

Analisis Debit Banjir dan Perencanaan Tanggul Menggunakan Aplikasi HEC-RAS (Studi Kasus Sungai Banjir Kanal Timur Kota Semarang)

Diar Nilam Kamilia Setiyono^{1*}, Ari Sentani¹, Eko Muliawan Satrio¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang

E-mail: diar.nilam07@gmail.com

ABSTRAK

Sungai Banjir Kanal Timur di Kota Semarang, Indonesia, memiliki peran krusial sebagai saluran drainase utama, namun sering kali mengalami luapan yang mengakibatkan banjir saat musim hujan. Fenomena ini terjadi karena debit banjir yang melebihi kapasitas tampung saluran, sehingga diperlukan penanganan yang efektif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis debit banjir dengan menggunakan metode hidrologi rasional dan HSS Gama 1, serta merencanakan dimensi tanggul melalui pemodelan hidrolika dua dimensi berbasis aplikasi HEC-RAS. Metode kuantitatif digunakan dalam penelitian ini, dengan data numerik berupa curah hujan, debit air, dan tata letak Sungai Banjir Kanal Timur dari Sta 2+000 hingga Sta 4+000. Hasil analisis menunjukkan bahwa debit banjir Q_{50} yang diperoleh adalah sebesar 243.51 m³/detik menggunakan analisis metode HSS Gama 1. Berdasarkan hasil tersebut, dimensi tanggul yang direncanakan memiliki tinggi 3 meter dari dasar sungai dan lebar 3 meter, yang diharapkan mampu mengatasi luapan air.

Kata kunci: : Sungai Banjir Kanal Timur; Debit Banjir; HEC – RAS; Tanggul.

ABSTRACT

The Banjir Kanal Timur River in Semarang, Indonesia, plays a crucial role as a primary urban drainage channel, yet it frequently overflows, causing floods during the rainy season. This phenomenon occurs because the flood discharge exceeds the channel's capacity, necessitating effective management measures. The purpose of this study is to analyze flood discharge using the rational hydrology method and HSS Gama 1, as well as to plan the embankment dimensions through two-dimensional hydraulic modeling based on the HEC-RAS application. A quantitative research method was employed, utilizing numerical data including rainfall, water discharge, and the layout of the Banjir Kanal Timur River from Sta 2+000 to Sta 4+000. The analysis results indicate that the Q_{50} flood discharge obtained is 243.51 m³/detik using the HSS Gama 1 method. Based on this result, the planned dike dimensions are determined to be 3 meters high from the riverbed and 3 meters wide, which are expected to effectively mitigate water overflow.

Keywords: Banjir Kanal Timur River; Flood Discharge; HEC – RAS; Dike.

1. PENDAHULUAN

Bencana merupakan sebuah fenomena alam maupun non-alam yang sering kali memberikan dampak sosial dan ekonomi yang sangat merugikan bagi masyarakat, bahkan dapat mengancam keberlangsungan hidup dan mata pencaharian mereka. Merujuk pada Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, bencana diartikan sebagai rangkaian peristiwa yang menimbulkan ancaman serta mengganggu keberlangsungan hidup masyarakat, baik akibat faktor alam maupun aktivitas manusia. Dampak dari peristiwa ini dapat berupa korban jiwa, kerusakan lingkungan, kerugian ekonomi yang signifikan, hingga gangguan psikologis bagi masyarakat terdampak. Kondisi perubahan iklim yang semakin ekstrem dan tidak menentu saat ini juga berkontribusi terhadap meningkatnya potensi bencana, salah satunya melalui pergeseran pola curah hujan yang menyebabkan musim hujan dan kemarau menjadi tidak teratur (Suripin & Kurniani, 2016). Situasi ini secara signifikan memperbesar potensi terjadinya banjir saat musim hujan dan, di sisi lain, mengurangi ketersediaan air tanah yang sangat penting selama musim kemarau, sehingga menimbulkan masalah hidrologi yang kompleks.

Selain perubahan iklim, permasalahan dalam pengelolaan sumber daya air semakin kompleks akibat maraknya alih fungsi lahan, terutama ketika ruang terbuka hijau dialihkan menjadi kawasan terbangun serta infrastruktur perkotaan. Perubahan tersebut mengakibatkan berkurangnya tutupan vegetasi, sehingga volume limpasan air permukaan meningkat secara signifikan, sementara kemampuan infiltrasi air ke dalam tanah mengalami penurunan yang cukup besar, menciptakan ketidakseimbangan siklus hidrologi alami (Pinasti, Shabrina Alifah, 2024). Akibatnya, sistem drainase yang ada seringkali tidak mampu menampung volume air yang melimpah, dan ini secara langsung berkontribusi pada peningkatan frekuensi serta intensitas kejadian banjir. Fenomena ini menunjukkan adanya ketidaksesuaian antara perkembangan kota dan ketersediaan infrastruktur pendukung yang

memadai. Dengan demikian, dibutuhkan pendekatan yang menyeluruh dan terintegrasi dalam perencanaan tata ruang serta pengelolaan sumber daya air guna meminimalkan resiko terjadinya bencana hidrometeorologi.

