

Contents list available at journal.uib.ac.id**Journal of Civil Engineering and Planning**Journal homepage: <https://journal.uib.ac.id/index.php/jce>

Flood Analysis of Pepe Baru River Sub-Watershed Using HEC-RAS 4.1 Aplikasi.

Analisis Banjir Sub Daerah Aliran Sungai Pepe Baru Menggunakan Aplikasi HEC-RAS 4.1.

Paska Wijayanti^{1*}, Kukuh Kurniawan Dwi Sungkono¹, Reki Arbianto¹, Dhody Budi Utomo¹¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tunas Pembangunan SurakartaEmail korespondensi: paska.wijayanti@lecture.utp.ac.id

INFO ARTIKEL	ABSTRAK
<p>Kata kunci :</p> <p>Debit banjir, DAS, HSS Nakayasu</p>	<p>Peningkatan alih fungsi lahan dari daerah resapan menjadi kawasan terbangun telah menyebabkan meningkatnya limpasan permukaan dan berkurangnya kapasitas tampungan alami sungai, akibatnya risiko terjadinya banjir meningkat seiring dengan tingginya intensitas curah hujan. Salah satu kawasan yang sering mengalami genangan dan banjir adalah daerah Sekip Kadapiro, yang terletak di Sub-DAS Pepe Baru, bagian dari DAS Pepe. Wilayah ini berada di kawasan Kota Surakarta dan sekitarnya, sehingga secara hidrologis memiliki keterkaitan dengan sistem DAS Pepe. Hujan deras pada Januari 2023, menyebabkan sekitar enam rumah warga Sekip Kadapiro terendam banjir. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besar debit banjir rencana kala ulang 20 tahun dan mesimulasi banjir Sub-DAS Pepe Baru pada daerah Sekip Kelurahan Kadapiro menggunakan aplikasi HEC-RAS 4.1. Data yang digunakan meliputi data curah hujan selama 17 tahun, data karakteristik Sub-DAS Pepe Baru, dan data geometri sungai daerah Sekip Kadapiro yang diolah dengan aplikasi QGIS 3.10. Hasil perhitungan didapatkan curah hujan rencana kala ulang 20 tahun dengan metode Log Pearson III sebesar 359.422 mm, analisis hujan jam-jaman dengan metode ABM selama 4 jam, hujan efektif dengan metode SCS-CN selama 4 jam, dan debit banjir rencana kala ulang 20 tahun maksimum dengan metode HSS Nakayasu sebesar 1745.42 m³/detik. Hasil simulasi hidraulika dengan HEC-RAS 4.1 menunjukkan bahwa ketinggian muka air banjir berada pada elevasi rata-rata 1,75 m di atas puncak tanggul. Hal ini menandakan terjadinya kapasitas aliran yang terlampaui, sehingga Sub-DAS Pepe Baru tidak mampu menampung debit banjir rencana dan berpotensi menimbulkan luapan ke area permukiman.</p>
ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Keywords:</p> <p>Flood discharge, watershed, Nakayasu HSS</p>	<p><i>The increasing conversion of land use from catchment areas to built-up areas has caused increased surface runoff and reduced natural river storage capacity, resulting in an increased risk of flooding along with high rainfall intensity. One area that frequently experiences inundation and flooding is the Sekip Kadapiro area, which is located in the Pepe Baru Sub-watershed, the Pepe Watershed part. This area is located in Surakarta City area and its surroundings, so it is hydrologically related to the Pepe Watershed system. Heavy rain in January 2023 caused around six houses of Sekip Kadapiro residents to be flooded. This study purpose was to determine planned flood discharge magnitude for a 20-year period and simulate the Pepe Baru Sub-watershed flood in the Sekip area of Kadapiro Village using the HEC-RAS 4.1 application. The data used included 17 years of rainfall data, Pepe Baru Sub-watershed characteristics data, and river geometry data in the Sekip Kadapiro area processed with the QGIS 3.10 application. The calculation results obtained a 20-year return period design rainfall using Log Pearson III method of 359,422 mm, hourly rainfall analysis using ABM method for 4 hours, effective rainfall using SCS-CN method for 4 hours, and a maximum 20-year return period design flood discharge using HSS Nakayasu method of 1745.42 m³/second. Hydraulic simulations results with HEC-RAS 4.1 show that the flood water level is at an average elevation of 1.75 m above the embankment crest. This indicates that the flow capacity has been exceeded, so that the Pepe Baru Sub-watershed is unable to accommodate the design flood discharge and has the potential to cause overflow into residential areas.</i></p>

1. Pendahuluan

Banjir adalah salah satu bencana hidrometeorologis yang sering melanda Indonesia, berdasarkan data statistik Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) kejadian banjir mencapai 80,79% dari total kejadian bencana yang terjadi di bulan Januari 2025[1] dan berdampak besar pada berbagai sektor kehidupan. Faktor penyebabnya antara lain tingginya curah hujan, pengelolaan sungai yang kurang optimal, kondisi topografi, sedimentasi sungai, serta alih fungsi lahan di daerah aliran sungai yang mengganggu keseimbangan tata air. Salah satu daerah yang sering menghadapi masalah banjir adalah Sub-Daerah Aliran Sungai (Sub-DAS) Pepe Baru, yang secara administratif berada di wilayah Kampung Sekip Kadipiro, merupakan bagian dari sistem Daerah Aliran Sungai (DAS) Bengawan Solo. Secara hidrologis, kawasan ini berfungsi sebagai daerah tangkapan air yang berkontribusi terhadap debit aliran Sungai Bengawan Solo, sehingga memiliki peranan penting dalam pengendalian tata air dan potensi banjir di wilayah sekitarnya. Kondisi wilayah yang relatif datar, pertumbuhan pembangunan permukiman yang pesat, dan menurunnya kapasitas saluran air mengakibatkan frekuensi banjir di daerah ini meningkat setiap tahun. Analisis banjir di suatu Sub-DAS sangat penting untuk memahami karakteristik arus sungai, kapasitas penampang, dan potensi limpasan saat terjadi puncak aliran. Salah satu metode yang sering diterapkan dalam analisis hidraulik sungai adalah pemodelan aliran menggunakan HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center's River Analysis System*), sebuah aplikasi yang dikembangkan untuk melakukan simulasi aliran satu dimensi maupun dua dimensi pada sistem sungai dan saluran terbuka.

Penelitian sebelumnya, Idham Yunanto, dkk (2016), telah merancang kriteria penilaian kinerja sungai dengan menitikberatkan pada aspek fungsi bangunan di Sub-DAS Pepe Baru. Debit banjir rencana dianalisis untuk kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun dengan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu. Hasil penilaian menunjukkan bahwa fungsi komponen sungai, yang mencakup bangunan pelindung, bangunan pengaturan, dan bangunan pendukung, termasuk dalam kategori cukup, sehingga tidak direkomendasikan adanya tindakan rehabilitasi terhadap komponen-komponen sungai tersebut [2]. Pada penelitian tersebut tidak dilakukan analisis hidraulika dan pemodelan aliran, sehingga tidak dapat diketahui elevasi ketinggian aliran banjir.

Simulasi kondisi aliran di hilir Sungai Likupang dilakukan secara satu dimensi dengan memanfaatkan perangkat lunak HEC-RAS untuk mensimulasikan kondisi eksisting aliran sungai, sehingga dapat diketahui karakteristik aliran, kecepatan air, elevasi muka air, kapasitas sungai, dan titik rawan banjir. Hasil simulasi model HEC-RAS mengidentifikasi profil aliran Sungai Likupang dengan debit Q25th dan Q50th terjadi banjir pada 17 titik rawan banjir sehingga menunjukkan kondisi eksisting sungai belum mampu menampung debit tersebut secara optimal [3]

Faktor yang mempengaruhi besar kecilnya banjir adalah distribusi, durasi dan intensitas hujan. Jika faktor penting ini diketahui dengan akurat maka dapat ditentukan bentuk penanggulangan banjir yang tepat [4]. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besar debit banjir rencana kala ulang 20 tahun dan mensimulasi banjir Sub-DAS Pepe Baru pada daerah Sekip Kelurahan Kadipiro menggunakan aplikasi HEC-RAS 4.1. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah pemutakhiran data hujan hingga tahun 2024 dan melakukan permodelan aliran Sub-DAS Pepe baru Sekip Kadipiro menggunakan aplikasi HEC-RAS 4.1. berdasarkan perhitungan hidrograf banjir rencana metode HSS Nakayasu. Hasil dari analisis ini diharapkan dapat menjadi dasar untuk perencanaan pengendalian banjir yang lebih efektif dan berkelanjutan di kawasan tersebut. Selain itu, studi ini juga berkontribusi pada pengembangan kajian hidrologi dan hidraulika dalam konteks perencanaan tata ruang yang berfokus pada mitigasi bencana.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Sub Daerah Aliran Sungai (Sub-DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu wilayah daratan yang secara topografis dibatasi oleh punggung bukit, yang berfungsi sebagai daerah tangkapan air. Air hujan yang jatuh di wilayah ini akan dikumpulkan, ditampung, dan dialirkan melalui sistem anak-anak sungai menuju sungai utama, kemudian keluar pada satu titik keluaran (*outlet*) [5]. DAS terdiri dari sejumlah sub-DAS yang berinteraksi secara hidrologis dalam membentuk sistem aliran sungai secara keseluruhan, sehingga sub-DAS merupakan bagian wilayah kecil dari suatu DAS [6].

