

ANALISA PENAMPANG SUNGAI BATANG JALAMU TERHADAP BANJIR MENGGUNAKAN APLIKASI HEC-RAS 4.1.0

Indah Halimah Tussadiyah¹
Universitas Bung Hatta
indahlimah11104@gmail.com

Zufrimar²
Universitas Bung Hatta
zufrimar@bunghatta.ac.id

ABSTRAK

Sungai Batang Jalamu terletak di Nagari IV Koto Hilir, Kecamatan Batang Kapas, Kabupaten Pesisir Selatan. Berdasarkan informasi warga setempat Sungai Batang Jalamu menjadi daerah rawan banjir ketika hujan dalam waktu yang singkat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas Penampang Sungai Batang Jalamu terhadap debit banjir dengan bantuan perangkat lunak HEC-RAS 4.1.0. Permasalahan utama yang dikaji meliputi besarnya curah hujan rencana, debit banjir rencana, kapasitas penampang eksisting, serta kapasitas penampang rencana sungai. Data curah hujan harian maksimum periode 2015-2024 diolah menggunakan distribusi Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson III, dengan uji kesesuaian Chi Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov. Kesesuaian distribusi yang digunakan adalah distribusi Gumbel. Curah hujan rencana pada periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun berturut-turut adalah 164,44 mm, 241,55 mm, 292,62 mm, 352,15 mm. Debit banjir rencana diperoleh melalui metode HSS Nakayasu, dimana debit periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun berturut-turut adalah 243,93 m³/dt, 357,12 m³/dt, 432,09 m³/dt, 519,48 m³/dt. Sementara itu, kapasitas penampang eksisting di lapangan hanya mampu mengalirkan sekitar 5,81 m³/dt pada debit sesaat, dan maksimum 118 m³/dt pada saat banjir, sehingga tidak mampu menampung debit banjir rencana. Oleh karena itu, direncanakan penampang ganda yaitu dengan lebar dasar 25 meter, lebar penampang atas 30 meter, tinggi 2,5 meter, kemiringan talud yaitu satu. Melalui simulasi perencanaan, penampang yang didesain ulang terbukti lebih efektif dalam menyalurkan debit banjir, sehingga mampu mengurangi risiko limpasan dan banjir di Sungai Batang Jalamu.

Kata Kunci: Sungai Batang Jalamu, Curah Hujan Rencana, Debit Banjir Rencana, Kapasitas Penampang, HEC-RAS.

ABSTRACT

The Batang Jalamu River is located in Nagari IV Koto Hilir, Batang Kapas District, Pesisir Selatan Regency. According to local residents, the Batang Jalamu River is prone to flooding during short periods of heavy rainfall. This study aims to analyze the capacity of the Batang Jalamu River's cross-section against flood discharge using the HEC-RAS 4.1.0 software. The main issues studied include the magnitude of the planned rainfall, planned flood discharge, existing cross-section capacity, and the planned river cross-section capacity. The maximum daily rainfall data for the 2015-2024 period was processed using the Normal, Log Normal, Gumbel, and Log Pearson III distributions, with the Chi-Square and Smirnov-Kolmogorov goodness-of-fit tests. The distribution suitability used was the Gumbel distribution. The planned rainfall for the 2-year, 5-year, 10-year, and 25-year return periods were 164.44 mm, 241.55 mm, 292.62 mm, and 352.15 mm, respectively. The design flood discharge was obtained using the Nakayasu HSS method, where the discharges for return periods of 2 years, 5 years, 10 years, and 25 years were 243.93 m³/s, 357.12 m³/s, 432.09 m³/s, and 519.48 m³/s, respectively. Meanwhile, the existing cross-section capacity in the field was only able to drain approximately 5.81 m³/s during the instantaneous discharge and a maximum of 118 m³/s during floods, making it unable to accommodate the design flood discharge. Therefore, a double cross-section was planned, with a base width of 25 meters, a top cross-section width of 30 meters, a height of 2.5 meters, and a slope of one embankment. Through planning simulations, the redesigned cross-section proved more effective in channeling flood discharge, thereby reducing the risk of runoff and flooding in the Batang Jalamu River.