Banjir sungai merupakan salah satu jenis bencana alam yang paling sering terjadi di berbagai wilayah dunia, termasuk Indonesia yang memiliki banyak sungai dan daerah aliran sungai (DAS). Fenomena ini dipengaruhi oleh berbagai faktor yang saling terkait, seperti tingginya intensitas curah hujan dalam waktu singkat, perubahan tata guna lahan yang tidak terkendali, serta berkurangnya kapasitas saluran drainase atau sungai akibat sedimentasi dan timbunan sampah. Berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), banjir di Indonesia sering memberikan dampak besar terhadap kehidupan masyarakat, mulai dari kerugian ekonomi, kerusakan infrastruktur vital, hingga menimbulkan korban jiwa (BNPB, 2022). Letak geografis Indonesia di wilayah tropis dengan curah hujan tinggi juga menjadikan negara ini rentan terhadap bencana banjir, sehingga menjadi tantangan serius bagi pemerintah maupun masyarakat dalam upaya mitigasi. Beberapa kota besar, seperti Jakarta, Bandung, dan Semarang, tercatat hampir setiap tahun mengalami banjir parah, khususnya pada puncak musim hujan. Kondisi tersebut merupakan hasil dari interaksi kompleks antara faktor alam dan aktivitas manusia, misalnya urbanisasi yang pesat, deforestasi di kawasan hulu, serta perubahan iklim yang menyebabkan pola curah hujan semakin tidak menentu dan sulit diprediksi (Suharto, 2021). Perkembangan kawasan perkotaan yang tidak disertai dengan sistem drainase memadai menjadikan banyak lahan resapan tertutup beton dan aspal, sehingga mengurangi kapasitas infiltrasi. Di sisi lain, deforestasi di daerah hulu menurunkan kemampuan tanah menyerap air hujan, mengakibatkan aliran permukaan yang lebih cepat dan volume yang lebih besar, sehingga memperburuk risiko banjir di wilayah hilir. Faktor-faktor tersebut membentuk lingkaran permasalahan yang sulit diputus apabila tidak dilakukan penanganan secara komprehensif.

Kota Semarang sebagai ibu kota Provinsi Jawa Tengah memiliki sistem saluran air yang cukup vital, salah satunya adalah Kanal Timur yang berfungsi menyalurkan aliran dari wilayah hulu menuju laut. Akan tetapi, dalam beberapa tahun terakhir fungsi utama kanal ini mengalami penurunan yang cukup signifikan sehingga memicu peningkatan risiko banjir di kawasan sekitarnya. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti adanya sedimentasi yang terus berlangsung, alih fungsi lahan yang tidak terkendali, serta percepatan urbanisasi. Berdasarkan data dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Semarang, frekuensi kejadian banjir di sekitar Kanal Timur terus mengalami peningkatan setiap tahunnya, khususnya pada musim hujan, yang menandakan berkurangnya efektivitas kanal dalam menjalankan perannya (BPBD Kota Semarang, 2022). Dampak dari banjir ini tidak hanya merusak infrastruktur, seperti jalan maupun jembatan, tetapi juga mengganggu aktivitas sosial-ekonomi masyarakat sehingga menimbulkan kerugian besar dan menurunkan kualitas hidup. Salah satu penyebab utama berkurangnya fungsi Kanal Timur adalah sedimentasi yang dihasilkan dari erosi di wilayah hulu serta masuknya limbah padat, yang secara perlahan menurunkan kapasitas tampung air. Hasil penelitian Widiastuti dan Rahmawati (2021) menunjukkan bahwa keberadaan sedimen di Kanal Timur berpengaruh signifikan terhadap menurunnya volume tampungan air, sehingga meningkatkan potensi luapan saat curah hujan tinggi. Selain itu, perubahan penggunaan lahan di sekitar kanal, seperti konversi lahan pertanian menjadi kawasan permukiman padat dan komersial, turut memperparah permasalahan tersebut (Sari & Prasetyo, 2020). Permukiman baru umumnya tidak dilengkapi dengan sistem drainase yang memadai, sehingga limpasan air hujan langsung masuk ke kanal dan menambah beban hidrologi yang ada. Situasi tersebut menunjukkan bahwa kapasitas alami sungai dalam menampung air hujan semakin berkurang akibat aktivitas manusia yang kurang memperhatikan aspek keberlanjutan lingkungan.

Mengingat kompleksitas masalah yang dihadapi, diperlukan sebuah solusi yang efektif dan terintegrasi untuk mengatasi risiko banjir di Sungai Banjir Kanal Timur. Pembuatan tanggul di sisi kanan dan kiri sungai muncul sebagai salah satu opsi penanganan yang paling efektif dan konkret. Penentuan desain tanggul ini, termasuk dimensi yang tepat, memerlukan analisis debit banjir yang sangat akurat dan terperinci. Analisis hidrologi, yang meliputi penggunaan metode rasional dan metode HSS Gama 1, menjadi langkah awal yang krusial untuk memperkirakan besarnya debit banjir yang mungkin terjadi pada berbagai kala ulang. Hasil dari analisis ini kemudian akan digunakan sebagai input data untuk analisis hidrolika yang lebih mendalam. Dengan demikian, pendekatan ini memastikan bahwa desain tanggul yang dihasilkan tidak hanya bersifat reaktif terhadap masalah yang ada, tetapi juga prediktif dan mampu bertahan terhadap kemungkinan banjir di masa depan.

