

Analisis Debit Banjir Rencana Saluran Drainase (Studi Kasus Jalan Tol Yogyakarta – Bawen Paket 1 Seksi 6)

Sandi Ario Sigit*

Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia

sandiariosigit@students.unnes.ac.id*

Copyright©2026 by authors. Authors agree that this article remains permanently open access under the terms of the Creative Commons

Abstrak

Saluran drainase jalan tol berperan penting dalam menjaga keselamatan dan keberlanjutan kinerja infrastruktur dengan mengendalikan limpasan air hujan agar tidak menimbulkan genangan maupun kerusakan perkerasan. Penentuan debit banjir rencana menjadi tahap krusial dalam perencanaan sistem drainase karena digunakan sebagai dasar penentuan kapasitas saluran dalam mengalirkan debit puncak akibat hujan ekstrem. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis debit banjir rencana pada saluran drainase Jalan Tol Yogyakarta–Bawen Paket 1 Seksi 6, khususnya di kawasan Simpang Susun Ambarawa, berdasarkan karakteristik curah hujan dan kondisi hidrologi setempat. Analisis dilakukan melalui pendekatan hidrologi dengan analisis frekuensi hujan dan perhitungan debit menggunakan Metode Rasional. Batasan penelitian ini adalah analisis hanya difokuskan pada penentuan debit banjir rencana dengan kala ulang 50 tahun (Q50). Hasil analisis menunjukkan bahwa debit banjir rencana kala ulang 50 tahun (Q50) pada daerah tangkapan penelitian sebesar 0,50 m³/s. Nilai tersebut mencerminkan karakteristik respons hidrologi wilayah yang cepat akibat dominasi permukaan kedap air dan kondisi topografi yang mempercepat aliran permukaan menuju saluran drainase. Debit banjir rencana Q50 yang diperoleh menjadi parameter penting sebagai dasar perencanaan dan evaluasi sistem drainase agar mampu mengalirkan debit puncak secara aman tanpa menimbulkan genangan pada badan jalan tol. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam perencanaan drainase jalan tol pada wilayah dengan karakteristik hidrologi yang serupa.

Kata kunci: jalan tol, saluran drainase, debit banjir rencana, metode rasional, Q50

Abstract

Drainage channels are a critical component of toll road infrastructure, playing a key role in ensuring safety and long term performance by effectively controlling stormwater runoff to prevent inundation and pavement deterioration. The determination of design flood discharge constitutes a fundamental stage in drainage system planning, as it provides the basis for defining channel capacity to convey peak flows generated by extreme rainfall events. This study aims to analyze the design flood discharge for the drainage system of the Yogyakarta–Bawen Toll Road Package 1 Section 6, with a specific focus on the Ambarawa Interchange area, based on local rainfall characteristics and hydrological conditions. The analysis was

conducted using a hydrological approach involving rainfall frequency analysis and discharge estimation based on the Rational Method. The scope of this study is limited to the determination of the design flood discharge for a 50 year return period (Q50). The results indicate that the design flood discharge with a 50 year return period (Q50) for the study catchment is 0.50 m³/s. This magnitude reflects the rapid hydrological response of the area, which is influenced by the predominance of impervious surfaces and topographic conditions that accelerate surface runoff toward the drainage channel. The estimated Q50 discharge serves as a key parameter for the planning and evaluation of drainage systems to ensure the safe conveyance of peak flows without causing inundation on the toll road pavement. The findings of this study are expected to contribute as a reference for toll road drainage planning in areas with comparable hydrological characteristics.

Keywords: toll road, drainage system, design flood discharge, Rational Method, Q50

Pendahuluan

Saluran drainase jalan tol merupakan komponen penting dalam menjamin keselamatan dan keberlanjutan kinerja infrastruktur jalan. Fungsi utama saluran drainase adalah mengalirkan air hujan dan limpasan permukaan secara cepat dan terkendali agar tidak menimbulkan genangan yang dapat merusak perkerasan serta mengganggu operasional jalan tol (Suripin, 2004). Oleh karena itu, perencanaan saluran drainase yang memadai sangat diperlukan untuk menjaga tingkat pelayanan jalan tol.

Penentuan debit banjir rencana merupakan tahapan krusial dalam perencanaan sistem drainase, karena menjadi dasar dalam menentukan kapasitas saluran agar mampu mengalirkan debit puncak akibat hujan ekstrem. Ketidaktepatan dalam penentuan debit banjir rencana dapat menyebabkan kegagalan fungsi drainase, khususnya pada infrastruktur dengan tingkat pelayanan tinggi seperti jalan tol (Triatmodjo, 2008). Penentuan debit banjir rencana umumnya dilakukan melalui analisis hidrologi dengan pendekatan analisis frekuensi hujan menggunakan distribusi probabilitas tertentu yang telah diuji kecocokannya secara statistik. Selain itu, perencanaan sistem drainase jalan harus didasarkan pada debit banjir rencana dengan kala ulang tertentu yang disesuaikan dengan fungsi dan tingkat pelayanan jalan, sehingga saluran drainase mampu mengalirkan limpasan permukaan secara aman tanpa menimbulkan genangan pada badan jalan (Departemen Pekerjaan Umum, 2006).

