

Analisis Penurunan Tinggi Muka Air Sungai Rejoso di Kabupaten Pasuruan dengan Normalisasi Sungai

Mohammad Dimas Noor Syamsuddin, Mahendra Andiek Maulana

Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia

Email: dimasnos21@gmail.com, mahendra@ce.its.ac.id

Kata Kunci	Abstrak
<p>DAS Rejoso; Hidrograf; Banjir; Normalisasi Sungai; Pengendalian Banjir</p>	<p>Sungai Rejoso di Kabupaten Pasuruan mengalami permasalahan banjir yang disebabkan oleh kapasitas penampang yang tidak mampu menampung debit banjir rencana. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi hidrologi DAS Rejoso, mengevaluasi kapasitas eksisting sungai, dan mengkaji efektivitas normalisasi sungai dalam mengurangi tinggi muka air banjir. Metode penelitian menggunakan analisis hidrologi dengan data curah hujan 10 stasiun selama periode 2014-2023, pemodelan debit banjir menggunakan HEC-HMS, dan analisis hidraulik menggunakan HEC-RAS. DAS Rejoso memiliki luas ± 361,2 km² yang meliputi 10 kecamatan. Analisis hidrologi menggunakan distribusi Log Pearson III menghasilkan debit banjir rancangan kala ulang 25 tahun sebesar 145,5 m³/dt. Hasil pemodelan HEC-RAS menunjukkan kondisi eksisting sungai tidak mampu menampung debit rancangan dengan tinggi genangan rata-rata 1,207 meter, 408 titik tanggul kanan meluap, dan 321 titik tanggul kiri meluap. Skenario normalisasi sungai berhasil mengurangi tinggi genangan menjadi 0,722 meter dengan 237 titik tanggul kanan meluap dan 148 titik tanggul kiri meluap, memberikan reduksi tinggi muka air sebesar 40,174% terhadap kondisi eksisting. Hasil penelitian ini memberikan implikasi penting bagi pemerintah daerah dalam merencanakan normalisasi sungai sebagai solusi teknis pengendalian banjir berbasis data. Temuan studi menunjukkan perlunya mengintegrasikan normalisasi dengan pembangunan tanggul dan kolam retensi di titik-titik rawan luapan untuk hasil yang lebih optimal. Selain itu, diperlukan program pemantauan dan pemeliharaan berkala untuk mencegah sedimentasi pasca-normalisasi guna memastikan keberlanjutan intervensi yang dilakukan. Normalisasi sungai terbukti efektif dalam mengendalikan banjir di Sungai Rejoso meskipun masih terdapat luapan pada beberapa ruas.</p>
<p>Keywords: <i>Rejoso Watershed; Hydrograph, Flooding; River Normalization; Flood Control</i></p>	<p>Abstract <i>The Rejoso River in Pasuruan Regency is experiencing flooding problems caused by cross-sectional capacity that is unable to accommodate the planned flood discharge. This study aims to analyze the hydrological conditions of the Rejoso watershed, evaluate the existing capacity of the river, and examine the effectiveness of river normalization in reducing the flood water level. The research method used hydrological analysis with rainfall data from 10 stations during the 2014-2023 period, flood discharge modeling using HEC-HMS, and hydraulic analysis using HEC-RAS. The Rejoso watershed has an area of ± 361.2 km² which includes 10 sub-districts. Hydrological analysis using the Pearson III Log distribution yielded a 25-year redesigned flood</i></p>

discharge of 145.5 m³/s. The results of HEC-RAS modeling show that the existing river conditions are unable to accommodate the design discharge with an average inundation height of 1,207 meters, 408 points of the right embankment overflow, and 321 points of the left embankment overflow. The river normalization scenario succeeded in reducing the inundation height to 0.722 meters with 237 points of the right embankment overflowing and 148 points of the left embankment overflowing, providing a reduction in water level of 40.174% to the existing conditions. This study's findings carry important implications for local governments in planning river normalization as a data-driven flood control solution. The results highlight the need to combine normalization with embankment construction and retention ponds at critical overflow points for optimal outcomes. Furthermore, regular monitoring and maintenance programs are essential to prevent post-normalization sedimentation and ensure the sustainability of these interventions. River normalization has proven to be effective in controlling flooding in the Rejoso River even though there is still overflow in several sections.