Analisis hidrolika selanjutnya akan memanfaatkan pemodelan dua dimensi dengan bantuan aplikasi HEC-RAS. Aplikasi ini memungkinkan simulasi aliran air yang lebih realistis dan akurat, mempertimbangkan topografi sungai, geometri penampang, dan interaksi aliran dengan lingkungan sekitarnya. Pemodelan ini akan memberikan gambaran yang jelas mengenai bagaimana air akan mengalir dan area mana saja yang berpotensi tergenang jika terjadi banjir dengan debit tertentu. Dengan menggunakan HEC-RAS, peneliti dapat menguji berbagai skenario dan memvisualisasikan dampak dari pembuatan tanggul dengan dimensi yang berbeda. Pendekatan ini sangat penting untuk memastikan bahwa tanggul yang dibangun memiliki dimensi yang optimal, tidak hanya dari segi keamanan, tetapi juga efisiensi biaya dan keberlanjutan lingkungan.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisis debit banjir secara efektif menggunakan dua metode hidrologi yang berbeda, yaitu metode rasional dan metode HSS Gama 1. Setelah mendapatkan nilai debit banjir yang paling representatif, penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis dan merancang dimensi tanggul yang sesuai untuk penanganan banjir di Sungai Banjir Kanal Timur Kota Semarang. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan, baik bagi dunia pendidikan maupun masyarakat. Bagi pendidikan, hasil penelitian ini dapat menjadi referensi berharga, memperkaya pengetahuan mahasiswa dan menjadi stimulasi untuk riset lebih lanjut dalam bidang hidrologi dan hidrolika. Sementara bagi masyarakat, penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kesadaran akan pentingnya partisipasi dalam upaya penanggulangan bencana, serta menjadi dasar bagi kebijakan pembangunan infrastruktur yang lebih aman dan berkelanjutan di masa depan. Penelitian ini memiliki batasan masalah yang jelas untuk memastikan fokus dan kedalaman analisis. Data curah hujan yang digunakan untuk analisis berasal dari rentang waktu tahun 2013 hingga 2024, yang mencakup periode data yang cukup panjang untuk menghasilkan estimasi yang andal. Aplikasi HEC-RAS yang digunakan adalah versi minimal 5.0, yang sudah mendukung pemodelan aliran dua dimensi, memungkinkan analisis yang lebih komprehensif. Fokus studi kasus ini terbatas pada segmen Sungai Banjir Kanal Timur dari Sta 2+000 sampai Sta 4+000, yang merupakan area krusial karena seringnya terjadi luapan air sungai. Batasan ini memastikan bahwa penelitian dapat dilakukan secara mendalam dan hasilnya relevan dengan kondisi spesifik di lokasi tersebut.

2. METODELOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang diterapkan dalam studi ini adalah pendekatan kuantitatif, yang secara sistematis menginvestigasi bagian-bagian dan fenomena serta kausalitas hubungan-hubungan di dalamnya. Pendekatan ini merupakan penelitian ilmiah yang berfokus pada pengumpulan data yang dapat diukur dan analisisnya menggunakan teknik statistik, matematika, atau komputasi (Karimuddin, 2022). Secara spesifik, penelitian kuantitatif didefinisikan sebagai investigasi sistematis terhadap fenomena dengan mengumpulkan data yang dapat diukur, yang kemudian dianalisis menggunakan metode-metode ilmiah untuk menguji hipotesis dan menemukan hubungan antara variabel-variabel. Dalam konteks penelitian ini, pendekatan kuantitatif sangat relevan karena berfokus pada pengumpulan dan analisis data numerik yang berkaitan dengan curah hujan, debit air, dan geometri sungai. Data-data ini memungkinkan peneliti untuk melakukan simulasi dan pemodelan yang akurat, memberikan dasar yang kuat untuk pengambilan kesimpulan ilmiah.

Dalam penelitian ini, data numerik yang dibutuhkan mencakup data curah hujan historis, data debit air, dan tata letak geometrik Sungai Banjir Kanal Timur, khususnya pada segmen yang diteliti. Data yang diperoleh kemudian digunakan sebagai input dalam pemodelan dua dimensi dengan aplikasi HEC-RAS, yang merupakan salah satu metode kuantitatif modern. Pemodelan ini memberikan kemampuan untuk menganalisis pola aliran air baik secara visual maupun matematis, sekaligus mengevaluasi dampaknya terhadap wilayah sekitar. Melalui pendekatan dua dimensi, peneliti dapat mengidentifikasi secara lebih akurat area yang berpotensi tergenang banjir serta memperkirakan kedalaman genangan pada berbagai titik, sehingga memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai dinamika banjir. Pendekatan ini memberikan keunggulan dibandingkan pemodelan satu dimensi yang lebih sederhana, karena mampu menangkap interaksi kompleks antara aliran sungai dan topografi dataran banjir di sekitarnya.

Lokasi penelitian secara spesifik ditentukan di Sungai Banjir Kanal Timur, Kota Semarang, yang merupakan area dengan masalah banjir yang kronis akibat intensitas curah hujan yang tinggi. Fenomena luapan air sungai pada kawasan ini menyebabkan tinggi muka air di dalam saluran melebihi elevasi jalan raya maupun permukiman sekitarnya. Fokus penelitian diarahkan pada segmen sungai antara Sta 2+000 hingga Sta 4+000, yang telah teridentifikasi sebagai area rawan terjadinya luapan. Penentuan lokasi ini didasarkan pada data historis dan laporan lapangan yang menunjukkan bahwa segmen ini sering kali menjadi area yang paling parah terdampak banjir. Dengan memfokuskan penelitian pada segmen ini, peneliti dapat melakukan analisis yang lebih mendalam dan spesifik, serta merancang solusi yang paling sesuai dengan kondisi lokal.

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini terdiri atas dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh secara langsung melalui survei lapangan atau peninjauan kondisi eksisting oleh peneliti, dengan tujuan untuk memperoleh gambaran aktual mengenai kondisi sungai maupun bangunan yang ada. Langkah ini dilakukan agar data yang terkumpul benar-benar sesuai dengan kebutuhan penelitian serta memiliki tingkat akurasi yang baik. Sementara itu, data sekunder merupakan data yang telah tersedia dan dipublikasikan oleh pihak lain, seperti laporan instansi terkait, hasil penelitian terdahulu, maupun literatur ilmiah. Data sekunder yang digunakan mencakup informasi curah hujan, luas Daerah Aliran Sungai (DAS), serta dokumentasi kondisi eksisting lokasi penelitian. Penggabungan kedua jenis data tersebut sangat penting untuk mendukung kelengkapan sekaligus validitas analisis hidrologi dan hidrolika yang dilakukan.