Jalan Tol Yogyakarta–Bawen Paket 1 Seksi 6, khususnya pada kawasan Simpang Susun Ambarawa, berada pada wilayah dengan curah hujan relatif tinggi dan daerah tangkapan yang kecil namun memiliki respon hidrologi yang cepat. Kondisi tersebut berpotensi menghasilkan debit puncak yang besar dalam waktu singkat sehingga meningkatkan risiko genangan apabila kapasitas saluran tidak direncanakan secara tepat. Namun demikian, kajian debit banjir rencana pada ruas jalan tol ini masih terbatas, terutama yang didasarkan pada analisis curah hujan ekstrem dengan pemilihan distribusi probabilitas yang telah diuji secara statistik.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis debit banjir rencana pada saluran drainase Jalan Tol Yogyakarta–Bawen Paket 1 Seksi 6 berdasarkan karakteristik curah hujan dan kondisi hidrologi setempat. Batasan penelitian ini adalah analisis hanya

difokuskan pada penentuan debit banjir rencana dengan kala ulang 50 tahun (Q50) dan tidak mencakup analisis hidraulika saluran maupun evaluasi kapasitas bangunan drainase secara rinci.

Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang dipaparkan, dapat dikemukakan rumusan permasalahan sebagai berikut:

Berapa besar debit banjir rencana kala ulang 50 tahun (Q50) pada saluran drainase Jalan Tol Yogyakarta–Bawen Paket 1 Seksi 6 berdasarkan analisis hidrologi?

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis karakteristik curah hujan maksimum tahunan pada wilayah studi menggunakan analisis frekuensi hujan.
2. Menganalisis debit banjir rencana kala ulang 50 tahun (Q50) pada saluran drainase Jalan Tol Yogyakarta–Bawen Paket 1 Seksi 6 menggunakan Metode Rasional.

Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat menambah referensi ilmiah dan memperkaya kajian dalam bidang hidrologi, khususnya terkait analisis debit banjir rencana pada saluran drainase jalan tol.

2. Manfaat Praktis

Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan teknis dalam perencanaan dan evaluasi kapasitas saluran drainase jalan tol, khususnya pada wilayah dengan karakteristik hidrologi yang serupa, serta mendukung upaya mitigasi risiko genangan dan kerusakan infrastruktur jalan.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif deskriptif dengan pendekatan analisis hidrologi. Penelitian dilakukan untuk menentukan debit banjir rencana pada saluran drainase jalan berdasarkan data curah hujan harian maksimum. Data yang digunakan merupakan data sekunder berupa data curah hujan, luas daerah tangkapan, serta karakteristik fisik wilayah studi.

Tahapan penelitian meliputi pengumpulan dan pengolahan data curah hujan, analisis frekuensi hujan menggunakan distribusi probabilitas yang sesuai, serta penentuan hujan dan intensitas hujan rencana untuk kala ulang tertentu. Selanjutnya, debit banjir rencana dihitung menggunakan metode hidrologi yang relevan, seperti Metode Rasional. Hasil perhitungan debit banjir rencana dianalisis dan diinterpretasikan sebagai dasar evaluasi kapasitas saluran drainase.

Metodologi Penelitian

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada saluran drainase Jalan Tol Yogyakarta–Bawen Paket 1 Seksi 6, dengan lokasi kajian difokuskan pada area Simpang Susun Ambarawa. Lokasi tersebut dipilih karena merupakan titik strategis dalam saluran drainase jalan tol yang menerima aliran limpasan dari beberapa saluran pengumpul sebelum dialirkan melalui bangunan pelengkap drainase. Kondisi ini menyebabkan area penelitian memiliki potensi debit puncak yang cukup besar, khususnya pada saat terjadi hujan dengan intensitas tinggi.

Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan pada periode September hingga Desember 2025. Pada periode ini dilakukan seluruh rangkaian kegiatan penelitian, mulai dari pengumpulan data sekunder, verifikasi data, pengolahan data hidrologi, analisis frekuensi hujan, hingga perhitungan debit banjir rencana. Penelitian dilakukan secara non-lapangan dengan memanfaatkan data historis dan dokumen teknis yang tersedia.

Sifat dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini bersifat kuantitatif dengan tujuan utama untuk menentukan besarnya debit banjir rencana kala ulang 50 tahun (Q50) berdasarkan analisis hidrologi. Penelitian kuantitatif digunakan karena data yang dianalisis berupa data numerik dan diolah menggunakan pendekatan matematis serta statistik untuk memperoleh hasil yang objektif dan terukur (Sugiyono, 2019). Pendekatan penelitian dilakukan secara rasional, empiris, dan saluranatis sesuai dengan karakteristik keilmuan teknik sipil, khususnya bidang hidrologi. Pendekatan rasional didasarkan pada penggunaan teori dan hubungan matematis yang logis, pendekatan empiris bertumpu pada data hasil pengamatan nyata, sedangkan pendekatan saluranatis dilakukan melalui tahapan penelitian yang terstruktur dan berurutan (Creswell, 2018).

Pendekatan rasional diterapkan melalui penggunaan hubungan matematis yang menjelaskan keterkaitan antara curah hujan, karakteristik daerah tangkapan, dan debit limpasan. Pendekatan ini diwujudkan melalui penerapan Metode Rasional sebagai model perhitungan debit banjir rencana. Pendekatan empiris dilakukan dengan memanfaatkan data curah hujan maksimum tahunan hasil pengamatan historis sebagai dasar analisis frekuensi hujan. Data empiris tersebut mencerminkan kondisi iklim nyata di wilayah penelitian dan menjadi dasar dalam penentuan hujan serta intensitas hujan rencana. Sementara itu, pendekatan saluranatis diterapkan melalui tahapan analisis yang berurutan dan terstruktur, mulai dari pengumpulan data, pengolahan data, analisis statistik, hingga penarikan kesimpulan, sebagaimana karakteristik penelitian kuantitatif deskriptif (Sugiyono, 2019).