Keywords: *Batang Jalamu River, Planned Rainfall, Planned Flood Discharge, Cross-Section Capacity, HEC-RAS.*

PENDAHULUAN

Sungai merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki peran penting dalam mendukung kehidupan manusia, baik sebagai sumber air baku, transportasi, maupun pengendali tata air di suatu wilayah. Namun demikian, perubahan tata guna lahan yang tidak terkendali sering kali menurunkan kapasitas sungai sehingga meningkatkan risiko terjadinya banjir. Banjir sendiri adalah fenomena alam yang terjadi ketika debit aliran air melampaui kapasitas penampang sungai, menyebabkan limpasan yang dapat merugikan masyarakat, infrastruktur, dan lingkungan sekitar (Agustrijanto et al., 2020).

Fenomena banjir di Indonesia semakin sering terjadi seiring dengan meningkatnya intensitas curah hujan dan perubahan tata guna lahan. Menurut Fajrin et al. (2024), kondisi hidrologis di daerah hulu dan hilir sungai sangat memengaruhi karakteristik banjir, di mana aliran deras umumnya terjadi di hulu dengan durasi singkat,

sedangkan di hilir cenderung landai namun berdurasi lebih lama. Hal ini menunjukkan bahwa setiap perubahan morfologi sungai maupun aktivitas manusia di sekitar Daerah Aliran Sungai (DAS) berpotensi meningkatkan frekuensi dan intensitas banjir.

Sungai Batang Jalamu yang berada di Kabupaten Pesisir Selatan merupakan salah satu sungai yang sering dilanda banjir. Berdasarkan hasil survei lapangan, kondisi eksisting penampang sungai sudah tidak mampu menampung debit banjir rencana akibat tingginya curah hujan serta berkurangnya daerah resapan air karena perubahan lahan menjadi perkebunan. Kondisi ini sejalan dengan penelitian Gunawan et al. (2017) yang menegaskan bahwa erosi dan sedimentasi yang dipicu oleh deforestasi dapat mengurangi kapasitas sungai secara signifikan.

Upaya mitigasi banjir dapat dilakukan melalui analisis hidrologi dan hidraulika dengan memanfaatkan perangkat lunak berbasis simulasi, seperti HEC-RAS. Menurut Triatmodjo (2008), model hidraulik memungkinkan perencana untuk memprediksi profil muka air, kapasitas penampang, serta potensi limpasan banjir dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi. Dengan demikian, penggunaan HEC-RAS dalam penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran mengenai kapasitas penampang eksisting Sungai Batang Jalamu serta merencanakan penampang baru yang lebih efektif dalam menyalurkan debit banjir rencana.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini disusun untuk menjawab rumusan masalah terkait penentuan curah hujan rencana, debit banjir rencana, serta kapasitas penampang eksisting dan rencana Sungai Batang Jalamu. Penelitian dilakukan di Nagari IV Koto Hilir, Kecamatan Batang Kapas, Kabupaten Pesisir Selatan. Data yang digunakan berupa data primer yang didapatkan dari survey lapangan dan data sekunder yang meliputi peta topografi, data curah hujan harian maksimum periode 2015–2024 dari beberapa stasiun hujan, serta data geometri sungai berupa penampang melintang dan memanjang yang diperoleh dari instansi terkait.

Tahap pertama adalah analisis curah hujan rata-rata daerah dengan metode Thiessen, yang mempertimbangkan bobot luas pengaruh tiap stasiun hujan terhadap

wilayah DAS. Nilai curah hujan rata-rata tersebut kemudian dianalisis menggunakan empat jenis distribusi probabilitas, yaitu Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson Tipe III. Uji kesesuaian dilakukan dengan metode Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov untuk menentukan distribusi yang paling representatif terhadap data. Hasil distribusi terbaik digunakan sebagai dasar dalam perhitungan curah hujan rencana pada periode ulang tertentu.

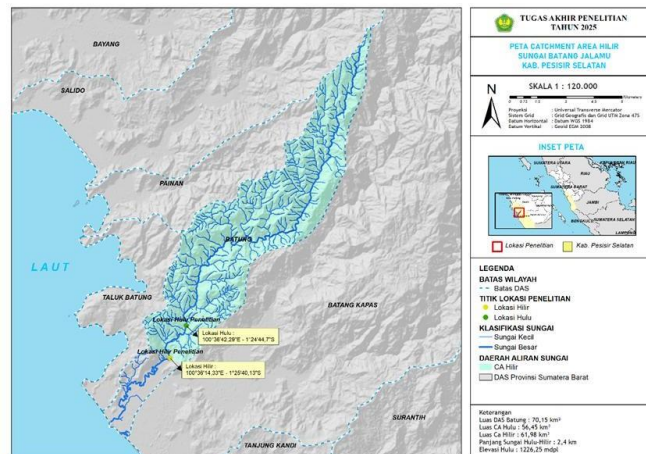
Tahap berikutnya adalah perhitungan debit banjir rencana dengan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu. Perhitungan dilakukan dengan menetapkan parameter hidrologi yang meliputi intensitas curah hujan, koefisien pengaliran, curah hujan efektif, serta waktu konsentrasi. Nilai-nilai tersebut digunakan untuk menyusun hidrograf banjir rancangan sehingga dapat diperoleh debit puncak banjir untuk periode ulang 2, 5, 10, hingga 25 tahun.