Tahapan pelaksanaan studi ini dimulai dengan studi pendahuluan yang melibatkan kajian pustaka mendalam mengenai isu banjir di Kota Semarang dan kondisi terkini dari Sungai Banjir Kanal Timur. Tahap berikutnya adalah pelaksanaan survei lapangan untuk mengidentifikasi penyebab banjir, mengumpulkan data mengenai

kondisi lahan, serta mendokumentasikan jaringan irigasi dan bangunan yang ada di lokasi. Setelah data primer dan sekunder terkumpul, tahap selanjutnya adalah pengolahan data, yang dibagi menjadi dua bagian utama: analisis hidrologi dan analisis hidrolika. Analisis hidrologi bertujuan untuk menentukan debit banjir rencana, sedangkan analisis hidrolika, yang menggunakan aplikasi HEC-RAS, akan memberikan data tentang kapasitas tampungan sungai dan profil muka air. Hasil dari kedua analisis ini kemudian akan digunakan untuk merancang dimensi tanggul yang optimal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan terhadap data curah hujan historis dari tahun 2013 hingga 2024, didapatkan berbagai parameter statistik yang sangat penting untuk penentuan metode distribusi yang paling sesuai. Rata-rata curah hujan harian maksimum yang dianalisis selama periode tersebut menunjukkan nilai sebesar 121.94 mm. Nilai rata-rata ini memberikan gambaran awal mengenai intensitas curah hujan yang sering terjadi di wilayah studi. Kemudian, nilai standar deviasi yang diperoleh adalah 13.91, yang menunjukkan tingkat sebaran atau variasi data curah hujan dari nilai rata-ratanya. Nilai ini mengindikasikan bahwa data curah hujan harian maksimum tidak terlalu jauh menyebar dari nilai rata-ratanya, mencerminkan pola hujan yang relatif konsisten dari tahun ke tahun. Sementara itu, koefisien kemencengan (*skewness*) yang didapatkan sebesar 0.51 menunjukkan bahwa distribusi data curah hujan ini memiliki kemencengan positif atau ekor distribusi yang memanjang ke sisi kanan. Hal ini berarti bahwa ada lebih banyak kejadian curah hujan yang nilainya lebih rendah dari rata-rata, namun ada beberapa kejadian ekstrem dengan nilai yang jauh lebih tinggi.

Analisis lebih lanjut terhadap parameter statistik menghasilkan nilai koefisien kurtosis sebesar 3.73, yang mengindikasikan bahwa distribusi data curah hujan lebih runcing dari distribusi normal. Nilai kurtosis yang lebih besar dari 3 menunjukkan adanya puncak yang lebih tajam dan ekor distribusi yang lebih tebal, yang berarti ada kemungkinan lebih besar untuk terjadinya nilai-nilai ekstrem. Koefisien variasi yang dihitung adalah 0.11, yang merupakan rasio standar deviasi terhadap nilai rata-rata, memberikan ukuran relatif dari sebaran data. Berbagai parameter statistik ini menjadi dasar untuk melakukan uji kesesuaian distribusi, di mana nilai-nilai yang diperoleh akan dibandingkan dengan syarat-syarat teoretis dari beberapa metode distribusi, seperti Normal, Gumbel, dan Log Pearson III, untuk menentukan model distribusi yang paling cocok untuk data curah hujan di area penelitian. Uji kesesuaian ini merupakan langkah krusial untuk memastikan bahwa metode yang dipilih dapat memberikan estimasi debit banjir yang paling andal dan akurat untuk periode ulang tertentu.

Penghitungan parameter statistik tersebut didasarkan pada data yang diolah di mana nilai-nilai dan dihitung untuk setiap tahun pengamatan. Data-data ini menjadi fondasi bagi perhitungan statistik yang telah disebutkan sebelumnya, seperti standar deviasi, koefisien skewness, dan koefisien kurtosis. Setiap kolom dalam perhitungan tersebut memiliki peran penting dalam proses analisis frekuensi, yang bertujuan untuk memahami karakteristik distribusi data curah hujan yang ada. Setelah parameter statistik dihitung, langkah berikutnya adalah membandingkannya dengan syarat-syarat dari berbagai jenis distribusi teoretis untuk menentukan metode yang paling sesuai. Hasil perbandingan ini menunjukkan bahwa nilai koefisien kemencengan (C_s) dan koefisien kurtosis (C_k) hasil perhitungan dibandingkan dengan syarat teoretis untuk Distribusi Normal, Gumbel, dan Log Pearson III.

Tabel 1 Hasil Perhitungan Uji Smirnov – Kolmogorov

X	m	$P(x) = \frac{m}{(n+1)}$	$P(x <)$	$P'(x) = \frac{m}{(n-1)}$	$P'(x <)$	D
128.49	1	0.077	0.923	0.091	0.909	0.014
120.49	2	0.154	0.846	0.182	0.818	0.028
110.43	3	0.231	0.769	0.273	0.727	0.042
151.76	4	0.308	0.692	0.364	0.636	0.056
119.61	5	0.385	0.615	0.455	0.545	0.070
136.41	6	0.462	0.538	0.545	0.455	0.084
102.06	7	0.538	0.462	0.636	0.364	0.098
101.05	8	0.615	0.385	0.727	0.273	0.112
120.79	9	0.692	0.308	0.818	0.182	0.126
138.77	10	0.769	0.231	0.909	0.091	0.140
118.61	11	0.846	0.154	1.000	0.000	0.154
114.81	12	0.923	0.077	1.091	-0.091	0.168

Dari perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorov, dapat dilihat bahwa nilai selisih maksimum yang diperoleh masih berada dalam batas yang diizinkan, sehingga keputusan untuk menggunakan Distribusi Log Pearson III semakin kuat. Selanjutnya, dilakukan Uji Chi Kuadrat, yang merupakan metode statistik lain untuk mengevaluasi perbedaan antara frekuensi yang diamati dalam sampel dengan frekuensi yang diharapkan dari distribusi probabilitas tertentu. Uji ini menghitung nilai Chi Kuadrat (X^2) yang kemudian dibandingkan dengan nilai kritis dari tabel. Jika nilai (X^2) yang dihitung lebih kecil dari nilai kritis, maka hipotesis nol, yang menyatakan bahwa data mengikuti distribusi yang dipilih, dapat diterima. Hasil uji ini juga mendukung pemilihan metode Distribusi Log Pearson III.