Cakupan penelitian ini dibatasi pada aspek hidrologi, khususnya analisis debit banjir rencana. Aspek hidraulika saluran tidak dibahas secara rinci, sehingga penelitian difokuskan untuk memperoleh hasil analisis hidrologi yang mendalam dan spesifik sesuai dengan tujuan penelitian. Pembatasan ruang lingkup ini dilakukan agar analisis tetap terfokus dan hasil penelitian dapat memberikan kontribusi yang jelas pada aspek hidrologi drainase jalan (Creswell, 2018).

Sumber Data dan Karakteristik Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait dan dokumen teknis proyek. Data utama yang digunakan meliputi:

1. Data curah hujan harian maksimum, yang bersumber dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air dan Penataan Ruang Provinsi Jawa Tengah yang selanjutnya digunakan sebagai dasar analisis frekuensi hujan dan penentuan hujan rencana.
2. Data luas daerah tangkapan (*catchment area*), yang diperoleh dari peta dan dokumen teknis perencanaan drainase.
3. Data kondisi tata guna lahan, yang digunakan sebagai dasar penentuan nilai koefisien limpasan.

Bahan, Peralatan, dan Alat Analisis

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini berupa data hidrologi, khususnya data curah hujan harian maksimum tahunan yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air dan Penataan Ruang, untuk merepresentasikan kejadian hujan ekstrem pada wilayah studi. Penyusunan deret data curah hujan maksimum tahunan ini merupakan langkah awal dalam analisis frekuensi hujan guna menentukan hujan rencana pada kala ulang tertentu, di mana data yang telah dikumpulkan dianalisis secara statistik untuk mengevaluasi parameter seperti rata-rata, simpangan baku, dan distribusi probabilitas yang paling sesuai untuk perhitungan intensitas hujan rencana. Selain itu, data pendukung berupa luas daerah tangkapan, topografi, dan penggunaan lahan turut dikumpulkan untuk memahami karakteristik hidrologi wilayah yang memengaruhi limpasan permukaan.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini mencakup perangkat lunak pengolah data seperti Microsoft Excel, yang dimanfaatkan untuk mengolah data curah hujan, melakukan analisis statistik dasar, serta menentukan nilai intensitas hujan dan hujan rencana berdasarkan distribusi frekuensi yang dipilih. Literatur teknis berupa buku teks hidrologi, pedoman perencanaan sistem drainase, serta jurnal ilmiah terkini juga digunakan sebagai acuan dalam pemilihan metode analisis dan interpretasi data, sehingga metodologi yang diterapkan konsisten dengan praktik keilmuan hidrologi modern yang diterapkan dalam studi-studi frekuensi curah hujan.

Alat analisis yang diterapkan meliputi analisis frekuensi hujan menggunakan beberapa distribusi probabilitas umum, yang kemudian dievaluasi melalui *uji kecocokan statistik* untuk memperoleh distribusi yang paling representatif terhadap deret data curah hujan maksimum tahunan. Nilai hujan rencana yang diperoleh dari analisis ini selanjutnya digunakan dalam perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode hidrologi yang relevan, sehingga diperoleh estimasi debit yang sesuai dengan karakteristik hidrologi wilayah dan kebutuhan desain sistem drainase (Iqbal & Mahendra, 2025).

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan metode dokumentasi, yaitu menghimpun data sekunder yang relevan dengan kebutuhan analisis hidrologi. Data curah hujan maksimum tahunan diperoleh dari instansi resmi yang berwenang dalam penyediaan data klimatologi dan hidrologi, sehingga memiliki tingkat keandalan dan kontinuitas yang memadai untuk analisis debit banjir rencana. Data luas daerah tangkapan dan kondisi tata guna lahan dikumpulkan dari dokumen perencanaan teknis serta peta pendukung proyek jalan tol. Sebelum digunakan dalam analisis, seluruh data dilakukan proses pemeriksaan dan verifikasi untuk memastikan kelengkapan, konsistensi, dan kelayakan data, termasuk evaluasi terhadap kemungkinan adanya data ekstrem atau anomali yang dapat memengaruhi hasil perhitungan.

Tahapan verifikasi merupakan langkah penting dalam analisis hidrologi guna menjamin bahwa data yang digunakan bersifat representatif dan layak sebagai dasar perhitungan curah hujan rencana serta debit banjir rencana (Munanjar et al., 2025)

Metode Analisis Data

Metode analisis data dilakukan secara bertahap dan saluranatis sebagai berikut:

1. Analisis Data Curah Hujan Maksimum Tahunan

Data curah hujan tahunan maksimum dikumpulkan dan disusun sebagai deret data untuk mencerminkan variasi kejadian hujan ekstrem pada wilayah studi, kemudian dianalisis secara statistik untuk menentukan pola dan kecenderungan intensitas hujan ekstrem sebagai dasar perencanaan hidrologi lanjutan (Oktaviani & Mahendra, 2025). Penyusunan deret data tahunan ini penting untuk mengetahui pola dan kecenderungan intensitas hujan ekstrem yang terjadi dalam beberapa tahun terakhir sebagai dasar analisis hidrologi lanjutan, termasuk analisis frekuensi kejadian dan penentuan debit rencana. Selanjutnya, data tahunan maksimum tersebut dianalisis secara statistik dengan menghitung parameter seperti rata-rata, simpangan baku, koefisien variasi, dan distribusi frekuensi untuk menentukan kecenderungan hujan ekstrem yang memiliki implikasi langsung terhadap perencanaan drainase dan desain struktur hidrologi.