Tahap terakhir adalah analisis kapasitas penampang sungai menggunakan perangkat lunak HEC-RAS 4.1.0. Data geometri sungai, nilai koefisien kekasaran Manning, serta debit banjir rencana dimasukkan untuk mensimulasikan profil muka air pada kondisi eksisting maupun penampang rencana. Hasil simulasi digunakan untuk membandingkan kemampuan penampang eksisting dalam menampung debit banjir serta mengevaluasi efektivitas penampang rencana sebagai alternatif desain. Dengan demikian, metode penelitian ini memberikan gambaran komprehensif mengenai kondisi hidrologi dan kapasitas aliran Sungai Batang Jalamu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Curah Hujan

Hasil analisis curah hujan rata-rata pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Batang Jalamu diperoleh melalui metode Thiessen dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum periode 2015–2024 yang dikumpulkan dari beberapa stasiun hujan di sekitar lokasi penelitian. Metode Thiessen dipilih karena mampu memberikan bobot luas pengaruh dari setiap stasiun hujan sehingga nilai rata-rata yang dihasilkan lebih representatif terhadap kondisi wilayah DAS. Dari hasil perhitungan diperoleh curah hujan rata-rata daerah yang selanjutnya digunakan sebagai data dasar dalam analisis frekuensi.



Gambar 4.1 Peta Catchment Area
 (Sumber: GIS Pengolahan Data)

Analisis frekuensi dilakukan dengan menerapkan empat metode distribusi probabilitas, yaitu distribusi Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson Tipe III. Keempat metode ini digunakan untuk mengestimasi nilai curah hujan rencana pada berbagai periode ulang, karena karakteristik data curah hujan seringkali tidak mengikuti pola distribusi yang tunggal. Oleh karena itu, diperlukan pengujian distribusi untuk menentukan metode mana yang paling sesuai.

Proses uji kesesuaian dilakukan dengan menggunakan dua metode statistik, yaitu Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov. Uji Chi-kuadrat digunakan untuk mengukur perbedaan antara distribusi teoritis dengan distribusi empiris, sedangkan uji Smirnov-Kolmogorov digunakan untuk mengevaluasi penyimpangan maksimum antara fungsi distribusi kumulatif teoritis dengan distribusi data aktual. Hasil pengujian menunjukkan bahwa distribusi Log Pearson Tipe III memiliki tingkat kesesuaian paling tinggi dibandingkan distribusi lainnya, sehingga dipilih sebagai dasar dalam perhitungan curah hujan rencana.

Tabel 1. Curah Hujan Rencana Sungai Batang Jalamu

Periode Ulang (Tahun)	Distribusi Normal (mm)	Log Normal (mm)	Gumbel (mm)	Log Pearson III (mm)	Terpilih (mm)
2	173,20	161,99	164,44	164,11	164,44
5	227,47	225,32	241,55	226,21	241,55
10	255,90	267,83	292,62	265,53	292,62
25	283,69	316,87	352,15	313,40	352,15
50	305,66	362,43	404,98	347,79	404,98
100	323,75	404,57	452,48	381,12	452,48

Sumber: Hasil analisis data curah hujan harian maksimum (2015–2024)

Berdasarkan distribusi terbaik tersebut, diperoleh nilai curah hujan rencana untuk berbagai periode ulang. Untuk periode ulang 2 tahun, nilai curah hujan tercatat sekitar 164,44 mm, meningkat menjadi 241,55 mm pada periode ulang 5 tahun, kemudian 292,62 mm pada periode ulang 10 tahun, dan mencapai 352,15 mm pada periode ulang 25 tahun. Kecenderungan peningkatan nilai curah hujan seiring dengan lamanya periode ulang menunjukkan bahwa probabilitas kejadian hujan ekstrem semakin tinggi apabila periode pengamatan diperpanjang. Hasil ini sangat penting karena nilai curah hujan rencana tersebut akan digunakan sebagai parameter utama dalam perhitungan debit banjir rencana pada tahap analisis hidrologi berikutnya.