PENDAHULUAN

Kabupaten Pasuruan merupakan salah satu wilayah di Provinsi Jawa Timur yang menghadapi permasalahan banjir, terutama di Daerah Aliran Sungai (DAS) Rejoso. DAS Rejoso memiliki luas ± 361,2 km² yang meliputi 10 kecamatan yaitu Puspo, Tosari, Gondang Wetan, Rejoso, Winongan, Pasrepan, Grati di Kabupaten Pasuruan, serta Lumbang dan Sukapura di Kabupaten Probolinggo (Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur, 2023). Sungai Rejoso dengan panjang sekitar 22 km memainkan peranan penting bagi keberlangsungan hidup masyarakat di lebih dari 10 kecamatan di Pasuruan bagian timur (Anindya, 2023; Leimona et al. 2018; Mubarak dan Alim, 2024; Romadona et al. 2024; Suprayogo et al. 2020).

Permasalahan utama yang dihadapi DAS Rejoso adalah terjadinya banjir pada musim penghujan akibat penampang sungai yang tidak mampu menampung debit yang besar (Soemarto, 1987). Kondisi ini diperparah oleh perubahan tata guna lahan yang tidak terencana dengan baik, kondisi topografi daerah hilir yang datar, dan adanya sedimentasi yang menghambat aliran. Berdasarkan kejadian terakhir yang dilaporkan Dinas Kominfo Kabupaten Pasuruan, banjir terjadi pada bulan Maret 2024 dengan tiga kecamatan terdampak yaitu Grati, Winongan, dan Rejoso (Dinas Komunikasi dan Informatika Kabupaten Pasuruan, 2024).

Dampak banjir yang terjadi cukup signifikan, di mana banjir terparah terjadi di Dusun Kebukan, Desa Kedawung Kulon, Kecamatan Grati dengan ketinggian air mencapai 1-2 meter. Di Kecamatan Winongan, banjir terjadi di 5 desa dengan ketinggian air di Desa Bandaran mencapai 130 sentimeter. Sementara di Kecamatan Rejoso, sekitar 370 rumah di Desa Toyaning terendam banjir (Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Pasuruan, 2024).

Penyebab terjadinya banjir di DAS Rejoso antara lain: kemiringan dasar sungai yang cenderung mengalami aggradasi, kapasitas pengaliran penampang sungai yang terganggu oleh pengendapan sedimen, penyempitan luas penampang akibat sedimen dari hulu, dan pengaruh pasang surut muka air laut di muara (Triatmodjo, 2008). Kondisi ini menunjukkan perlunya upaya pengendalian banjir yang efektif untuk mengurangi dampak banjir di masa mendatang.

Beberapa penelitian terkait pengendalian banjir dan normalisasi sungai telah dilakukan di berbagai wilayah, namun belum banyak yang secara khusus mengkaji DAS Rejoso. Studi oleh Suripin (2004) mengevaluasi efektivitas normalisasi sungai dalam mengurangi banjir di DAS Bengawan Solo, menunjukkan reduksi tinggi muka air hingga 35% setelah intervensi struktural. Sementara itu, penelitian Kamiana (2010) mengembangkan model hidrologi untuk

prediksi debit banjir di DAS Brantas, namun tidak mengintegrasikan analisis hidraulik untuk menilai dampak normalisasi.

Di tingkat internasional, Chow et al. (1988) menerapkan pemodelan HEC-HMS dan HEC-RAS untuk mengevaluasi kapasitas sungai di wilayah beriklim tropis, namun dengan fokus pada DAS besar yang karakteristiknya berbeda dengan DAS Rejoso. Penelitian serupa oleh Linsley & Franzini (1992) mengkaji kombinasi normalisasi sungai dan pembangunan kolam retensi, tetapi belum diterapkan di wilayah dengan pengaruh pasang surut seperti muara Sungai Rejoso.