2.2 Analisis Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari gerakan dalam air dan selalu terkait dengan air karena air sangat penting untuk kehidupan sehari-hari [7]. Analisis hidrologi merupakan salah satu faktor yang paling berpengaruh dalam perencanaan sistem sumber daya air, terutama dalam menentukan besarnya kapasitas sungai yang diperlukan untuk mengendalikan aliran permukaan agar tidak menimbulkan banjir [8]. Data curah hujan merupakan salah satu komponen utama dalam analisis hidrologi. Informasi ini sangat penting dalam berbagai perhitungan, seperti analisis frekuensi hujan, penentuan curah hujan rencana, perhitungan hujan efektif, serta estimasi debit banjir rencana, yang menjadi dasar dalam perencanaan dan pengelolaan sumber daya air [9].

2.3 Uji Konsistensi Data Hujan

Dalam analisis hidrologi, uji konsistensi merupakan tahap awal yang penting sebelum data curah hujan digunakan dalam perhitungan lebih lanjut untuk memastikan bahwa data tersebut memiliki tingkat keandalan dan keseragaman yang baik karena dalam proses pencatatan curah hujan sering kali terdapat ketidaksesuaian data yang disebabkan oleh kesalahan pencatatan, gangguan alat pencatat, perubahan lingkungan sekitar stasiun hujan, maupun perpindahan lokasi pos hujan. Apabila terdapat data hilang atau kosong, maka pengisian data dapat dilakukan dengan menggunakan metode perbandingan terhadap pos hujan terdekat yang memiliki karakteristik curah hujan serupa [10]. Metode *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS) merupakan salah satu teknik statistik yang banyak digunakan untuk menguji konsistensi data curah hujan, persamaannya yaitu [11].

$$S_k^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y}) \quad (1)$$

$$S_k^{**} = \frac{S_k^*}{D_y} \quad (2)$$

$$D_y^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - \bar{Y})^2}{n} \quad (3)$$

$$Q = \max |S_k^{**}|, 0 \leq k \leq n, \text{ atau} \quad (4)$$

$$R = \text{maksimum } S_k^{**} - \text{minimum } S_k^{**}, \text{ dengan } 0 \leq k \leq n$$

Dimana: Y_i = data hujan ke- i , \bar{Y} = data hujan rerata- i , D_y = deviasi standar, n = jumlah data.

Jika Q/\sqrt{n} yang didapat lebih kecil dari nilai kritik untuk tahun dan tingkat kepercayaan yang sesuai, maka data hujan dinyatakan konsisten.

2.4 Hujan rencana

Hujan rencana didefinisikan sebagai perkiraan curah hujan maksimum yang diperkirakan akan terjadi pada periode ulang tertentu. Estimasi ini diperoleh melalui proses analisis frekuensi hidrologi, yang berfungsi untuk memproyeksikan kejadian hujan ekstrem di masa depan serta menentukan keterkaitan

antara besarnya kejadian ekstrem dengan peluang terjadinya, menggunakan pendekatan distribusi probabilitas [5]. Analisis frekuensi adalah metode statistik yang digunakan untuk menentukan peluang terjadinya suatu besaran hujan ekstrem berdasarkan data curah hujan historis. Tujuan utamanya adalah untuk mengetahui hubungan antara besarnya curah hujan dan kemungkinan kejadiannya [12]. Dalam analisis hidrologi menggunakan parameter-parameter statistik seperti harga rata-rata, standar deviasi, dan beberapa koefisien-koefisien. Dalam metodenya, analisis hidrologi mencari curah hujan rencana, perhitungan intensitas hujan, dan analisis debit banjir rencana [13], persamaannya sebagai berikut.

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (5)$$

$$S_d = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2} \quad (6)$$

$$C_v = \frac{S_d}{\bar{X}} \quad (7)$$

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S_d^3} \quad (8)$$

Dimana: \bar{X} = nilai rata-rata curah hujan, X_i = nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke-1, n = jumlah data hujan S_d = standar deviasi curah hujan, C_v = koefisien variasi curah hujan, C_s = koefisien kemencengan.

Pemilihan jenis distribusi probabilitas hujan yang cocok dilakukan berdasarkan uji kesesuaian distribusi, agar hasil perhitungan hujan rencana benar-benar mencerminkan karakteristik statistik dari data hujan di wilayah penelitian. Uji kesesuaian distribusi pada penelitian ini menggunakan metode Smirnov-Kolmogorov. Apabila nilai D_n lebih kecil daripada D_{kritis} pada tingkat kepercayaan yang telah ditentukan, maka distribusi dianggap sesuai. Tahapan pelaksanaan uji Smirnov-Kolmogorov adalah sebagai berikut:

1. Menata data curah hujan rata-rata tahunan secara berurutan, baik mulai dari nilai tertinggi hingga terendah maupun sebaliknya.
2. Menentukan probabilitas untuk setiap data curah hujan dengan menggunakan rumus Weibull, yang dapat dihitung melalui persamaan berikut.

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (9)$$

Dimana: P = peluang kejadian dalam persen, m = urutan data dalam rangkaian, n = jumlah total data yang tersedia.

3. Untuk menentukan selisih terbesar antara distribusi empiris ($P_{empiris}$) dan distribusi teoritis ($P_{teoritis}$), perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus berikut.

$$\Delta = \text{maksimum } |P_{teoritis} - P_{empiris}| \quad (10)$$

4. Distribusi uji Kolmogorov-Smirnov akan diterima apabila nilai $\Delta \leq \Delta_{kritis}$.

Beberapa metode distribusi probabilitas digunakan dalam analisis frekuensi data hujan antara lain [14].

1. Distribusi Normal, persamaannya sebagai berikut.

$$X = \mu + z \sigma \quad (11)$$

$$P(z) = \frac{1}{T} \quad (12)$$

$$F(z) = 1 - P(z) \quad (13)$$

Dimana: X = curah hujan rencana, μ = curah hujan rerata, z = faktor frekuensi distribusi normal, σ = standar deviasi, $P(z)$ = probabilitas kontinu, T = kala ulang, dan $F(z)$ = probabilitas komulatif.

2. Distribusi Log Normal, persamaannya sebagai berikut.

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } P} + K_T S_d \quad (14)$$

Dimana: X_T = curah hujan rencana, P = nilai rata-rata curah hujan, K_T = faktor frekuensi dari Distribusi Normal, dan S_d = standar deviasi.

3. Distribusi Gumbel, persamaannya sebagai berikut.

$$X_T = \bar{x} + K S \quad (15)$$

$$K = \frac{Y_T - Y_N}{S_n} \quad (16)$$

$$Y_T = -\ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \quad (17)$$

Dimana: X_T = curah hujan rencana, \bar{x} = nilai rata-rata curah hujan, K = faktor frekuensi, S = standar deviasi, Y_T = reduced variated, S_n = simpangan baku dari variasi Gumbel, Y_n = nilai rata-rata dari variasi Gumbel, dan T = kala ulang.

4. Distribusi Log Pearson III, persamaannya sebagai berikut.

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X} + K_T (S \log X) \quad (18)$$

Dimana : X_T = curah hujan rencana, X = nilai rata-rata curah hujan, K_T = faktor frekuensi untuk Distribusi Log Pearson III, dan S = simpangan baku.