2. Analisis Frekuensi Hujan

Analisis frekuensi hujan bertujuan untuk menentukan besarnya hujan rencana pada kala ulang tertentu. Dalam penelitian ini digunakan empat distribusi probabilitas, yaitu Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson Tipe III. Parameter statistik masing-masing distribusi dihitung berdasarkan data hujan maksimum tahunan. Distribusi frekuensi diperlukan karena curah hujan bersifat acak dan bervariasi dari tahun ke tahun, sehingga untuk perencanaan teknis drainase diperlukan suatu pendekatan statistik yang dapat menggambarkan hujan ekstrem yang mungkin terjadi pada periode ulang tertentu (Lubis, 2016).

Pemilihan distribusi hujan yang paling sesuai dilakukan menggunakan uji kecocokan Smirnov–Kolmogorov. Distribusi dengan nilai deviasi maksimum terkecil dipilih sebagai distribusi yang paling mewakili data empiris. Penggunaan uji Smirnov–Kolmogorov memberikan validasi terhadap hasil perhitungan curah hujan rencana, sehingga metode distribusi yang dipilih benar-benar mewakili karakteristik sebaran data dan dapat digunakan secara andal dalam perencanaan hidrologi, termasuk desain drainase maupun analisis banjir rencana (Ruhiat, 2022).

3. Penentuan Intensitas Hujan Rencana

Hujan rencana hasil analisis frekuensi kemudian dikonversi menjadi intensitas hujan rencana. Intensitas hujan rencana ditentukan dengan mempertimbangkan durasi hujan yang relevan dengan waktu konsentrasi daerah tangkapan. Intensitas hujan merupakan parameter utama yang memengaruhi besarnya debit banjir rencana, terutama pada daerah tangkapan kecil (Subramanya, 2008)

4. Perhitungan Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana dihitung menggunakan Metode Rasional dengan persamaan:

$$Q = 0.278 \times C \times I \times A$$

di mana Q adalah debit banjir rencana (m^3/s), C adalah koefisien limpasan, I adalah intensitas hujan rencana (mm/jam), dan A adalah luas daerah tangkapan (km^2). Oleh karena itu, metode ini sangat sesuai diterapkan pada perencanaan drainase jalan tol, di mana daerah tangkapan biasanya terbatas pada area badan jalan, bahu jalan, dan median (Maulana & Purwadi, 2023).

5. Sasaran dan Luaran Penelitian

Sasaran utama penelitian ini adalah diperolehnya nilai debit banjir rencana kala ulang 50 tahun (Q_{50}) yang representatif berdasarkan analisis hidrologi. Nilai tersebut diharapkan dapat menjadi dasar teknis dalam perencanaan dan evaluasi saluran drainase Jalan Tol Yogyakarta–Bawen Paket 1 Seksi 6. Selain itu, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi ilmiah yang mutakhir dalam kajian analisis hidrologi drainase jalan tol.

Hasil dan Pembahasan

Data Curah Hujan Harian Maksimum

Data curah hujan harian maksimum disusun dalam bentuk tabulasi sebagai dasar analisis hidrologi untuk penentuan debit banjir rencana. Data ini menggambarkan kejadian hujan ekstrem yang terjadi setiap tahun di wilayah studi dan berperan sebagai input utama dalam analisis frekuensi hujan. Variasi nilai curah hujan mencerminkan fluktuasi kondisi iklim yang memengaruhi besarnya limpasan permukaan dan debit puncak yang terjadi pada saluran drainase.

Tabel 1. Data Curah Hujan Harian Maksimum

Tahun	Bulan											
	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
2015	38.0	39.0	103.0	23.0	55.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.0	100.0
2016	45.0	58.0	77.0	65.0	22.0	31.0	85.0	165.0	53.0	91.0	49.0	63.0
2017	72.0	70.0	49.0	59.0	92.0	0.0	5.0	0.0	9.0	30.0	68.0	51.0
2018	9.5	58.0	30.0	13.0	0.0	0.0	0.0	11.0	0.0	37.0	37.0	51.0
2019	54.0	39.0	27.0	26.0	56.0	25.0	2.0	0.0	0.0	4.0	32.0	35.0
2020	49.0	59.0	73.0	129.0	73.0	13.0	20.0	24.0	0.0	4.0	31.0	94.0
2021	81.0	51.0	45.0	50.0	37.0	155.0	8.0	2.5	16.0	80.0	52.0	65.0
2022	43.0	45.0	70.0	101.0	45.0	37.0	25.0	8.0	51.0	81.0	90.0	33.0
2023	81.0	30.0	80.0	49.0	65.0	15.0	17.0	2.0	3.0	12.0	60.0	65.0
2024	0.0	0.0	0.0	80.0	58.0	8.0	18.0	5.0	42.0	57.0	63.0	78.0

Data curah hujan yang digunakan pada penelitian ini merupakan data curah hujan harian maksimum tahunan dari tahun 2015 hingga 2024. Data diperoleh dari Pos Hujan Rawa Pening Klimatologi yang berada di Kecamatan Ambarawa Kabupaten Semarang.