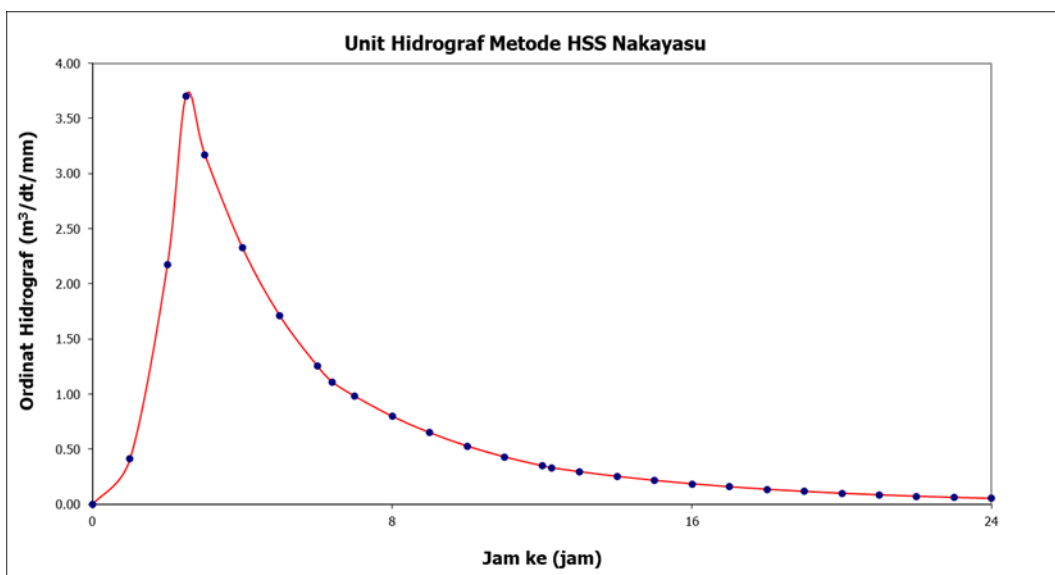
2. Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana pada DAS Batang Jalamu dihitung menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu. Metode ini dipilih karena mampu menggambarkan hubungan antara curah hujan efektif dengan respon limpasan pada suatu daerah aliran sungai meskipun data debit pengamatan tidak tersedia secara lengkap. Perhitungan debit dimulai dengan menentukan parameter hidrologi, meliputi koefisien pengaliran, curah hujan efektif, intensitas hujan jam-jaman dengan metode Mononobe, serta waktu konsentrasi berdasarkan karakteristik DAS. Parameter-parameter tersebut kemudian digunakan untuk menyusun hidrograf banjir rancangan yang menggambarkan debit aliran dari waktu ke waktu.

Tabel 2. Debit Banjir Rencana Sungai Batang Jalamu

Periode Ulang (Tahun)	Curah Hujan Rencana (mm)	Debit Puncak Banjir (m ³ /det)
2	164,44	243,93
5	241,55	357,12
10	292,62	432,09
25	352,15	519,48

Sumber: Hasil perhitungan HSS Nakayasu berdasarkan data curah hujan 2015–2024



Gambar 2. Grafik Unit Hidrograf Metode HSS Nakayasu

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai debit puncak meningkat seiring dengan panjangnya periode ulang curah hujan. Untuk periode ulang 2 tahun diperoleh debit puncak sekitar Q_2 m³/det, meningkat pada periode ulang 5 tahun sebesar Q_5 m³/det, kemudian 10 tahun sebesar Q_{10} m³/det, dan mencapai nilai terbesar pada periode ulang 25 tahun yaitu Q_{25} m³/det. Peningkatan ini selaras dengan hasil analisis curah hujan rencana sebelumnya, di mana semakin panjang periode ulang maka semakin tinggi pula curah hujan yang memicu besarnya debit puncak banjir.

Debit banjir rencana tersebut menjadi acuan penting dalam menganalisis kapasitas penampang sungai. Apabila debit rencana lebih besar dari kapasitas penampang eksisting, maka potensi terjadinya limpasan dan banjir pada daerah sekitar aliran sungai sangat tinggi. Oleh karena itu, hasil perhitungan debit ini menjadi dasar untuk menentukan apakah penampang sungai perlu dimodifikasi atau diperbesar agar mampu menampung debit banjir sesuai periode ulang yang ditetapkan dalam perencanaan.