Hasil dari analisis frekuensi ini berupa besaran hujan rencana untuk berbagai kala ulang (T) yang selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam perhitungan debit banjir rencana [15].

2.5 Hujan Jam-jaman

Data hujan dengan interval jam-jaman sangat penting untuk mengetahui pola distribusi curah hujan terhadap waktu (hyetograph). Informasi ini menjadi dasar dalam menganalisis dan memperkirakan respons hidrologi suatu DAS terhadap suatu peristiwa hujan. Namun, ketersediaan data hujan jam-jaman di Indonesia masih terbatas karena tidak semua stasiun pengamatan hujan dilengkapi dengan alat pencatat otomatis. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode untuk menurunkan distribusi hujan jam-jaman dari intensitas hujan.

Jika waktu pendek, tidak ada data hujan periodik, dan hanya terdapat data dari hujan harian, maka intensitas hujan bisa dihitung menggunakan rumus Mononobe [5], [14] yaitu

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (19)$$

Dimana: I = Intensitas hujan dengan kala ulang T untuk durasi t (mm/jam), R_{24} = curah hujan maksimum selama 24 jam (mm/hari), dan t = durasi hujan (jam).

Salah satu metode yang banyak digunakan untuk menghitung hujan jam-jaman adalah Metode ABM (*Alternating Block Method*). Perbedaan antara nilai kedalaman hujan pada setiap interval waktu menunjukkan besarnya tambahan hujan dalam selang waktu Δt . Tambahan hujan tersebut kemudian disusun dalam bentuk blok-blok hujan dan diatur ulang dalam urutan waktu, dengan blok berintensitas maksimum ditempatkan di posisi tengah dari durasi T_d . Selanjutnya, blok-blok lainnya diurutkan secara menurun dan disusun secara bergantian di sisi kanan dan kiri blok tengah tersebut.

2.6 Hujan efektif metode SCS-CN

Metode ini mempertimbangkan berbagai faktor dalam perhitungannya, antara lain jenis tanah, upaya konservasi, kondisi hidrologi tanah, serta kelembaban awal tanah. Selain itu, parameter penting yang

sangat memengaruhi hasil perhitungan adalah abrasi awal, yang dipengaruhi oleh faktor penggunaan lahan, kondisi vegetasi dan penahan, tingkat permeabilitas tanah, ketersediaan sedimen, serta kondisi kelembaban tanah pada awal kejadian [6]. telah mengembangkan indeks yang disebut angka kurva limpasan. Rumusnya adalah :

$$\sum Pe = \frac{(\sum P - Ia)^2}{\sum P - Ia + S} = \frac{(\sum P - 0,2 * S)^2}{\sum P + 0,8 * S} \quad (20)$$

$$Ia = 0,2 * S \quad (21)$$

$$S = 25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (22)$$

Dimana: $\sum Pe$ = kedalaman curah hujan efektif (mm), $\sum P$ = kedalaman curah hujan, S = kapasitas maks tanah menahan air sebagian besar disebabkan oleh penyerapan (mm), Ia = hisapan awal (mm).

2.7 Hidrograf Satuan Sintesis Metode Nakayasu

Metode Nakayasu adalah salah satu pendekatan dalam Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) yang banyak dimanfaatkan dalam studi hidrologi, terutama untuk memperkirakan debit banjir rencana. Metode ini dikembangkan oleh Nakayasu di Jepang berdasarkan hasil analisis terhadap hidrograf satuan alami dari berbagai DAS di negara tersebut. Melalui pengamatan tersebut, Nakayasu berhasil merumuskan suatu pendekatan empiris untuk membentuk hidrograf satuan sintesis yang dapat menggambarkan respon hidrologis suatu DAS terhadap hujan efektif satuan [16], [17]. Persamaan HSS Nakayasu sebagai berikut.

$$Q_p = \frac{1}{3,6} * A * \frac{R_o}{(0,3 * T_p * T_{0,3})} \quad (23)$$

$$T_p = t_g + (0,8) * t_r \quad (24)$$

$$T_{0,3} = \alpha * (t_g) \quad (25)$$

$$t_g = (0,2) * L^{0,7} \quad \text{untuk } L < 15 \text{ km} \quad (26)$$

$$t_g = 0,40 + 0,058 L \quad \text{untuk } L > 15 \text{ km} \quad (26)$$

$$t_r = \text{durasi hujan efektif yang nilainya } 0,5 \text{ sampai } 1 t_g \quad (27)$$

Pada bagian kurva naik, berlaku untuk interval waktu $0 \leq t \leq T_p$,

$$Q_t = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \quad (28)$$

Pada bagian kurva turun 1, dengan $T_p < t < (T_p + T_{0,3})$

$$Q_t = Q_p * 0,30 \left(\frac{t - T_p}{T_{0,3}} \right) \quad (29)$$

Pada bagian kurva turun 2, dengan $(T_p + T_{0,3}) < t < (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

$$Q_t = Q_p * 0,30 \left(\frac{t - T_p + 0,5 T_{0,3}}{1,5 T_{0,3}} \right) \quad (30)$$

Pada bagian kurva turun 3, dengan $t > (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

$$Q_t = Q_p * 0,30 \left(\frac{t - T_p + 1,5 T_{0,3}}{2 * T_{0,3}} \right) \quad (31)$$

Dimana: Q_p = debit puncak ($m^3/detik$), A = luas DAS (km^2), R_o = curah hujan satuan (mm), T_p = waktu puncak (jam), $T_{0,3}$ = waktu yg diperlukan utk menurunkan debit dari Q_p s/d $0,3 Q_p$, L = panjang sungai (km), T_g = waktu konsentrasi (jam), T_r = satuan waktu hujan (jam), $\alpha = 2$ untuk DAS biasa, $\alpha = 1,5$ untuk hidrograf naik yg lambat, $\alpha = 3$ untuk hidrograf naik yg cepat.

2.8 Aliran Dasar (*Baseflow*)

Perhitungan aliran dasar (*baseflow*) dalam suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) sangat penting untuk mengetahui ketersediaan air yang berasal dari *subsurface flow* secara perlahan keluar ke sungai,

terutama saat tidak ada hujan. Salah satu metode perhitungannya dengan pendekatan sebagai fungsi DAS, antara lain kerapatan jaringan sungai dan panjang sungai utama [18] [19].

$$Dd = \frac{L}{A} \quad (32)$$

$$Q_b = 0,475 \cdot A^{0,6444} \cdot Dd^{0,9435} \quad (33)$$

Dimana: Dd = kerapatan jaringan sungai (km/km^2), L = panjang sungai utama (km), A = luas DAS (km^2), Q_b = aliran dasar (m^3/detik).

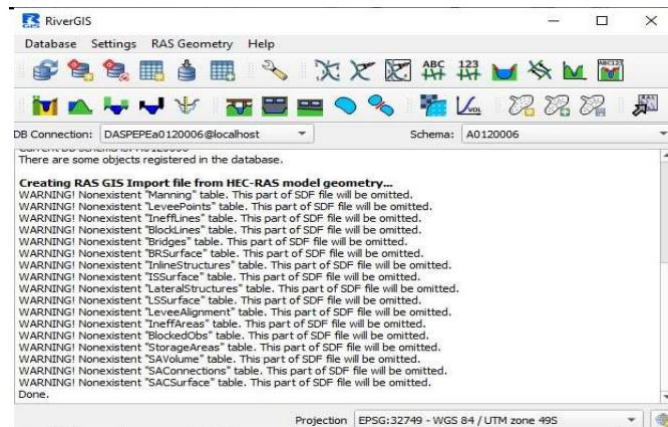
2.9 Geometri sungai menggunakan QGIS

QGIS (*Quantum Geographic Information System*) merupakan salah satu aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) yang memungkinkan pengguna untuk memuat, mengelola, menganalisis, serta menampilkan peta digital dengan berbagai lapisan (layer) dalam satu proyek pemetaan. QGIS memiliki peran penting dalam penentuan geometri sungai, delineasi sub-DAS, pengukuran luas DAS, panjang aliran utama, kemiringan sungai, serta pembuatan peta topografi dan peta tata guna lahan. Informasi geospasial yang diperoleh dari QGIS kemudian dapat digunakan sebagai input dalam pemodelan hidrologi dan hidraulika [20]. Geometri sungai didapatkan menggunakan RiverGIS yang melibatkan penggunaan plugin QGIS untuk menciptakan model hidrolik. Plugin ini memungkinkan pembuatannya melalui tabel basis data sungai dalam proyek QGIS dan memuat geometri ke dalam model, sehingga memudahkan analisis karakteristik aliran sungai [21].