Data curah hujan harian maksimum tahunan tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam analisis frekuensi hujan untuk menentukan hujan rencana pada kala ulang tertentu. Menurut Chow et al. (1988), penggunaan data hujan ekstrem maksimum tahunan merupakan pendekatan yang umum dan efektif dalam analisis hidrologi untuk perencanaan bangunan drainase. Dengan demikian, data pada Tabel 1 dianggap representatif untuk digunakan dalam penentuan debit banjir rencana kala ulang 50 tahun (Q_{50}).

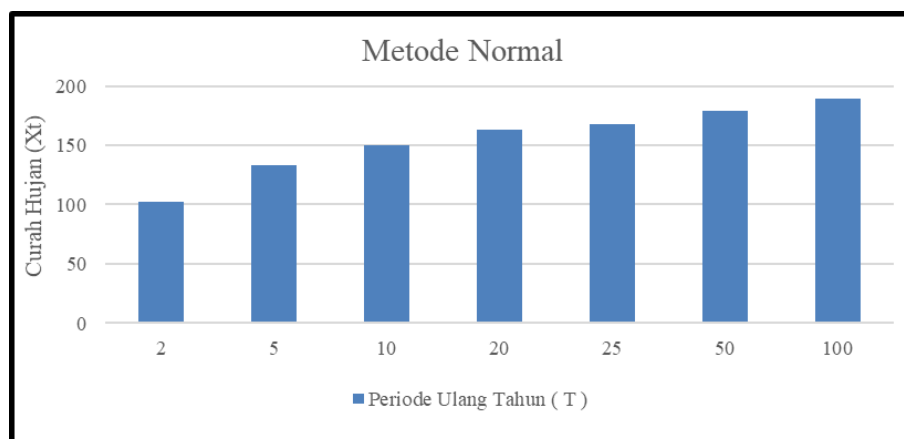
Analisis Distribusi Frekuensi Hujan

Analisis distribusi frekuensi hujan dilakukan untuk menentukan besarnya hujan rencana yang mewakili kejadian hujan ekstrem pada wilayah penelitian. Dalam penelitian ini digunakan empat distribusi probabilitas, yaitu distribusi Gumbel, Normal, Log Normal, dan Log Pearson Tipe III. Keempat distribusi tersebut umum digunakan dalam analisis hidrologi untuk perencanaan bangunan drainase dan pengendalian banjir karena mampu merepresentasikan variasi data hujan maksimum tahunan. Hasil perhitungan parameter statistik dan nilai hujan rencana dari masing-masing distribusi disajikan dalam bentuk tabulasi ringkas untuk memudahkan perbandingan dan interpretasi.

1. Normal

Tabel 2. Perhitungan Distribusi Normal

P. Ulang	K_T	S_x	X_t
2	0	37.40	102.00
5	0.84	37.40	133.41
10	1.28	37.40	149.87
20	1.64	37.40	163.33
25	1.75	37.40	167.44
50	2.05	37.40	178.66
100	2.33	37.40	189.13



Gambar 1. Grafik Distribusi Normal

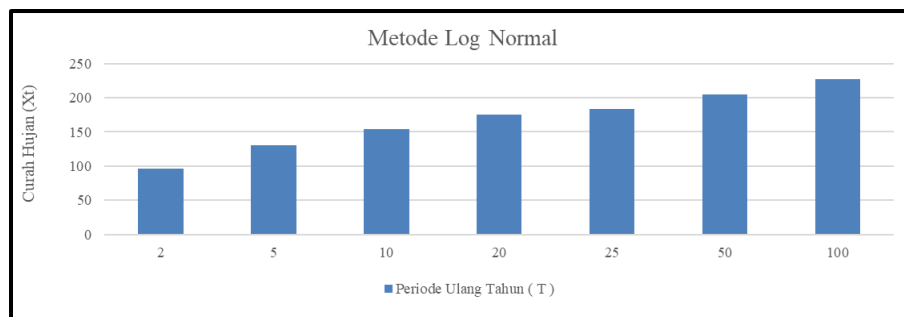
Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa nilai X_t meningkat seiring bertambahnya periode ulang, yaitu dari 102 mm pada periode ulang 2 tahun hingga 189,13 mm pada periode ulang 100 tahun. Kenaikan ini dipengaruhi oleh nilai faktor K_T yang semakin besar, menggambarkan peningkatan intensitas curah hujan seiring dengan semakin jarang terjadinya hujan ekstrem.

Grafik hasil analisis dengan metode normal menunjukkan tren kenaikan yang jelas antara periode ulang dan curah hujan rencana. Semakin besar periode ulang, semakin tinggi pula nilai curah hujan maksimum yang diperoleh, sehingga terlihat adanya hubungan positif antara kedua variabel tersebut sesuai dengan karakteristik distribusi normal.