Tabel 2 Hasil Perhitungan Uji Chi Kuadrat

Nilai Batas Tiap Kelas	Ef	Of	Ef - Of	(Ef - Of) ² /Ef
129.25 < Xi < 127.73	1.20	2	0.64	0.32
127.73 < Xi < 126.21	1.20	3	3.24	2.70
126.21 < Xi < 124.69	1.20	1	0.04	0.03
124.69 < Xi < 123.17	1.20	0	1.44	1.20
123.17 < Xi < 121.65	1.20	3	3.24	2.70
121.65 < Xi < 120.13	1.20	1	0.04	0.03
120.13 < Xi < 118.61	1.20	0	1.44	1.20
118.61 < Xi < 117.09	1.20	1	0.04	0.03
117.09 < Xi < 115.57	1.20	0	1.44	1.20
115.57 < Xi < 114.05	1.20	1	0.04	0.03
Jumlah	12.00	12	X^2	9.45

Perhitungan uji Chi-Kuadrat terhadap data curah hujan menunjukkan bahwa nilai hasil perhitungan lebih kecil dibandingkan nilai kritis. Hal ini memperkuat kesimpulan bahwa Distribusi Log Pearson III merupakan metode yang paling sesuai untuk menganalisis data curah hujan maksimum tahunan di area penelitian. Dengan demikian, seluruh rangkaian uji statistik ini memberikan dasar yang kuat untuk melanjutkan ke tahap perhitungan debit banjir rencana. Pemilihan metode yang tepat pada tahap awal ini sangat vital karena akan memengaruhi semua hasil analisis dan perencanaan di tahap selanjutnya, termasuk dimensi tanggul yang akan dirancang.

Setelah metode distribusi curah hujan ditentukan, tahap berikutnya adalah perhitungan intensitas curah hujan dengan menggunakan Metode Mononobe. Metode ini termasuk salah satu pendekatan empiris yang umum dipakai untuk menentukan intensitas hujan berdasarkan periode ulang serta durasi kejadian hujan. Dengan menggunakan rumus ini, intensitas curah hujan dapat dihitung untuk berbagai periode ulang, seperti 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun. Perhitungan ini memberikan informasi mengenai seberapa intens curah hujan yang dapat terjadi pada setiap periode ulang, yang menjadi input penting untuk analisis debit banjir. Debit banjir rencana kemudian dihitung menggunakan dua metode, yaitu Metode Rasional dan Metode HSS Gama 1. Metode Rasional adalah metode yang lebih sederhana, yang cocok untuk Daerah Aliran Sungai (DAS) yang relatif kecil. Metode ini memberikan perkiraan awal mengenai besarnya debit banjir. Sementara itu, Metode HSS Gama 1 adalah metode yang lebih kompleks dan sering digunakan untuk memperkirakan hidrograf satuan pada DAS yang lebih besar, dengan mempertimbangkan parameter-parameter empiris yang dikembangkan dari data hidrologi. Metode ini memberikan hasil hidrograf banjir yang lebih detail, termasuk profil debit banjir dari waktu ke waktu. Rekapitulasi hidrograf banjir rencana untuk berbagai periode ulang menunjukkan bahwa untuk periode ulang 50 tahun, debit banjir maksimum yang dihasilkan adalah sebesar 243.51 m³/detik. Nilai ini kemudian menjadi patokan utama dalam perencanaan tanggul. Pemilihan periode ulang 50 tahun dilakukan karena hasil perhitungan debitnya paling mendekati catatan debit banjir historis di kawasan Banjir Kanal Timur (Flood Marking), yaitu sekitar 308 m³/detik. Selain itu, penentuan umur rencana 50 tahun juga mengacu pada standar umum umur layanan tanggul yang berkisar antara 25 hingga 50 tahun, sehingga perencanaan ini dinilai cukup aman sekaligus realistis untuk jangka panjang. Selanjutnya, analisis hidrolika dilakukan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS untuk mengevaluasi kondisi penampang eksisting Sungai Banjir Kanal Timur serta merencanakan dimensi tanggul yang sesuai. Pemodelan ini menggunakan debit banjir rencana sebesar 243.51 m³/detik sebagai input. Penentuan segmen sungai yang dianalisis adalah dari Sta 2+000 hingga Sta 4+000, dengan panjang 2 km. Segmen ini dipilih karena merupakan area rawan luapan dan belum memiliki tanggul yang memadai. Dengan menggunakan HEC-RAS, profil muka air saat debit banjir ini terjadi dapat diprediksi, memberikan gambaran yang jelas mengenai area yang akan tergenang. Data yang dibutuhkan untuk pemodelan ini mencakup data geometri penampang sungai, data debit, dan data hidrolika yang mencakup nilai kekasaran dasar saluran dan dataran banjir.