2.10 Analisa Hidraulika menggunakan HEC-RAS

HEC-RAS merupakan aplikasi analisis hidraulik terpadu yang dapat dioperasikan melalui antarmuka pengguna grafis (GUI) dan memiliki kemampuan untuk menghitung profil muka air pada kondisi aliran permanen, aliran tidak permanen, perancangan hidraulik, serta transportasi sedimen [22]. Input data geometri Sungai pada HEC-RAS diolah menggunakan aplikasi QGIS. Langkah-langkah pengolahan geometri sungai di QGIS sebagai berikut.

1. Dikarenakan menggunakan pluggin RiverGis pada Aplikasi QGIS, sedangkan dalam menggunakan RiverGis memerlukan akun PostgreSQL, maka terlebih dahulu membuat akun PostgreSQL.
2. Jalankan Aplikasi QGIS lalu pilih new project dan mengganti Project Coordinate Reference System (CRS), dikarenakan letak lokasi penelitian di Jawa Tengah maka menggunakan WGS 84/UTM zone 49S EPSG:32749.
3. Memasukan file DEM yang diunduh dari website DEMNAS, lalu dipotong menyesuaikan lokasi penelitian dilakukan.
4. Selanjutnya membuka pluggin RiverGIS yang sebelumnya telah diinstal.
5. Buat *Schema* baru pada aplikasi RiverGIS
6. Membuat River Database Tables, kemudian memberi centang pada Stream Centerlines, XS Cut Lines, Bank Lines, Flowpath Centerlines.
7. Buka QGIS akan tampak tampilan pada layer sebelah kiri yang menunjukkan jika telah berhasil dalam membuat RAS Layer pada RiverGIS.
8. Membuat jalur sungai dengan mengedit layer Stream Centerlines dan menambahkan hulu dan hilir yang ingin ditentukan.
9. Mengedit layer Banklines kanan dan kiri dari jalur Stream Centerlines; layer Flowpath pada kanan dan kiri dari jalur Banklines; dan layer XSCutlines atau Cross Section sesuai dengan kebutuhan jumlah penampang yang diinginkan.
10. Dengan bantuan plugin RiverGis untuk membuat RAS GIS Import File, yang bertujuan untuk membuat geometri aliran sungai pada aplikasi Hec-Ras.



Gambar 1. Tampilan telah selesai membuat RAS GIS Import File

3. Metode Penelitian

Pengumpulan data pada penelitian ini adalah data sekunder yang terdiri dari data hujan harian stasiun hujan Waduk Cengklik selama 16 tahun (2008-2023), karakteristik Sub-DAS Pepe Baru, dan data penggunaan lahan CN. Data hujan dan karakteristik Sub-DAS Pepe Baru diperoleh dari Balai Pekerjaan Umum Sumber daya Air dan Penataan Ruang (PUSDATARU) Bengawan Solo, sedangkan data penggunaan lahan CN diperoleh dari penelitian sebelumnya [23]. Stasiun hujan Waduk Cengklik dipilih karena mewakili hujan yang jatuh di lokasi penelitian dan dekat dengan stasiun hujan.

Penelitian ini berlokasi di kampung Sekip Kelurahan Kadipiro Kecamatan Banjarsari Kota Surakarta yang berada pada Sub-DAS Pepe Baru dan termasuk dalam sistem DAS Bengawan Solo.



Gambar 2. Lokasi Sekip Kadipiro
Sumber: Google Earth

Langkah analisis banjir Sub-DAS Pepe Baru menggunakan aplikasi HEC-RAS 4.1 sebagai berikut.

1. Analisis hidrologi

- a. Penentuan kala ulang perencanaan berdasarkan jenis bangunan yaitu sungai.
- b. Analisis curah hujan maksimum
- c. Uji konsistensi data hujan dari stasiun hujan Waduk Cengklik menggunakan metode RAPS.
- d. Analisis parameter statistik data hujan
- e. Analisis pemilihan metode distribusi curah hujan dengan uji distribusi menggunakan metode Smirnov-Kolmogorov
- f. Analisis hujan jam-jaman menggunakan metode ABM.
- g. Analisis hujan efektif menggunakan metode SCS-CN
- h. Analisis debit banjir menggunakan hidrograf satuan sintesis metode Nakayasu
- i. Analisis aliran dasar (*baseflow*)

2. Analisis hidraulika

- a. Penentuan geometri sungai menggunakan QGIS 3.10.
- b. Simulasi banjir Sub-DAS Pepe Baru Daerah Sekip Kadapiro menggunakan HEC-RAS 4.1.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Kala ulang perencanaan

Pemilihan teknik analisis dalam penentuan banjir rencana sangat bergantung pada ketersediaan data hidrologi, karakteristik DAS, serta jenis bangunan air yang akan direncanakan. Dalam praktiknya, banjir rancangan dipilih agar bangunan air mampu bertahan dan berfungsi dengan aman terhadap kemungkinan kejadian banjir selama umur layanannya, terdapat beberapa kriteria pertimbangan lain yang penting dalam pemilihan banjir rencana [5], yaitu:

Tabel 1. Kriteria dalam Menentukan Kala Ulang untuk Banjir Rencana

Jenis Bangunan	Kala Ulang (Tahun)
Bendungan urugan tanah/batu	1000
Bendungan beton/batu kali	500 - 1000
Bendung	50 - 100
Saluran kanal pengelak banjir	20 - 50
Tanggul Sungai	10 - 20
Drainase saluran	5 - 10

Sumber: *Morfologi Sungai [24]*

Kala ulang perencanaan pada analisis hujan rencana dan debit banjir rencana Sub-DAS Pepe Baru menggunakan 20 tahun.

4.2 Analisis Curah Hujan Maksimum

Analisis terhadap curah hujan maksimum rata-rata dilakukan dengan mengolah data dari stasiun hujan yang berada di sekitar wilayah Sub-DAS Pepe Baru. Penentuan nilai curah hujan rata-rata wilayah menggunakan data dari pos hujan di Waduk Cengklik Boyolali, yang merupakan pos terdekat dengan Sub-DAS Pepe Baru. Hasil analisis tersebut memberikan informasi yang diperlukan untuk menentukan intensitas hujan rencana, yang selanjutnya digunakan dalam berbagai kajian hidrologi seperti perhitungan debit banjir rencana atau analisis kapasitas saluran. Dengan mencatat curah hujan maksimum dari tahun 2008 sampai 2024 didapatkan hasil curah hujan rata-rata maksimum yaitu.

Tabel 2. Curah Hujan Maksimum Harian Rata-rata

Tahun	Pmax	Tahun	Pmax	Tahun	Pmax
2008	65	2014	92	2020	100
2009	125	2015	100	2021	114
2010	115	2016	60	2022	145
2011	100	2017	169	2023	103
2012	104	2018	83	2024	121
2013	88	2019	125		

Sumber: *PUSDATARU Bengawan Solo*

4.3 Uji Konsistensi

Untuk menjamin keakuratan data hujan yang digunakan dalam analisis, perlu dilakukan pengujian konsistensi terlebih dahulu sebelum data diolah lebih lanjut. Dalam penelitian ini, pengujian konsistensi data hujan dilakukan menggunakan metode RAPS. Metode ini bekerja dengan menganalisis kestabilan data deret waktu (*time series*) curah hujan melalui perbandingan nilai kumulatif yang telah disesuaikan terhadap nilai rata-rata, sehingga dapat mendeteksi adanya perubahan tren atau ketidakkonsistenan dalam periode tertentu.

Hasil uji konsistensi data hujan didapatkan $\max|Sk^{**}| (2.50) < Q_{kritis} (4.93)$ dan $\max Sk^{**} - \min Sk^{**} (3.11) < R_{kritis} (5.71)$, menunjukkan bahwa data hujan tersebut bersifat konsisten, tidak dipengaruhi oleh perubahan kondisi lingkungan, serta tidak terjadi perubahan metode pengukuran selama proses pencatatan data.