2. Log Normal

Tabel 3. Perhitungan Distribusi Log Normal

P. Ulang	Log $\bar{X}$	K _T	S _x	X _t
2	1.982	0	0.1603	96.00
5	1.982	0.84	0.1603	130.89
10	1.982	1.28	0.1603	153.97
20	1.982	1.64	0.1603	175.85
25	1.982	1.75	0.1603	183.13
50	1.982	2.05	0.1603	204.58
100	1.982	2.33	0.1603	226.85



Gambar 2. Grafik Distribusi Log Normal

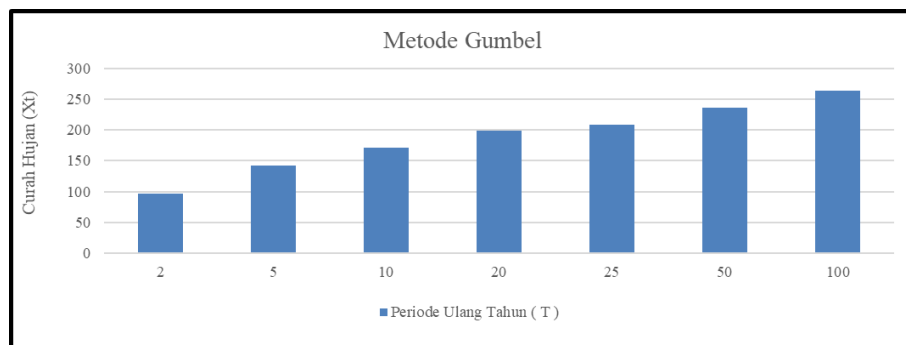
Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.5, diperoleh nilai curah hujan maksimum (X_t) dengan berbagai periode ulang menggunakan metode Distribusi Log Normal. Nilai curah hujan rencana menunjukkan peningkatan seiring dengan bertambahnya periode ulang, dari 96 mm untuk periode ulang 2 tahun hingga 226,85 mm untuk periode ulang 100 tahun. Pola ini menunjukkan bahwa semakin besar periode ulang, maka semakin tinggi pula nilai curah hujan yang mungkin terjadi, meskipun peluang kejadiannya semakin kecil.

Grafik hasil analisis menunjukkan adanya hubungan yang jelas antara periode ulang (T) dan curah hujan rencana (X_t). Terlihat bahwa garis tren meningkat secara bertahap seiring bertambahnya periode ulang. Kenaikan tersebut mencerminkan sifat umum data hidrologi ekstrem, di mana kejadian dengan peluang kecil memiliki intensitas curah hujan yang lebih besar.

3. Gumbel

Tabel 4. Perhitungan Distribusi Gumbel

P. Ulang	Yt	K	Xt
2	0.3665	-0.1355	96.93
5	1.4999	1.0580	141.57
10	2.2502	1.8481	171.11
20	2.9606	2.5963	199.09
25	3.1985	2.8468	208.46
50	3.9019	3.5875	236.16
100	4.6001	4.3228	263.65



Gambar 3. Grafik Distribusi Gumbel

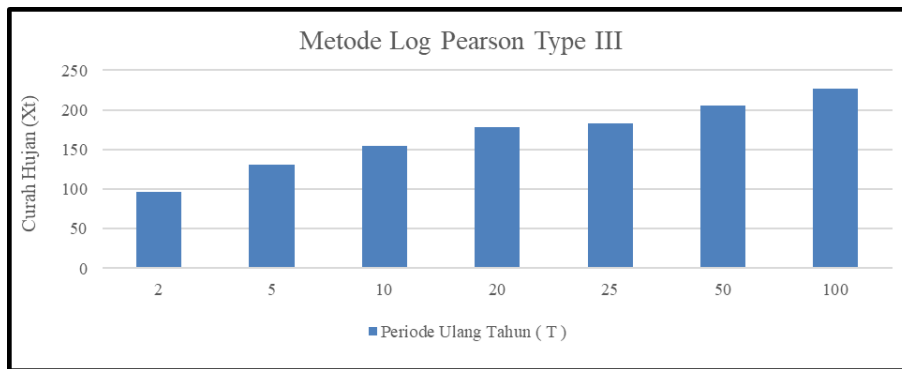
Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.7 di atas, diperoleh nilai curah hujan maksimum tahunan (X_t) untuk berbagai periode ulang dengan menggunakan metode Distribusi Gumbel. Nilai Y_t menunjukkan variabel tereduksi untuk tiap periode ulang, sedangkan K merupakan faktor frekuensi yang digunakan untuk menghitung besarnya curah hujan rencana. Dari hasil perhitungan terlihat bahwa nilai K meningkat seiring dengan bertambahnya periode ulang, yang menandakan bahwa curah hujan ekstrem dengan peluang kejadian lebih kecil memiliki nilai yang semakin besar. Nilai X_t yang diperoleh berkisar antara 96,93 mm pada periode ulang 2 tahun hingga 263,65 mm pada periode ulang 100 tahun.

Grafik pada Gambar di atas memperlihatkan hubungan antara periode ulang (T) dan curah hujan rencana (X_t) berdasarkan metode Gumbel. Dari grafik tersebut tampak bahwa kurva menunjukkan tren kenaikan yang cukup jelas, di mana setiap peningkatan periode ulang menghasilkan nilai curah hujan yang lebih besar. Pola kenaikan ini sesuai dengan karakteristik umum fenomena hidrologi ekstrem, di mana kejadian dengan peluang kecil memiliki intensitas curah hujan yang lebih tinggi.