Tabel 3 Hasil Perhitungan Periode Ulang Tertentu Log Pearson Tipe III

No	Tr Periode	Log Xirt	Sx	Cs	K Log Pearson	Log Pearson Tipe III	
						Log Rr	Rr (mm)
1	2	2.09	0.05	0.04	0.009	2.0866	122.0659
2	5				0.919	2.1345	136.3043
3	10				1.373	2.1584	144.0221
4	25				1.804	2.1811	151.7505
5	50				2.049	2.1940	156.3283
6	100				2.256	2.2049	160.2956

Tabel 4 Hasil Perhitungan Periode Ulang Tertentu Metode Mononobe

Periode Ulang	Intensitas (I)					
	2 tahun	5 tahun	10 tahun	25 tahun	50 tahun	100 tahun
R24 (mm)	122.066	136.304	144.022	151.750	156.328	160.296
1	42.318	47.254	49.930	52.609	54.196	55.571
2	26.659	29.768	31.454	33.142	34.141	35.008
3	20.344	22.717	24.004	25.292	26.055	26.716
4	16.794	18.753	19.815	20.878	21.508	22.054
5	14.473	16.161	17.076	17.992	18.535	19.005
6	12.816	14.311	15.121	15.933	16.413	16.830
7	11.564	12.913	13.645	14.377	14.810	15.186
8	10.579	11.814	12.482	13.152	13.549	13.893
9	9.781	10.921	11.540	12.159	12.526	12.844
10	9.117	10.181	10.757	11.334	11.676	11.972
11	8.556	9.554	10.095	10.636	10.957	11.235
12	8.074	9.015	9.526	10.037	10.340	10.602
13	7.654	8.547	9.031	9.515	9.803	10.051
14	7.285	8.135	8.596	9.057	9.330	9.567
15	6.958	7.769	8.209	8.650	8.911	9.137
16	6.665	7.442	7.863	8.285	8.535	8.752
17	6.401	7.147	7.552	7.957	8.197	8.405
18	6.161	6.880	7.270	7.660	7.891	8.091
19	5.943	6.636	7.012	7.389	7.611	7.805
20	5.743	6.413	6.776	7.140	7.356	7.542
21	5.560	6.208	6.560	6.912	7.120	7.301
22	5.390	6.019	6.359	6.701	6.903	7.078
23	5.232	5.843	6.174	6.505	6.701	6.871
24	5.086	5.679	6.001	6.323	6.514	6.679

Tabel 5 Data Teknis Metode Rasional

Panjang sungai	14.5	km
Luas DAS	253.92	km ²
Koef aliran	0.75	
Kemiringan	0.00129	
Curah hujan rencana R25	151.7505	mm
Gradien Melchior	0.357	
velocity	1.329	km/jam
tc	10.906	jam
I	10.697	mm/jam
Qt	566.337	m ³ /dt

Tabel 6 Hasil Perhitungan Analisis Debit Banjir Metode Rasional

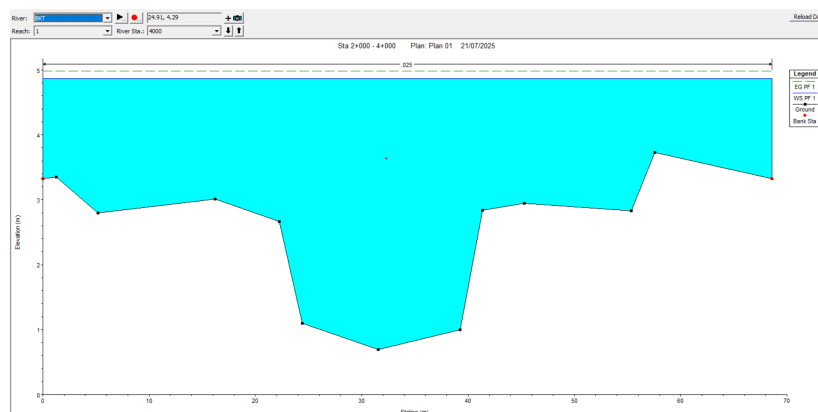
Periode T	Rmax	tc	I	C	A	Q
(Tahun)	(mm)	(jam)	(mm/jam)		(km ²)	(m ³ /dt)
2	122.066	10.906	8.6047056	0.75	253.92	455.5531
5	136.304		9.6084057			508.6913
10	144.022		10.152453			537.4944
25	151.750		10.697244			566.3369
50	156.328		11.019942			583.4213
100	160.296		11.299606			598.2274

Tabel 7 Hasil Perhitungan Analisis Debit Metode HSS Gama I

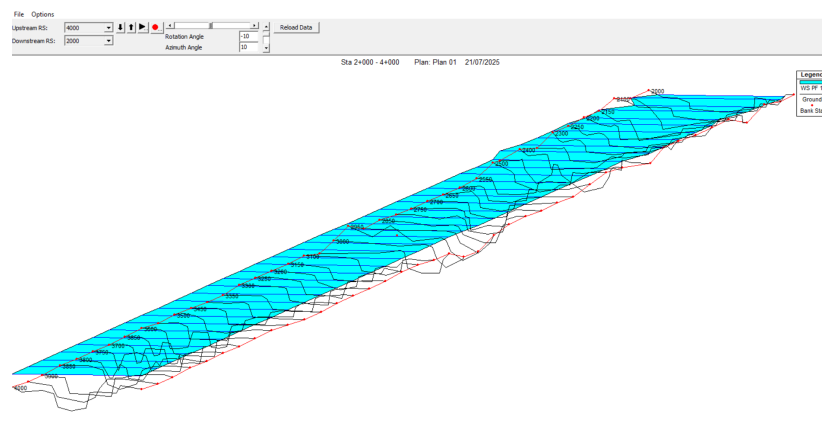
T	Rekapitulasi Hidrograf Banjir Rencana					
	Periode Ulang					
Jam	2 th	5 th	10 th	25 th	50 th	100 th
0	2.37	2.37	2.37	2.37	2.37	2.37
1	178.03	205.24	219.99	234.76	243.51	251.10
2	136.81	162.62	176.60	190.61	198.91	206.10
3	75.33	92.84	102.33	111.83	117.46	122.34
4	43.95	56.80	63.77	70.74	74.88	78.46
5	25.80	35.65	40.99	46.33	49.50	52.24
6	14.61	22.37	26.57	30.78	33.27	35.43
7	7.48	13.70	17.08	20.45	22.45	24.19
8	2.87	7.94	10.68	13.43	15.05	16.47
9	-0.10	4.07	6.32	8.58	9.92	11.08
10	-1.97	1.47	3.34	5.22	6.33	7.29
11	-3.11	-0.23	1.33	2.89	3.81	4.62
12	-3.74	-1.33	-0.02	1.29	2.07	2.74
13	-4.02	-1.98	-0.88	0.22	0.88	1.45
14	-4.06	-2.34	-1.40	-0.47	0.09	0.57
15	-3.94	-2.47	-1.68	-0.89	-0.42	-0.01
16	-3.71	-2.46	-1.79	-1.11	-0.71	-0.36
17	-3.41	-2.35	-1.77	-1.19	-0.85	-0.55
18	-3.07	-2.16	-1.67	-1.17	-0.88	-0.63
19	-2.72	-1.93	-1.51	-1.09	-0.84	-0.62
20	-2.35	-1.68	-1.32	-0.95	-0.74	-0.55
21	-1.99	-1.41	-1.10	-0.79	-0.60	-0.44
22	-1.64	-1.15	-0.88	-0.60	-0.44	-0.31
23	-1.31	-0.88	-0.65	-0.41	-0.27	-0.15
24	-0.99	-0.62	-0.42	-0.22	-0.10	0.01
Max	178.03	205.24	219.99	234.76	243.51	251.10