4.4 Parameter statistik

Untuk memahami pola dan variasi curah hujan, diperlukan analisis statistik yang mampu menggambarkan karakteristik data tersebut secara kuantitatif. Analisis parameter statistik data hujan mencakup penghitungan nilai rerata (\bar{P}), simpangan baku (Sd), dan koefisien *skewness* (Cs) untuk Distribusi Gumbel, Log Pearson III, Log Normal, dan Normal dengan persamaan (5) sampai (8), hasilnya sebagai berikut.

Tabel 3. Parameter Statistik

Parameter	Dist. Normal dan Gumbel	Dist Log Normal dan Log Pearson III
$\sum P$ (mm)	1809.00	34.232
\bar{P} (mm)	106.41	2.014
Sd (mm)	26.86	0.113
Cs	0.46	-0.383

4.5 Pemilihan Distribusi Curah Hujan

Data curah hujan yang diperoleh dari hasil pencatatan di stasiun pengamatan umumnya bersifat acak dan memiliki variasi yang tinggi dari tahun ke tahun. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan statistik untuk mengidentifikasi pola probabilitas dari data tersebut. Untuk menentukan besarnya curah hujan rencana dengan kala ulang 20 tahun, digunakan pendekatan statistik yaitu analisis frekuensi hujan. Analisis ini dilakukan dengan mengolah data curah hujan maksimum tahunan dari catatan historis dan menyesuaikannya terhadap distribusi probabilitas tertentu, seperti Distribusi Gumbel, Log Pearson III, Log Normal, dan Normal. Berdasarkan hasil uji distribusi menggunakan metode Smirnov-Kolmogorov distribusi yang diterima serta selisih antara peluang pengamatan dan peluang teoritis yang paling kecil yaitu Log Pearson III. Perhitungan curah hujan rencana kala ulang 20 tahun metode Log Pearson III sebagai berikut.

$$\text{Log}X_T = \overline{\text{Log} \bar{X}} + K_T (S \log \bar{X})$$

$$\text{Log}P_{20} = 2.014 + 4.812 (0.113)$$

$$\text{Log}P_{20} = 2.56 \text{ mm}$$

$$P_{20} = 359.422 \text{ mm}$$

Sehingga, curah hujan rencana kala ulang 20 tahun Sub-DAS PepeBaru yaitu 359.422 mm.

4.6 Hujan Jam-jaman metode *Alternating Block Method*

Menurut Sobriyah (2003) dalam Zulfa dkk (2024), menyatakan hujan yang biasanya menyebabkan banjir adalah hujan yang terjadi dalam waktu 4 jam [25]. Oleh karena itu, dalam pemodelan hujan penelitian ini, dipilih durasi hujan selama 4 jam. Pada penelitian ini, intensitas curah hujan rencana kala ulang 20 tahun dihitung dengan rumus Mononobe seperti persamaan (15). Berikut contoh perhitungan hujan jam-jaman pada data durasi jam ke-2.

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} = \frac{359.422}{24} \left(\frac{24}{2} \right)^{\frac{2}{3}} = 78.50 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Hujan kumulatif (P kumulatif)} = I_t \cdot T_d = 78.50 \times 2 = 156.99 \text{ mm}$$

$$\text{Hujan jam-jaman } (\Delta p) = 156.99 - 124.60 = 32.39 \text{ mm}$$

Distribusi ABM didapatkan dengan mengurutkan intensitas hujan dengan cara hujan maksimum di letakkan di tengah-tengah durasi hujan dan durasi hujan lainnya disusun dengan urutan dari terendah ke tertinggi secara bolak-balik.

$$P_t = \frac{\Delta p}{\sum \Delta p} = \frac{124.60}{197.80} \times 100\% = 63\%$$

$$\text{Distribusi ABM} = \frac{P_t}{100} \times R_{24} = \frac{63}{100} \times 359.422 = 226.42 \text{ mm}$$

Tabel 4. Hasil perhitungan dengan metode (ABM) Alternating Block Method

Td (Jam)	It (mm/jam)	P kumulatif (mm)	Δp (mm)	Distribusi ABM (mm)	Pt (%)	Distribusi ABM P 20 (mm)
1	124.60	124.60	124.60	22.72	11.49	41.28
2	78.50	156.99	32.39	124.60	63.00	226.42
3	59.90	179.71	22.72	32.39	16.37	58.85
4	49.45	197.80	18.09	18.09	9.14	32.87
Jumlah				197.80	100.00	359.42

4.7 Hujan efektif Metode SCS-CN

Metode ini melibatkan berbagai komponen dalam proses perhitungannya, antara lain jenis tanah, praktik konservasi, kondisi hidrologi tanah, serta kelembapan awal tanah. Selain itu, parameter penting yang sangat memengaruhi hasil perhitungan adalah abstraksi awal, yang merupakan fungsi dari penggunaan lahan, kondisi intersepsi dan perlakuan lahan, infiltrasi, cadangan depresi, serta lengas tanah awal. Nilai *Curve Number* (CN) yang diperoleh untuk DAS yang melintasi wilayah Kota Surakarta adalah sebesar 67.856 [23].

Tabel 5. Hasil perhitungan dengan metode SCS-CN

t (jam)	P20 (mm)	Σ P (mm)	S (mm)	Σ Pe (mm)	Pe (mm)
1	41.28	41.28	120.32	24.06	2.16
2	226.42	267.70	120.32	24.06	163.10
3	58.85	326.56	120.32	24.06	216.41
4	32.87	359.42	120.32	24.06	246.81

4.8 Analisis Debit Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu

Salah satu komponen utama yang diperlukan untuk perencanaan sumber daya air adalah debit banjir rencana, yaitu debit maksimum yang diperkirakan akan terjadi pada kala ulang tertentu. Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) merupakan suatu cara untuk memperkirakan penggunaan konsep hidrograf satuan dalam suatu perencanaan yang tidak tersedia pengukuran-pengukuran langsung mengenai hidrograf banjir. Salah satu model HSS yang paling banyak digunakan di Indonesia adalah HSS Nakayasu.

Parameter yang dibutuhkan untuk HSS Nakayasu didapatkan dari instansi Balai Pekerjaan Umum Sumber daya Air dan Penataan Ruang (PUSDATARU) Bengawan Solo yaitu luas DAS (A) sebesar 303.5 km², panjang sungai (L) sebesar 61.8 km, dan C (koefisien pengaliran) sebesar 0.70 [26].



Gambar 3. Sub-DAS Pepe Baru

Sumber: Balai Pekerjaan Umum Sumber daya Air dan Penataan Ruang Bengawan Solo

Perhitungan debit banjir rencana kala ulang 20 tahun metode HSS Nakayasu sebagai berikut.

1. Waktu keterlambatan (Time Lag, T_g)
 $T_g = 0.4 + 0.058 L$ (Untuk $L > 15$ Km)
 $T_g = 0.4 + 0.058 \times 61.8 = 3.98$ Jam
2. Durasi Hujan (T_r)
 $T_r = (0.5 T_g) \sim (T_g)$ sampai dengan 1.0 T_g .
 $T_r = 0.75 \times 3.98 = 2.99$ Jam
3. Waktu Puncak
 $T_p = T_g + 0.8 T_r$
 $T_p = 3.98 + 0.8 \times 2.99 = 6.38$ Jam
4. Waktu ketika debit mencapai 30% dari debit puncak
 $T_{0.3} = \alpha \times T_g$ (koefisien α antara 1.5-3.0). Nilai $\alpha = 2$
 $T_{0.3} = 2 \times 3.98 = 7.97$ Jam
5. Debit puncak Hidrograf

$$Q_p = \frac{1}{3.6} \left(\frac{A R_e}{0.3 T_p + T_{0.3}} \right)$$

$$Q_p = \frac{1}{3.6} \left(\frac{303.5 \times 1}{0.3(6.38) + 7.97} \right)$$
 $Q_p = 8.53 \text{ m}^3/\text{detik}$
6. Aliran dasar (*baseflow*)

