vol. 9, no. 1, pp. 47–58, 2017.
9. Ramadhan, S., E. Mulyandari, and R. Arbianto, "Analisis dan Perencanaan Ulang Drainase Jalan Solo–Purwodadi," 2022.
10. United States Soil Conservation Service (US SCS), *National Engineering Handbook*. Washington, DC, USA: USDA, 1993.
11. Lee, K. T., T. C. Chien, W. S. Yu, et al., "Evaluating Design Rainstorm Durations for Urban Flood Control," *Earth*, vol. 6, no. 2, p. 53, 2025, doi: 10.3390/earth6020053.
12. Li, T., G. Lee, and G. Kim, "Case Study of Urban Flood Inundation Impact of Temporal Variability in Rainfall Events," *Water*, vol. 13, no. 23, p. 3438, 2021, doi: 10.3390/w13233438.
13. Rahma, S. L., Sunarsih, and Mussadun, "Assessing Urban Flooding and Drainage System Performance in Urban Area: A Mononobe Equation and Manning Formula Approach," *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (JPST)*, vol. 14, no. 3, pp. 463–475, 2024, doi: 10.29244/jpst.14.3.463.
14. Sim, S. B., and H. J. Kim, "The Impact of Storm Sewer Network Simplification and Rainfall Runoff Methods on Urban Flood Analysis," *Water*, vol. 16, no. 22, p. 3307, 2024, doi: 10.3390/w16223307.
15. Sweetapple, C., G. Fu, R. Farmani, D. Butler, and D. Savic, "Assessing resilience of a dual drainage urban system to redevelopment and climate change," *Journal of Hydrology*, vol. 596, p. 126101, 2021, doi: 10.1016/j.jhydrol.2021.126101.