Tabel 8 Hasil Rekap Perhitungan Debit

Periode T (Tahun)	Log Pearson III (Rmax) (mm)	Q (m ³ /dt)		
		Rasional	HSS Gama I	Flood Marking
2	122.066	455.5531	178.03	308.00
5	136.304	508.6913	205.24	
10	144.022	537.4944	219.99	
25	151.750	566.3369	234.76	
50	156.328	583.4213	243.51 *	
100	160.296	598.2274	251.10	



Gambar 1 Hasil *Running Cross Section* Sta 4+000



Gambar 2 Hasil *Running* pada *Perspective Pot*

Pembahasan

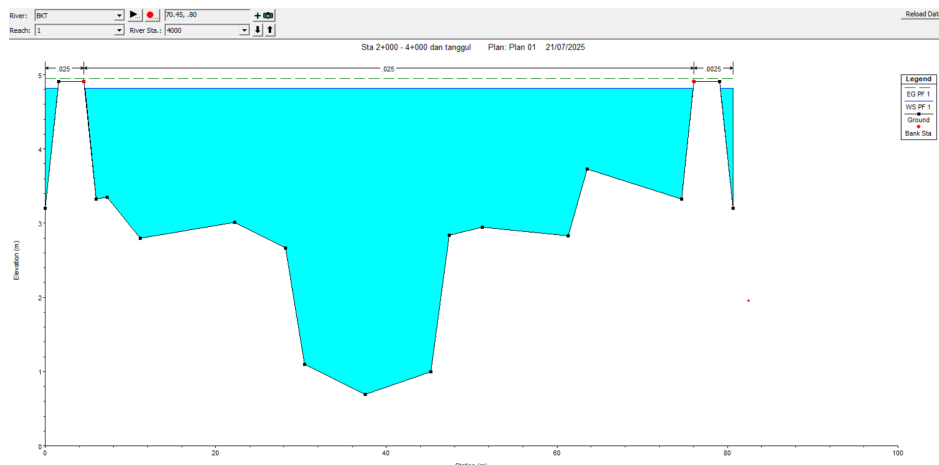
Sungai Banjir Kanal Timur di Kota Semarang, yang memiliki fungsi esensial sebagai saluran drainase utama perkotaan, secara konsisten menghadapi tantangan serius akibat luapan air yang sering terjadi selama musim hujan. Permasalahan ini bukan sekadar insiden terisolasi, melainkan sebuah fenomena berulang yang disebabkan oleh ketidakmampuan kapasitas tampung saluran untuk mengakomodasi debit banjir yang datang. Analisis hidrologi yang mendalam menjadi langkah fundamental dalam upaya mitigasi ini, karena tanpa pemahaman yang akurat mengenai karakteristik debit banjir, setiap upaya perencanaan struktural akan menjadi spekulatif dan tidak efektif. Oleh karena itu, penelitian ini secara khusus mengimplementasikan dua metode hidrologi yang teruji, yaitu metode rasional dan metode HSS Gama 1, untuk mendapatkan nilai debit banjir rencana yang paling representatif dan andal. Dengan menggunakan data curah hujan historis dari tahun 2013 hingga 2024, analisis

statistik yang komprehensif berhasil mengidentifikasi bahwa Distribusi Log Pearson III adalah model statistik yang paling cocok untuk menggambarkan karakteristik curah hujan ekstrem di wilayah studi. Pemilihan metode distribusi ini didukung oleh Uji Smirnov-Kolmogorov dan Uji Chi Kuadrat, yang keduanya mengonfirmasi kesesuaian model tersebut dengan data empiris. Setelah metode distribusi ditetapkan, perhitungan intensitas curah hujan menggunakan Metode Mononobe dilakukan untuk berbagai periode ulang, mulai dari 2 tahun hingga 100 tahun. Data intensitas hujan ini kemudian digunakan sebagai input untuk perhitungan debit banjir menggunakan Metode HSS Gama 1, yang menghasilkan hidrograf banjir yang lebih detail dan akurat dibandingkan dengan Metode Rasional yang lebih sederhana.