$$D_d = \frac{L}{A} = \frac{61.8}{303.5} = 0.204 \text{ km/km}^2$$

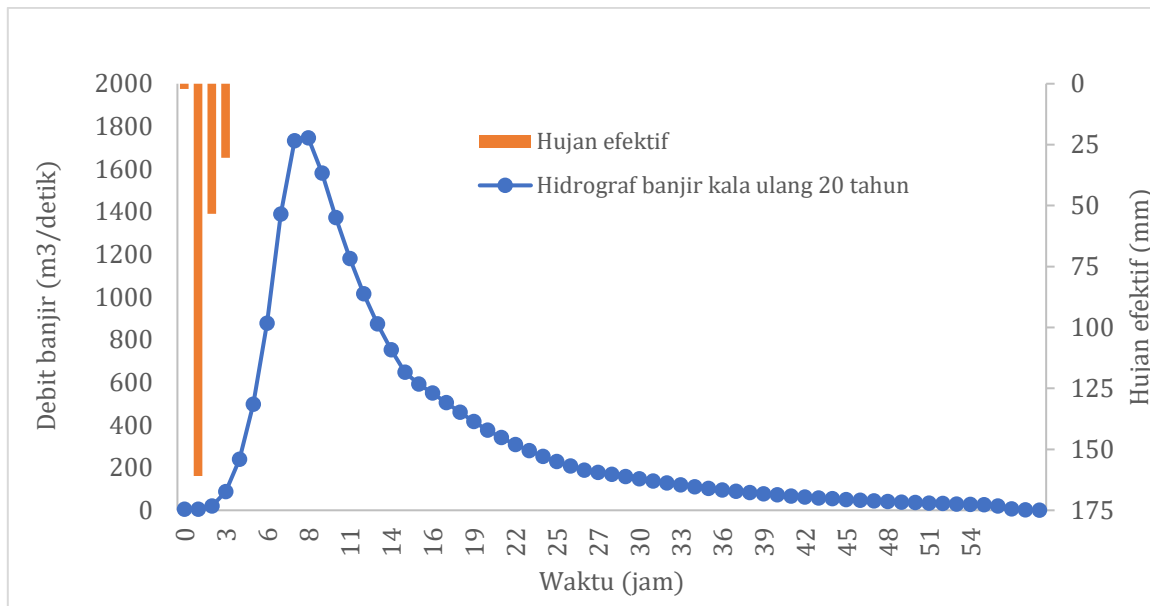
$$Q_b = 0.475 \times A^{0.6444} \times D_d^{0.9435}$$

$$Q_b = 0.475 \times 303.5^{0.6444} \times 0.204^{0.9435}$$
 $Q_b = 4.208 \text{ m}^3/\text{detik}$

Tabel 6. Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 20 tahun Metode HSS Nakayasu

Jam	HS	BF	Pe x HS			Q20
	(m ³ /detik)	(m ³ /detik)	2.16	160.94	53.32	30.40
0	0	4.21	0.00			4.21
1	0.09	4.21	0.19	0.00		4.40
2	0.47	4.21	1.02	14.43	0.00	19.66

Jam	HS (m ³ /detik)	BF (m ³ /detik)	Pe x HS				Q20 (m ³ /detik)
			2.16	160.94	53.32	30.40	
3	1.25	4.21	2.70	76.18	4.78	0.00	87.87
4	2.50	4.21	5.39	201.58	25.24	2.73	239.13
5	4.27	4.21	9.20	402.07	66.78	14.39	496.64
6	6.61	4.21	14.25	686.89	133.19	38.07	876.61
6.375	7.65	4.21	16.48	1063.95	227.55	75.94	1388.12
7	6.96	4.21	15.00	1230.60	352.46	129.73	1731.99
8	5.98	4.21	12.89	1119.72	407.66	200.94	1745.42
9	5.14	4.21	11.09	962.70	370.93	232.42	1581.35
10	4.42	4.21	9.53	827.71	318.92	211.48	1371.84
11	3.80	4.21	8.20	711.64	274.20	181.82	1180.06
12	3.27	4.21	7.05	611.85	235.75	156.32	1015.18
13	2.81	4.21	6.06	526.05	202.69	134.40	873.41
14	2.42	4.21	5.21	452.29	174.27	115.56	751.53
14.34	2.29	4.21	4.94	388.86	149.83	99.35	647.20
15	2.15	4.21	4.63	369.18	128.82	85.42	592.26
16	1.94	4.21	4.18	345.57	122.30	73.44	549.70
17	1.76	4.21	3.78	312.46	114.48	69.72	504.65
18	1.59	4.21	3.42	282.52	103.51	65.27	458.92
19	1.44	4.21	3.09	255.45	93.59	59.01	415.35
20	1.30	4.21	2.80	230.97	84.62	53.36	375.96
21	1.17	4.21	2.53	208.84	76.51	48.25	340.34
22	1.06	4.21	2.29	188.83	69.18	43.62	308.13
23	0.96	4.21	2.07	170.74	62.55	39.44	279.01
24	0.87	4.21	1.87	154.38	56.56	35.66	252.68
25	0.78	4.21	1.69	139.59	51.14	32.25	228.87
26	0.71	4.21	1.53	126.21	46.24	29.16	207.34
26.3	0.69	4.21	1.48	114.12	41.81	26.36	187.98
27	0.65	4.21	1.41	110.75	37.80	23.84	178.01
28	0.61	4.21	1.30	105.03	36.69	21.55	168.78
29	0.56	4.21	1.21	97.38	34.79	20.92	158.51
30	0.52	4.21	1.12	90.30	32.26	19.84	147.72
31	0.48	4.21	1.04	83.73	29.91	18.39	137.28
32	0.45	4.21	0.96	77.64	27.74	17.05	127.60
33	0.41	4.21	0.89	71.99	25.72	15.81	118.62
34	0.38	4.21	0.83	66.75	23.85	14.66	110.30
35	0.36	4.21	0.77	61.89	22.11	13.60	102.58
36	0.33	4.21	0.71	57.39	20.50	12.61	95.42
37	0.31	4.21	0.66	53.21	19.01	11.69	88.78
38	0.28	4.21	0.61	49.34	17.63	10.84	82.63
39	0.26	4.21	0.57	45.75	16.35	10.05	76.92
40	0.24	4.21	0.53	42.42	15.16	9.32	71.63
41	0.23	4.21	0.49	39.34	14.05	8.64	66.73
42	0.21	4.21	0.45	36.47	13.03	8.01	62.18
43	0.19	4.21	0.42	33.82	12.08	7.43	57.96
44	0.18	4.21	0.39	31.36	11.20	6.89	54.05
45	0.17	4.21	0.36	29.08	10.39	6.39	50.42
46	0.16	4.21	0.33	26.96	9.63	5.92	47.06
47	0.14	4.21	0.31	25.00	8.93	5.49	43.94
48	0.13	4.21	0.29	23.18	8.28	5.09	41.05
49	0.12	4.21	0.27	21.49	7.68	4.72	38.37
50	0.11	4.21	0.25	19.93	7.12	4.38	35.88
51	0.11	4.21	0.23	18.48	6.60	4.06	33.58
52	0.10	4.21	0.21	17.14	6.12	3.76	31.44
53	0.09	4.21	0.20	15.89	5.68	3.49	29.46
54	0.08	4.21	0.18	14.73	5.26	3.24	27.62
55	0.08	4.21	0.17	13.66	4.88	3.00	25.92
			0.00	12.67	4.53	2.78	19.98
				0.00	4.20	2.58	6.78
					0.00	2.39	2.39
						0.00	0.00



Gambar 4. Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 20 tahunan

Debit banjir maksimum pada kala ulang 20 tahun untuk Sub-DAS Pepe Baru dalam penelitian ini tercatat sebesar 1745.42 m³/detik. Sementara itu, hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa debit banjir maksimum pada kala ulang 25 tahun adalah 434.69 m³/detik. Hal ini terjadi karena adanya perubahan signifikan dalam parameter hidrologi yang digunakan untuk perhitungan tersebut antara lain peningkatan intensitas hujan dan perubahan penggunaan lahan (koefisien CN).