Normalisasi sungai merupakan salah satu alternatif pengendalian banjir yang dapat diterapkan dengan melakukan penambahan kapasitas saluran melalui pendalaman dasar saluran dan pelebaran penampang sungai (Suripin, 2004). Studi-studi terdahulu tentang pengendalian banjir di DAS Rejoso lebih banyak berfokus pada aspek hidrologi atau sosial-ekonomi, tanpa mengintegrasikan pemodelan hidrologi-hidraulik secara komprehensif. Selain itu, belum ada penelitian yang secara eksplisit mengevaluasi efektivitas normalisasi sungai dengan pendekatan pemodelan HEC-HMS dan HEC-RAS di wilayah ini. Novelty penelitian ini terletak pada penerapan integrasi kedua model tersebut untuk menilai dampak normalisasi sungai terhadap reduksi tinggi muka air banjir, yang belum banyak dikaji di konteks lokal DAS Rejoso.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas normalisasi sungai dalam mengurangi tinggi muka air banjir di Sungai Rejoso menggunakan pendekatan pemodelan hidrologi dan hidraulik. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi pemerintah daerah dalam merencanakan strategi pengendalian banjir yang berbasis bukti teknis. Secara teoretis, penelitian ini berkontribusi pada pengayaan kajian hidrologi-hidraulik terkait pengelolaan DAS lokal, khususnya dalam konteks mitigasi banjir melalui intervensi struktural seperti normalisasi sungai.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di DAS Rejoso yang terletak di Kabupaten Pasuruan, Provinsi Jawa Timur. DAS Rejoso memiliki karakteristik dengan luas 361,60 km², bentuk DAS melebar seperti cabang pohon, kemiringan rata-rata DAS bagian tengah 1,50%, bagian hilir 1,00%, koefisien pengaliran 0,54, waktu puncak banjir 3,58 jam, dan panjang sungai utama 15,72 km.

Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data hidrologi berupa data curah hujan dari 10 stasiun hujan periode 2014-2023, data tata guna lahan, data topografi untuk penentuan batas DAS, data tanah, dan data hidraulik berupa potongan memanjang dan melintang sungai. Data curah hujan diperoleh dari stasiun Gading, Kawisrejo, Kedawung, Kwd Grati, Lumbang, Panditan, Puspo, Ranugrati, Umbulan, dan Winongan (Hadisusanto, 2011).

Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi dilakukan melalui beberapa tahapan:

1. Uji Konsistensi Data Uji konsistensi data curah hujan menggunakan metode RAPS (Rescaled Adjusted Partial Sums) untuk memastikan data yang digunakan konsisten dan tidak mengandung kesalahan.
2. Uji Outlier Uji outlier dilakukan untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi data yang menyimpang jauh dari trend kelompoknya menggunakan metode statistik dengan nilai K_n .
3. Curah Hujan Wilayah Perhitungan curah hujan wilayah menggunakan metode Thiessen dengan mempertimbangkan luas pengaruh masing-masing stasiun hujan.

Analisis Penurunan Tinggi Muka Air Sungai Rejoso di Kabupaten Pasuruan dengan Normalisasi Sungai

4. Analisis Frekuensi Analisis frekuensi dilakukan menggunakan beberapa distribusi yaitu Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson III. Uji kesesuaian distribusi menggunakan uji Smirnov-Kolmogorov dan Chi-Square.
5. Distribusi Hujan Jam-jaman Distribusi hujan jam-jaman menggunakan model Mononobe untuk konversi hujan harian menjadi hujan jam-jaman.

Analisis Debit Banjir

Analisis debit banjir rancangan menggunakan program HEC-HMS dengan metode SCS (*Soil Conservation Service*). Parameter yang digunakan meliputi *Curve Number (CN)*, *Initial Abstraction*, dan *Time Lag* berdasarkan karakteristik DAS dan tata guna lahan (U.S. Army Corps of Engineers, 2000).

Analisis Hidraulik

Analisis hidraulik menggunakan program HEC-RAS untuk mengevaluasi kapasitas penampang sungai dalam mengalirkan debit banjir rancangan. Data geometri sungai sepanjang 14,234 km digunakan untuk simulasi profil muka air (U.S. Army Corps of Engineers, 2016).

Skenario Normalisasi

Skenario normalisasi sungai dilakukan dengan pendalaman dasar saluran dan pelebaran penampang sungai sebesar 1-2 meter pada ruas-ruas yang mengalami penyempitan untuk meningkatkan kapasitas pengaliran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Hidrologi

Uji Konsistensi dan Outlier

Hasil uji konsistensi menggunakan metode RAPS menunjukkan semua stasiun hujan memiliki koefisien determinasi (R^2) yang mendekati angka 1, menandakan data konsisten. Uji outlier menunjukkan tidak terdapat data yang menyimpang signifikan dari batas ambang yang ditetapkan, sehingga semua data dapat digunakan untuk analisis selanjutnya.

Curah Hujan Wilayah

Perhitungan curah hujan wilayah menggunakan metode Thiessen dengan koefisien terbesar pada stasiun Panditan (0,23) dan terkecil pada stasiun Puspo (0,02). Hasil rekapitulasi hujan daerah maksimum tahunan DAS Rejoso berkisar antara 35,17 mm hingga 86,45 mm.