4. Log Pearson type III

Tabel 5. Perhitungan Distribusi Log Pearson Type III

P. Ulang	G	G x Sx	Log X	Xt
2	0.0002	0.00003	1.9823	96.00
5	0.8419	0.13496	2.1172	130.98
10	1.2819	0.20548	2.1877	154.07
20	1.6725	0.26810	2.2503	177.97
25	1.7507	0.28062	2.2629	183.18
50	2.0535	0.32916	2.3114	204.84
100	2.3253	0.37273	2.3550	226.46



Gambar 4. Grafik Distribusi Log Pearson Type III

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai X_t berkisar antara 96 mm untuk periode ulang 2 tahun hingga 226,46 mm untuk periode ulang 100 tahun. Kenaikan ini mencerminkan sifat alami dari data curah hujan ekstrem, di mana kejadian dengan peluang terulang yang lebih jarang umumnya memiliki intensitas yang lebih tinggi. Selain itu, nilai $\text{Log } X$ juga mengalami peningkatan dari 1,9823 hingga 2,3253, yang menunjukkan perubahan logaritmik dari distribusi data hujan maksimum tahunan terhadap periode ulang yang dianalisis.

Grafik batang pada gambar memperlihatkan hubungan antara periode ulang (T) dan nilai curah hujan rencana (X_t) berdasarkan hasil perhitungan tersebut. Tampak bahwa semakin besar periode ulang, semakin tinggi pula nilai curah hujan rencana yang dihasilkan, dengan pola kenaikan yang cukup teratur. Visualisasi ini menggambarkan keterkaitan antara probabilitas kejadian dan besarnya curah hujan ekstrem yang diantisipasi dalam analisis hidrologi menggunakan metode Log Pearson Tipe III.

Uji Distribusi Smirnov-Kolmogorov

Tabel 6. Hasil Uji Distribusi Smirnov-Kolmogorov

No.	Metode Distribusi	Δ terhitung	Δ kritis	Keterangan
1	Distribusi Gumbel	0.0843	0.4090	Memenuhi
2	Distribusi Normal	0.1393	0.4090	Memenuhi
3	Distribusi Log Normal	0.1145	0.4090	Memenuhi
4	Distribusi Log Pearson Tipe III	0.1007	0.4090	Memenuhi

Berdasarkan hasil uji Smirnov–Kolmogorov, diketahui bahwa seluruh metode distribusi yang digunakan dalam analisis data curah hujan maksimum tahunan memenuhi kriteria kesesuaian distribusi. Dari hasil tersebut terlihat bahwa seluruh nilai Δ hitung lebih kecil dari Δ kritis, yang berarti semua metode tersebut dapat diterima atau memenuhi persyaratan uji Smirnov–Kolmogorov.

Berdasarkan hasil pengujian kesesuaian distribusi menggunakan metode Smirnov–Kolmogorov, diperoleh hasil bahwa seluruh metode distribusi yang diuji memenuhi kriteria penerimaan karena nilai Δ hitung masing-masing lebih kecil dari nilai Δ kritis. Meskipun demikian, pemilihan metode terbaik tetap didasarkan pada tingkat kesesuaian tertinggi terhadap data, yang ditunjukkan oleh nilai Δ hitung paling kecil. Nilai Δ hitung yang lebih kecil menunjukkan perbedaan maksimum antara distribusi teoritis dan distribusi empiris yang semakin kecil, sehingga model distribusi tersebut merepresentasikan data dengan lebih baik. Berdasarkan pertimbangan tersebut, metode Gumbel dipilih sebagai metode distribusi yang paling sesuai karena memiliki nilai Δ hitung paling kecil dibandingkan metode lainnya.

Perhitungan Debit Banjir Rencana

Perhitungan debit banjir rencana dilakukan menggunakan Metode Rasional dengan memasukkan nilai C, I, dan A. Hasil ringkas perhitungan ditampilkan dalam tabel debit rencana.

$$Q = 0.278 \times C \times I \times A$$

$$Q = 0.278 \times 0.020 \times 362 \times 0.248$$

$$Q = 0.4998 \text{ m}^3/\text{s} = 0.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai Q50 sebesar 0,50 m³/s. Nilai ini merupakan debit puncak yang harus dapat dialirkan oleh saluran drainase pada lokasi penelitian.

Evaluasi dan Interpretasi Hasil

Hasil perhitungan debit banjir rencana periode ulang 50 tahun (Q50) menunjukkan bahwa daerah Simpang Susun Ambarawa memiliki potensi limpasan permukaan yang cukup tinggi. Kondisi ini terutama dipengaruhi oleh besarnya intensitas hujan rencana yang terjadi pada wilayah studi serta karakteristik topografi yang relatif mempercepat aliran permukaan menuju saluran drainase. Selain itu, tingkat kedap lahan akibat keberadaan perkerasan jalan tol turut berkontribusi terhadap peningkatan volume limpasan yang masuk ke saluran drainase.

Nilai debit banjir rencana sebesar $0,50 \text{ m}^3/\text{s}$ mencerminkan kondisi hidrologi ekstrem yang relevan sebagai dasar perencanaan dan evaluasi kapasitas saluran drainase serta struktur box culvert. Debit ini digunakan sebagai parameter utama dalam menilai kemampuan saluran untuk mengalirkan air hujan tanpa menimbulkan limpasan berlebih yang berpotensi menyebabkan genangan pada badan jalan tol maupun area sekitarnya. Dengan demikian, hasil perhitungan debit banjir rencana ini memiliki peran penting dalam memastikan keamanan dan kenyamanan operasional jalan tol.