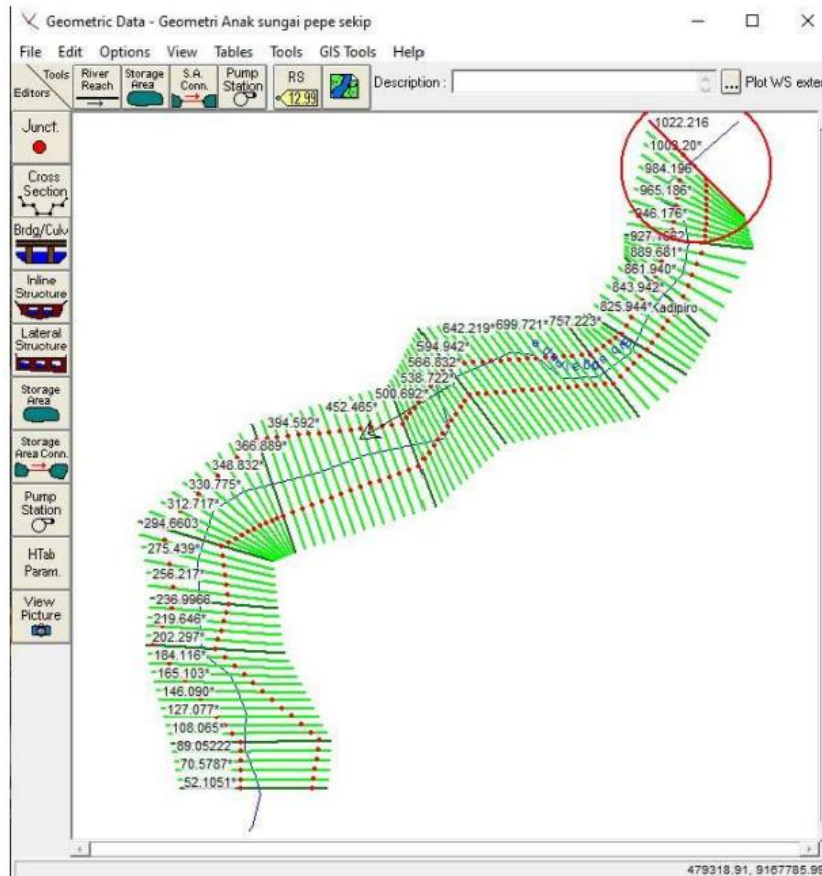
4.9 Analisis Hidraulika

Analisis hidraulika dilakukan untuk mengetahui kapasitas penampang dalam mengalirkan debit air. Dalam penelitian ini, analisis hidrolika dilaksanakan melalui simulasi banjir dan pemodelan aliran menggunakan aplikasi HEC-RAS. Sebelum menggunakan HEC-RAS, dibutuhkan data penampang melintang sungai yang akan dihitung. Dikarenakan Sungai yang digunakan untuk penelitian termasuk sungai alami maka dibutuhkan aplikasi QGIS untuk mendapatkan nilai geometri sungai tersebut.

Penentuan geometri sungai merupakan tahapan penting dalam analisis hidraulika menggunakan aplikasi HEC-RAS, karena geometri sungai menggambarkan kondisi fisik saluran yang menjadi dasar perhitungan profil muka air dan perilaku aliran. Dalam penelitian ini, penentuan geometri sungai Sub-DAS Pepe Baru dilakukan dengan memanfaatkan aplikasi QGIS 3.10 sebagai alat bantu pengolahan data spasial dan digitalisasi morfometri sungai. Penentuan geometri sungai dimulai dengan pengumpulan data spasial dasar, seperti peta kontur, citra satelit, dan Digital Elevation Model (DEM) wilayah penelitian.

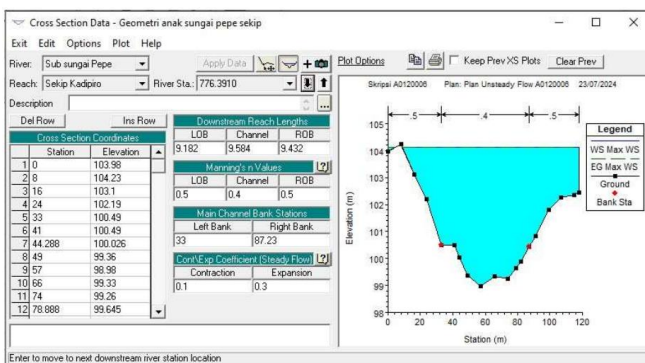
4.10 Simulasi Banjir Sub-DAS Pepe Baru Daerah Sekip Kadipiro dengan HEC-RAS

Debit banjir rencana kala ulang 20 tahun yang telah diperoleh dari hasil perhitungan hidrologi sebelumnya menjadi input utama dalam analisis hidraulika menggunakan aplikasi HEC-RAS 4.1.0. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik aliran sungai, terutama volume aliran banjir dan tinggi muka air (elevasi banjir) yang terjadi sepanjang penampang sungai di Sub-DAS Pepe Baru, khususnya di daerah Sekip Kadipiro. Pada tahap ini, model hidraulika dibangun berdasarkan data geometri sungai, meliputi profil memanjang, penampang melintang, koefisien kekasaran manning, kemiringan dasar sungai, serta kondisi batas saluran. Data tersebut diolah menggunakan QGIS 3.10 untuk menghasilkan Digital Elevation Model (DEM) dan jaringan aliran sungai yang kemudian diimpor ke dalam HEC-RAS.

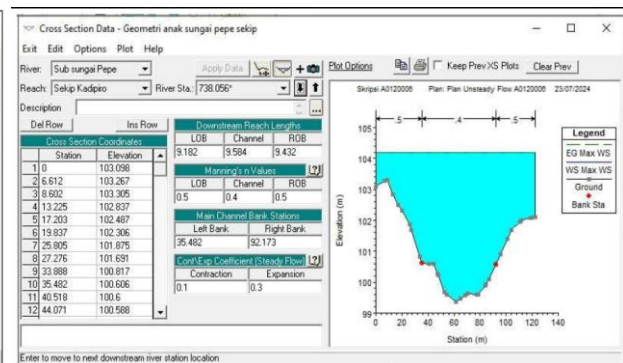


Gambar 5. Peniruan geometri sungai daerah Sekip Kadapiro

Model aliran yang digunakan adalah *unsteady flow*, karena jenis analisis ini mampu merepresentasikan perubahan debit terhadap waktu. Dalam analisis aliran tak permanen, debit banjir rencana dengan kala ulang 20 tahun yang diperoleh dari perhitungan menggunakan metode HSS Nakayasu digunakan sebagai kondisi batas pada bagian hulu sungai. Simulasi ini menghasilkan hidrograf aliran di setiap penampang sungai, serta informasi mengenai distribusi tinggi muka air, kecepatan aliran, dan volume limpasan sepanjang alur sungai. Berdasarkan hasil pemodelan menggunakan HEC-RAS versi 4.1.0, diperoleh rata-rata tinggi muka air sekitar 1,75 meter di atas puncak tanggul. Hal ini mengindikasikan bahwa kapasitas saluran di Sub-DAS Pepe Baru tidak mencukupi untuk menampung debit banjir rencana dengan kala ulang 20 tahun. Kondisi ini berpotensi menyebabkan luapan air dan genangan di wilayah permukiman sekitar Sekip Kadapiro. Berikut adalah gambar hasil perhitungan muka air pada potongan melintang Sub-DAS Pepe Baru daerah Sekip Kadapiro menggunakan aplikasi HEC-RAS 4.1.



Gambar 6. Cross Section pada River Sta 776.391



Gambar 7. Cross Section pada River Sta 738.056

Berdasarkan gambar 6 dan 7 dapat dilihat bahwa daerah Sekip Kelurahan Kadipiro Kota Surakarta mengalami banjir dengan ketinggian berkisar 3 meter.

Tabel 7. Ketinggian muka air terhadap bantaran Sungai

No	River Sta. (m)	Tinggi Bantaran Sungai (m)	Tinggi Luapan(m)	Selisih Limpasan(m)
1	792.612	100.70	104.17	3.47
2	776.391	100.53	104.12	3.59
3	757.223	100.57	102.33	1.76
4	738.056	100.64	104.19	3.55
5	613.682	100.94	101.12	0.18
6	594.942	100.89	101.56	0.67
7	491.046	100.39	100.90	0.51
8	442.819	99.90	101.36	1.46
9	423.528	99.72	100.40	0.68
10	375.918	99.45	101.06	1.61
Ketinggian Rata-rata Limpasan				1.75

Panjang sungai daerah Sekip Kadipiro yang disimulasikan dalam HEC-RAS yaitu 1 kilometer. Analisis hidraulika menggunakan *unsteady flow*, didapatkan hasil bahwa Sub-DAS Pepe Baru daerah Sekip Kelurahan Kadipiro Kecamatan Banjarsari Kota Surakarta dengan aplikasi HEC-RAS 4.1 meluap rata rata sekitar 1,75 meter dari tanggul sungai.