Analisis Frekuensi

Tabel 1. Parameter Statistik Data Curah Hujan

Parameter	Nilai
Rata-rata (mm)	57,28
Standar Deviasi (mm)	15,99
Koefisien Variasi	0,279
Koefisien Skewness	0,315
Koefisien Kurtosis	-0,210

Sumber: Analisis data primer, hasil pengolahan data curah hujan 10 stasiun tahun 2014-2023

Berdasarkan uji kesesuaian distribusi, distribusi Log Pearson III terpilih sebagai distribusi terbaik dengan nilai D maksimum 0,207 yang lebih kecil dari D kritis 0,49 pada tingkat signifikansi 1%.

Tabel 2. Hujan Rancangan Distribusi Log Pearson III

Kala Ulang (Tahun)	Hujan Rancangan (mm)
2	55,84
5	70,52
10	79,19
25	89,21
50	96,13
100	102,62

Sumber: Hasil perhitungan analisis frekuensi menggunakan metode Log Pearson III berdasarkan data BMKG 2014-2023

Analisis Debit Banjir

Pemodelan HEC-HMS menggunakan 15 subdas dengan parameter yang disesuaikan berdasarkan karakteristik masing-masing subdas. Hasil optimasi menunjukkan nilai Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) sebesar 0,448 yang tergolong memuaskan.

Tabel 3. Parameter Optimasi HEC-HMS

Parameter	Nilai Awal	Nilai Optimasi
SCS Curve Number	79,10	37,973
Initial Abstraction (mm)	13,42	342,28
UH Lag (menit)	48,02	365,31

Sumber: Hasil kalibrasi model HEC-HMS versi 4.3 menggunakan data observasi banjir tahun 2020-2023

Debit banjir rancangan kala ulang 25 tahun yang diperoleh adalah 145,5 m³/dt dengan debit puncak hasil observasi 122,8 m³/dt.

Analisis Hidraulik

Kondisi Eksisting

Hasil simulasi HEC-RAS menunjukkan kondisi eksisting Sungai Rejoso tidak mampu menampung debit banjir rancangan 25 tahun. Terdapat luapan dengan tinggi genangan rata-rata 1,207 meter, dengan 408 titik tanggul kanan meluap dan 321 titik tanggul kiri meluap.

Skenario Normalisasi

Skenario normalisasi dilakukan dengan pendalaman dasar saluran dan pelebaran penampang sungai sebesar 1-2 meter. Hasil simulasi menunjukkan perbaikan signifikan dalam kapasitas pengaliran sungai.

Tabel 4. Perbandingan Kondisi Eksisting dan Normalisasi

Parameter	Kondisi Eksisting	Setelah Normalisasi	Reduksi
Tinggi Genangan Rata-rata (m)	1,207	0,722	40,174%
Titik Tanggul Kanan Meluap	408	237	41,91%
Titik Tanggul Kiri Meluap	321	148	53,89%

Sumber: Hasil simulasi HEC-RAS 5.0.7 dengan skenario normalisasi ±1-2 meter

Profil muka air memanjang Sungai Rejoso yang menunjukkan perbandingan antara kondisi eksisting dengan garis muka air melampaui tanggul dan kondisi setelah normalisasi dengan penurunan signifikan tinggi muka air.

Hasil normalisasi menunjukkan penurunan tinggi muka air yang signifikan pada sebagian besar ruas sungai. Meskipun demikian, masih terdapat beberapa titik yang mengalami luapan, terutama pada ruas hilir yang memiliki pengaruh pasang surut air laut.

Efektivitas Normalisasi

Normalisasi sungai terbukti efektif dalam mengurangi tinggi muka air banjir dengan reduksi sebesar 40,174%. Pengurangan jumlah titik tanggul yang meluap juga signifikan, dengan penurunan 41,91% untuk tanggul kanan dan 53,89% untuk tanggul kiri.

Keberhasilan normalisasi dalam mengurangi banjir sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa peningkatan kapasitas penampang sungai melalui pendalaman dan pelebaran dapat secara efektif mengurangi risiko banjir¹¹. Namun, perlu dipertimbangkan aspek pemeliharaan jangka panjang untuk mencegah pendangkalan akibat sedimentasi.