Interpretasi hasil analisis menunjukkan bahwa debit banjir rencana yang diperoleh telah mampu menjawab tujuan penelitian, yaitu menentukan besarnya debit banjir rencana yang digunakan sebagai nilai desain serta memberikan dasar evaluasi terhadap kapasitas saluran drainase jalan tol. Nilai debit tersebut selanjutnya dapat digunakan sebagai input dalam analisis hidraulika untuk mengevaluasi tinggi muka air, kecepatan aliran, dan kapasitas tampungan saluran maupun box culvert yang direncanakan.

Selain itu, hasil penelitian ini memberikan manfaat praktis dalam perencanaan dan pengelolaan saluran drainase jalan tol, khususnya dalam upaya pencegahan genangan dan peningkatan kinerja saluran. Informasi debit banjir rencana yang dihasilkan juga dapat dijadikan acuan teknis dalam perencanaan kapasitas struktur drainase pada segmen lain dengan karakteristik hidrologi dan topografi yang serupa. Dengan adanya evaluasi yang berbasis analisis hidrologi yang memadai, diharapkan saluran drainase yang direncanakan mampu berfungsi secara optimal dan berkelanjutan dalam menghadapi kejadian hujan ekstrem.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis hidrologi yang telah dilakukan pada daerah tangkapan di Simpang Susun Ambarawa, diperoleh debit banjir rencana untuk kala ulang 50 tahun (Q_{50}) sebesar $0,50 \text{ m}^3/\text{s}$. Nilai debit tersebut dihitung menggunakan Metode Rasional dengan mempertimbangkan parameter utama berupa intensitas hujan rencana, koefisien limpasan, serta luas daerah tangkapan. Hasil ini menunjukkan besarnya debit puncak limpasan yang berpotensi terjadi pada kondisi hujan ekstrem dan merepresentasikan karakteristik respons hidrologi wilayah penelitian.

Nilai debit banjir rencana Q_{50} yang diperoleh mencerminkan bahwa daerah penelitian memiliki potensi limpasan yang signifikan, terutama akibat dominasi permukaan kedap air serta kondisi topografi yang mendukung percepatan aliran permukaan menuju saluran drainase. Kondisi ini menegaskan pentingnya perencanaan saluran drainase yang memadai agar mampu mengalirkan debit banjir rencana secara aman tanpa menimbulkan genangan pada badan jalan tol maupun area sekitarnya. Oleh karena itu, debit banjir rencana ini menjadi parameter kunci dalam mengevaluasi kecukupan kapasitas saluran drainase pada ruas Tol Yogyakarta–Bawen Paket 1 Seksi 6.

Hasil analisis juga menunjukkan bahwa besarnya debit Q_{50} harus menjadi dasar dalam perencanaan dan evaluasi kapasitas hidraulik saluran agar saluran drainase dapat berfungsi secara optimal. Perencanaan yang tidak mengacu pada debit banjir rencana berpotensi menyebabkan terjadinya limpasan berlebih, hambatan aliran, serta penurunan kinerja struktur drainase. Dengan menggunakan debit banjir rencana sebagai acuan desain, saluran drainase diharapkan mampu mengantisipasi kejadian hujan ekstrem dan menjaga keselamatan serta kenyamanan pengguna jalan tol. Temuan ini juga dapat dijadikan referensi dalam perencanaan saluran drainase pada ruas

jalan tol lain yang memiliki karakteristik hidrologi dan tata guna lahan yang serupa, sehingga mendukung keberlanjutan dan keandalan infrastruktur jalan tol dalam jangka panjang.

Daftar Pustaka

- Creswell, J. W. (2018). *CRESWELL* (6th Ed.).
- Departemen Pekerjaan Umum. (2006). *Pedoman Perencanaan Drainase Jalan 2006*.
- Iqbal, M., & Mahendra, M. O. (2025). Analisis Drainase Simpang Jalan Dengan Menggunakan Software SWMM 5.2. *Jurnal Konstruksi*, 23(2).
- Lubis, F. (2016). Analisa Frekuensi Curah Hujan Terhadap Kemampuan Drainase Pemukiman Di Kecamatan Kandis. *Jurnal Teknik Sipil Siklus*, 2(1), 34–46.
- Munanjar, M. C., Ariska, J., & Safitri, I. (2025). Validasi Data Curah Hujan Maksimum Bulanan GPM. *Jurnal Konstruksi*, 23(2).
- Oktaviani, A., & Mahendra, M. O. (2025). Evaluasi Sistem Jaringan Drainase Jalan Raya Menggunakan Software HEC-RAS. *Jurnal Konstruksi*, 23(2).
- Ruhat, D. (2022). Implementasi Distribusi Peluang Gumbel Untuk Analisis Data Curah Hujan Rencana. *Teorema: Teori Dan Riset Matematika*, 7(1), 213.
- Subramanya, K.. (2008). *Engineering Hydrology*. Tata Mcgraw-Hill.
- Sugeng Haris Maulana, D., & Taufik Purwadi, O. (2023). Analisis Kapasitas Saluran Drainase. *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain*, 11(2), 459–470.
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D*. Alfabeta, CV.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Andi.
- Triatmodjo, B. (2008). *Terapan Bambang Triatmodjo Beta Offset*.