Validasi hasil simulasi HEC-RAS dilakukan dengan membandingkan hasil model (seperti ketinggian muka air, luas genangan banjir, dan kecepatan aliran) dengan data aktual di lapangan. Proses ini melibatkan model kalibrasi dalam penyesuaian parameter seperti nilai kekasaran Manning 'n'.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan analisis didapatkan kesimpulan yaitu :

1. Hidrograf banjir rencana maksimum pada Sub-DAS Pepe Baru untuk kala ulang 20 tahun yaitu sebesar 1745.42 m³/detik.
2. Pemodelan aliran Sub-DAS Pepe Baru daerah Sekip Kelurahan Kadipiro Kecamatan Banjarsari Kota Surakarta menggunakan aplikasi HEC-RAS 4.1. terjadi luapan banjir pada penampang aliran sungai dengan ketinggian banjir sekitar 1,75 meter.

Daftar Pustaka

- [1] Badan Nasional Penanggulangan Bencana, "INFOBENCANA Data dan Informasi Kebencanaan Bulanan Teraktual," *Badan Nasional Penanggulangan Bencana*, vol. 6, Jakarta, Jan. 2025.
- [2] I. Yunanto, Sobriyah, and A. H. Wahyudi, "DESAIN KRITERIA PENILAIAN KINERJA SUNGAI BERDASARKAN ASPEK FUNGSI BANGUNAN (STUDI KASUS SUNGAI PEPE BARU SURAKARTA)," *Matriks Teknik Sipil*, pp. 1112–1122, Dec. 2016.
- [3] E. S. Elli Senjawati, Sumiadi, and Very Dermawan, "Studi Pengendalian Banjir menggunakan Pemodelan HEC-RAS 1D di Sungai Likupang Bagian Hilir Kabupaten Minahasa Utara Provinsi Sulawesi Utara," *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, vol. 5, no. 2, pp. 1274–1287, Jul. 2025, doi: 10.21776/ub.jtresda.2025.005.02.121.
- [4] B. Dwi Dasanto, R. Boer, B. Pramudya, and Y. Suharnoto, "Evaluasi Curah Hujan TRMM Menggunakan Pendekatan Koreksi Bias Statistik Evaluation of TRMM Rainfall Using the Statistical Bias Corrrrection Approach," *Jurnal Tanah dan Iklim*, vol. 38, no. 1, 2014, [Online]. Available: <http://iridl.ldeo.columbia.edu/>
- [5] L. Ayu Setya Kumala Sari, P. Wijayanti, and K. Joko Priyanto, "ANALISIS DEBIT BANJIR RENCANA BENDUNG TRITIS KABUPATEN SRAGEN," Online, 2025.

- [6] A. Nurrohman and A. Adlina, "PEMETAAN KONDISI TUTUPAN LAHAN DI SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) SEBAGAI TOLOK UKUR PERENCANAAN TATA RUANG WILAYAH Studi Kasus: Sub DAS Citarum yang ada di Kawasan Bandung Utara (Mapping of Landcover Conditions in Sub Watershed as the Base for Regional Spatial Planning)," Feb. 2019. doi: 10.24895/SNG.2018.3-0.966.
- [7] D. Annisa, Indrastuti, and W. O. Sumartini, "Analisa Hubungan Tingkat Hujan dengan Desain Infrastruktur Drainase yang Berada di Kawasan Mega Superblock Meisterstadt Pollux Habiebie Batam," *Journal of Civil Engineering and Planning*, vol. 3, no. 1, 2022.
- [8] G. R. Putra, P. Wijayanti, and S. Sumina, "EVALUASI SALURAN DRAINASE DAN PENANGANAN GENANGAN AIR DI JALAN PENGGING-BANYUDONO KABUPATEN BOYOLALI," *Journal Of Civil Engineering And Infrastructure Technology*, vol. 4, no. No. 1, p. 1, 2025, doi: <https://doi.org/10.36728/jceit.v4i1.4993>.
- [9] M. H. Imaaduddiin, S. K. Aziz, H. Wahyudi, E. Sumirman, and T. Adiningtyas, "Penggunaan Metode Kagan-Rodda Untuk Mengevaluasi Kerapatan Jaringan Stasiun Hujan di DAS Ngrowo Pada Aliran Kali Brantas," *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, vol. 20, no. No.2, pp. 235–241, May 2022, doi: 10.12962/j2579-891X.v20i2.12493.
- [10] A. P. Nugroho, *ANALISIS KEKERINGAN DAERAH ALIRAN SUNGAI KEDUANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE PALMER*. Surakarta: FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS SEBELAS MARET SURAKARTA, 2012.
- [11] S. H. Br, *Analisis hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama, 1993.
- [12] Bambang Triatmodjo, *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset., 2013.
- [13] N. Augustone and P. Pamungkas, "Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong Sebagai Sumber Energi Terbarukan Melalui PLTMH," *Journal of Civil Engineering and Planning*, vol. 1, no. 1, 2020.
- [14] B. Triatmodjo, *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset , 2006.
- [15] K. E. Moningga *et al.*, "ANALISIS DEBIT BANJIR DAN TINGGI MUKA AIR SUNGAI KOKOLEH KABUPATEN MINAHASA UTARA," *Jurnal Sipil Statik*, vol. 8, no. 3, pp. 409–416, 2020.
- [16] D. K. Natakusumah and W. Hatmoko, "Prosedur Umum Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis dengan Cara ITB dan Beberapa Contoh Penerapannya," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 18, no. 3, pp. 251–291, Dec. 2011.
- [17] A. A. Maulana and H. Rosalina, "EVALUASI DAMPAK BANJIR AKIBAT PERUBAHAN ALUR SUNGAI CITANDUY HULU DI DESA TANJUNGKERTA, TASIKMALAYA-JAWA BARAT," *JURNAL SUMBER DAYA AIR*, vol. 18, no. 1, pp. 55–67, May 2022, doi: 10.32679/jsda.v18i1.745.
- [18] P. Sutarto, "Kajian Pengendalian Banjir Sungai Bekasi di Kota Bekasi, Provinsi Jawa Barat," Program Magister Profesi Pengembangan SDA, Bandung, 2008.
- [19] A. G. Majdi, "KAJIAN PENGENDALIAN BANJIR SUNGAI CIPUNAGARA DI KABUPATEN SUBANG PROPINSI JAWA BARAT TESIS," Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2010.
- [20] A. H. Pattiraja, M. I. R. Naikofi, F. D. P. Ndouk, and S. S. L. M. F. Seran, "Pelatihan Teori Dasar dan Praktek Quantum Geographic Information System Kepada Siswa Jurusan Geomatika Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 2 Kupang," *Jurnal Pendidikan dan Konseling*, vol. 4, no. 3, pp. 2196–2204, 2022, [Online]. Available: <https://kupangkab.go.id>
- [21] Anonim, "Step by step: HEC-RAS 1D Geometry," RiverGIS. Accessed: Oct. 08, 2025. [Online]. Available: http://rivergis.com/ras1d_geometry.html
- [22] B. Adwitya, P. Utama, P. Wijayanti, and H. Susila, "Simulasi Saluran Drainase di Jalan Jembatan Kecamatan Sukoharjo Menggunakan Software HEC-RAS 4.1," *Journal of Smart System (JSS)*, vol. 4, no. 2, pp. 1–11, Jan. 2025.
- [23] B. Hendi Pratama, R. Rintis Hadiani, and Setiono, "ANALISIS BANJIR TAHUNAN KOTA SURAKARTA MENGGUNAKAN WATERSHED MODELLING SYSTEM (WMS)," *MATRIKS TEKNIK SIPIL*, pp. 294–305, Sep. 2019.
- [24] S. Marsudi and R. D. Lufira, *Morfologi Sungai*. Magetan Jawa Timur: CV. AE Media Grafika, 2021.

- [25] N. Zulfa, U. Retno Pudjowati, and I. Hanggara, "PERENACANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BERWAWASAN LINGKUNGAN DI KELURAHAN SUMBEREJO KOTA BATU," *JOS-MRK*, vol. 5, no. 2, pp. 60–65, Jun. 2024, [Online]. Available: <http://jos-mrk.polinema.ac.id/>
- [26] Balai Pekerjaan Umum Sumber daya Air dan Penataan Ruang Bengawan Solo, "Daerah Aliran Sungai Pepe Baru ," Balai Pekerjaan Umum Sumber daya Air dan Penataan Ruang Bengawan Solo.