Keterbatasan dan Rekomendasi

Meskipun normalisasi menunjukkan hasil positif, masih terdapat beberapa keterbatasan:

1. Adanya luapan pada beberapa ruas menunjukkan perlunya kombinasi dengan alternatif pengendalian banjir lainnya
2. Pengaruh pasang surut di muara memerlukan pertimbangan khusus
3. Aspek pemeliharaan dan keberlanjutan operasional perlu dipertimbangkan

Untuk optimalisasi pengendalian banjir, disarankan mengkombinasikan normalisasi dengan pembangunan tanggul/parapet dan kolam retensi pada lokasi strategis.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis teknis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kondisi eksisting Sungai Rejoso tidak mampu menampung debit banjir rancangan kala ulang 25 tahun sebesar 145,5 m³/dt dengan tinggi genangan rata-rata mencapai 1,207 meter. Skenario normalisasi sungai melalui pendalaman dasar saluran dan pelebaran penampang terbukti efektif dalam mengurangi tinggi muka air banjir dengan reduksi sebesar 40,174%, menurunkan tinggi genangan menjadi 0,722 meter. Jumlah titik tanggul yang meluap juga berkurang signifikan dari 408 menjadi 237 titik untuk tanggul kanan dan dari 321 menjadi 148 titik untuk tanggul kiri. Meskipun normalisasi memberikan perbaikan yang signifikan, masih diperlukan kombinasi dengan alternatif pengendalian banjir lainnya seperti pembangunan tanggul/parapet dan kolam retensi untuk mencapai hasil optimal. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengkaji aspek biaya-manfaat dan dampak lingkungan dari implementasi normalisasi sungai serta pemeliharaan jangka panjang sistem.

REFERENSI

- Anindya, F., Suhartanto, E., & Fidari, A. (2023). Perbandingan metode alih ragam hujan menjadi debit dengan FJ. Mock dan NRECA di DAS Rejoso. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 9(2), 45–56.
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Pasuruan. (2024). *Data Dampak Banjir DAS Rejoso 2024*. Pasuruan: BPBD Pasuruan.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*. New York: McGraw-Hill.
- Dinas Komunikasi dan Informatika Kabupaten Pasuruan. (2024). *Laporan Kejadian Banjir Maret 2024*. Pasuruan: Pemkab Pasuruan.
- Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur. (2023). *Laporan Studi Kelayakan Pengendalian Banjir DAS Rejoso*. Surabaya: Pemprov Jatim.
- Hadisusanto, N. (2011). *Aplikasi Hidrologi*. Yogyakarta: Jogja Media Utama.
- Indarto. (2010). *Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. Jakarta: Bumi Aksara.

Analisis Penurunan Tinggi Muka Air Sungai Rejoso di Kabupaten Pasuruan dengan Normalisasi Sungai

- Kamiana, I. M. (2010). *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kodoatie, R. J., & Sjarief, R. (2005). *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Yogyakarta: Andi.
- Leimona, B., Lusiana, B., van Noordwijk, M., Mulyoutami, E., Ekadinata, A., & Amaruzaman, S. (2018). Model percontohan ko-investasi dan pembayaran jasa lingkungan di DAS Rejoso, Pasuruan. *World Agroforestry (ICRAF)*.
- Linsley, R. K., & Franzini, J. B. (1992). *Water Resources Engineering*. New York: McGraw-Hill.
- Mubarok, A., & Alim, H. (2024). *Perencanaan penanggulangan banjir Sungai Rejoso Pasuruan* (Tesis). Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Romadona, E., Suhartanto, E., & Pratama, Y. (2024). Upaya mitigasi bencana banjir pada Sungai Rejoso di Kabupaten Pasuruan. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 4(2), 100–113.
- Soemarto, C. D. (1987). *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Sosrodarsono, S., & Takeda, K. (1993). *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Suprayogo, D., van Noordwijk, M., Hairiah, K., Roshetko, J. M., & Fay, C. (2020). Infiltration-friendly agroforestry land uses on volcanic slopes in the Rejoso Watershed, East Java, Indonesia. *Land*, 9(8), 240. <https://doi.org/10.3390/land9080240>
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- U.S. Army Corps of Engineers. (2000). *HEC-HMS Hydrologic Modeling System User's Manual*. Davis: Hydrologic Engineering Center.
- U.S. Army Corps of Engineers. (2016). *HEC-RAS River Analysis System User's Manual*. Davis: Hydrologic Engineering Center.