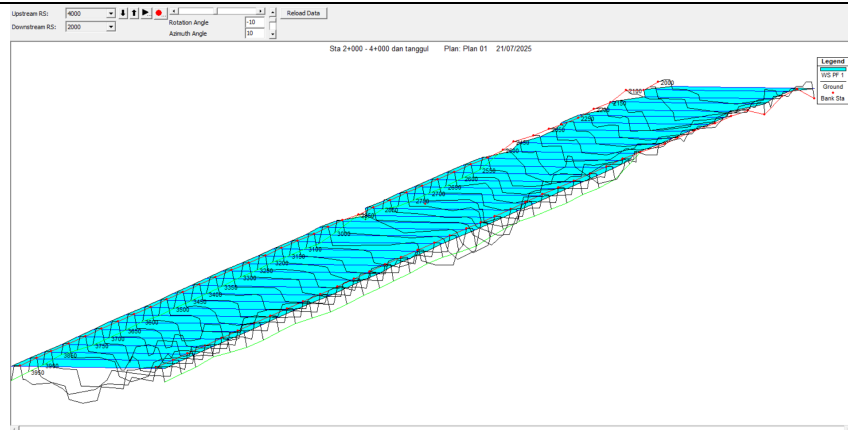
Berdasarkan hasil perhitungan debit banjir menggunakan Metode HSS Gama 1, diperoleh debit banjir dengan periode ulang 50 tahun (Q_{50}) sebesar 243,51 m³/detik. Nilai ini dianggap sebagai acuan utama dalam perencanaan tanggul karena beberapa alasan. Pertama, nilai ini secara empiris mendekati catatan debit banjir historis yang pernah terjadi di kawasan tersebut, yaitu sekitar 308 m³/detik yang menunjukkan bahwa model ini mampu memprediksi kondisi yang realistis. Kedua, pemilihan periode ulang 50 tahun sejalan dengan standar umum dalam desain infrastruktur pengendali banjir, yang bertujuan untuk memberikan umur layanan yang aman dan tahan lama. Dengan demikian, nilai debit 243.51 m³/detik ini tidak hanya relevan secara teknis, tetapi juga secara praktis dalam konteks perencanaan infrastruktur jangka panjang.

Langkah selanjutnya dalam penelitian ini adalah analisis hidrolika menggunakan pemodelan dua dimensi HEC-RAS, yang bertujuan untuk mengevaluasi dampak dari debit banjir Q_{50} terhadap penampang eksisting sungai. Pemodelan ini dilakukan pada segmen sungai yang paling rawan, yaitu dari Sta 2+000 sampai Sta 4+000. Data geometri penampang sungai, data debit banjir, dan parameter kekasaran Manning's n diinput ke dalam HEC-RAS untuk mensimulasikan aliran air. Hasil simulasi ini menunjukkan bahwa pada saat debit banjir mencapai 243.51 m³/detik, air akan meluap dari penampang eksisting sungai, mengonfirmasi perlunya tindakan penanganan yang konkret.

Pemodelan HEC-RAS ini juga memungkinkan peneliti untuk merencanakan dan menguji dimensi tanggul yang optimal untuk mengatasi luapan air. Melalui serangkaian simulasi, ditemukan bahwa tanggul dengan tinggi 3 meter dari dasar sungai dan lebar 3 meter adalah dimensi yang paling efektif untuk menampung debit banjir Q_{50} . Dengan adanya tanggul ini, elevasi muka air saat banjir tidak lagi akan melebihi tinggi tanggul, sehingga luapan air dapat dicegah secara efektif. Dimensi ini dipilih berdasarkan keseimbangan antara efektivitas fungsional dan pertimbangan biaya konstruksi, serta ketersediaan lahan di sekitar sungai. Perencanaan ini memberikan solusi yang konkret dan terukur untuk masalah banjir yang selama ini mengganggu masyarakat di sekitar Sungai Banjir Kanal Timur.



Gambar 3 Hasil Running Tanggul Cross Section Sta 4+000



Gambar 4 Hasil Running Tanggul pada Perspective Plot

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi bahwa Sungai Banjir Kanal Timur sering mengalami luapan air akibat debit banjir yang melebihi kapasitas saluran, dan analisis yang dilakukan menunjukkan bahwa metode HSS Gama 1 adalah pendekatan yang paling andal untuk memperkirakan debit banjir di wilayah studi. Hasil analisis hidrologi menunjukkan bahwa debit banjir dengan periode ulang 50 tahun (Q_{50}) diperoleh sebesar $243.51 \text{ m}^3/\text{detik}$. Untuk mengatasi luapan air akibat debit banjir tersebut, analisis hidrolika menggunakan pemodelan HEC-RAS dua dimensi merekomendasikan pembangunan tanggul di sepanjang segmen Sta 2+000 hingga Sta 4+000 dengan dimensi optimal, yaitu tinggi 3 meter dari dasar sungai dan lebar 3 meter. Dimensi ini dirancang untuk memastikan bahwa kapasitas tampung sungai dapat mengakomodasi debit banjir rencana, sehingga risiko luapan air dapat diminimalisasi secara efektif.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ardhinata, A.K., & Fuqoga, G.T. (2024). Simulasi Hidrologi dan Hidrolika Saluran Utama ke Rencana Kolam Retensi Kaligawe [Tugas Akhir, Universitas Islam Sultan Agung]. Unissula Institutional Repository. <https://repository.unissula.ac.id/36496/>.
- Budiman, Agus Kris. (2022). Penanggulangan Banjir pada Sungai Babon Semarang Wilayah Karang Roto – Banjardowo Menggunakan Aplikasi HEC-RAS [Skripsi, Universitas PGRI Semarang].
- Istiarto. (2014). Simulasi Aliran 1-Dimensi dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS. Lokasi Sta 2+000 sampai 4+000 pada Sungai Banjir Kanal Timur. <https://earth.google.com/web/@-6.96498062,110.4409959,4.12752773a,4951.59409237d,30y,0h,0t,0r/data=CgRCAggBMikKJwolCiExZGxlQmhmRGsyMm5oSjllYjFSY2Y3ZWVhM0l6NXlqQ0EgAToDCgEwQgIIAEoICKHm67cGEAE>.
- Martiani, D.N., Juliya, Melathi. (2020). Tutorial Program HEC-RAS untuk Analisa Hidrolika Sistem Drainase. [Kerja Praktik, Institut Teknologi Sepuluh Nopember].