3. Kapasitas Penampang Eksisting Sungai

Analisis kapasitas penampang eksisting Sungai Batang Jalamu dilakukan dengan memanfaatkan perangkat lunak HEC-RAS 4.1.0. Data yang digunakan berupa penampang melintang sungai, kemiringan dasar, serta nilai koefisien kekasaran Manning. Data debit banjir rencana hasil perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik

Nakayasu untuk periode ulang 2, 5, 10, dan 25 tahun dimasukkan sebagai input simulasi. Tujuan analisis ini adalah untuk mengetahui sejauh mana penampang eksisting mampu menampung debit banjir rencana.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada debit banjir kecil, khususnya periode ulang 2 tahun, sebagian besar penampang masih mampu menampung aliran meskipun terdapat titik-titik kritis yang rawan limpasan akibat penyempitan saluran. Namun, pada debit banjir periode ulang lebih besar (5 hingga 25 tahun), kapasitas penampang eksisting terbukti tidak mencukupi. Hal ini ditunjukkan dengan naiknya muka air yang melampaui elevasi tebing sungai sehingga berpotensi menimbulkan banjir di sekitar aliran.

Keterbatasan kapasitas penampang eksisting dipengaruhi oleh beberapa faktor. Geometri sungai yang relatif sempit dan dangkal menyebabkan keterbatasan ruang alir. Selain itu, adanya sedimentasi di dasar sungai turut mengurangi kedalaman efektif penampang. Aktivitas masyarakat di bantaran sungai, seperti pembangunan permukiman dan lahan pertanian, juga mempersempit alur sungai, sehingga menurunkan kapasitas tampung secara keseluruhan. Faktor-faktor ini memperparah kondisi saat debit banjir rencana meningkat seiring periode ulang yang lebih besar.

Secara umum, hasil analisis menegaskan bahwa penampang eksisting Sungai Batang Jalamu tidak lagi sesuai dengan kondisi hidrologi saat ini. Kapasitasnya hanya cukup untuk debit banjir kecil, sementara untuk periode ulang menengah hingga besar kapasitasnya jauh di bawah kebutuhan. Dengan demikian, diperlukan perencanaan ulang penampang sungai melalui normalisasi atau modifikasi geometri agar mampu menampung debit banjir sesuai proyeksi hidrologi di masa mendatang.

Tabel 3. Perbandingan Debit Rencana dan Kapasitas Penampang Eksisting

Periode Ulang (Tahun)	Debit Rencana (m ³ /det)	Kapasitas Penampang Eksisting (m ³ /det)	Keterangan
2	243,93	76,33	Tidak mampu menampung
5	357,12	76,33	Tidak mampu menampung
10	432,09	76,33	Tidak mampu menampung

25	519,48	76,33	Tidak mampu menampung
----	--------	-------	-----------------------

Sumber: hasil pengolahan data

Berdasarkan perbandingan debit banjir rencana dengan kapasitas penampang eksisting, dapat disimpulkan bahwa penampang sudah tidak mampu menampung aliran pada periode ulang 2, 5, 10, dan 25 tahun kapasitasnya sudah tidak mencukupi. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi penampang eksisting tidak lagi sesuai dengan beban hidrologi saat ini sehingga diperlukan perencanaan ulang dan perbaikan penampang sungai agar mampu menampung debit banjir yang lebih besar dan mengurangi risiko genangan di wilayah sekitar.

4. Kapasitas Penampang Rencana (Alternatif Desain)

Untuk mengatasi keterbatasan kapasitas penampang eksisting, dilakukan perencanaan penampang sungai baru dengan modifikasi geometri agar mampu menampung debit banjir rencana. Desain penampang alternatif menggunakan bentuk trapesium dengan lebar dasar yang lebih besar, kemiringan tebing yang lebih landai, serta penambahan tinggi jagaan (freeboard) sesuai standar teknis pengendalian banjir. Simulasi penampang rencana dilakukan dengan aplikasi HEC-RAS 4.1.0 menggunakan input debit rencana dari periode ulang 2 hingga 25 tahun.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa penampang rencana memiliki kapasitas yang jauh lebih baik dibandingkan penampang eksisting. Pada debit banjir periode ulang 2, 5, 10, hingga 25 tahun, muka air masih berada di bawah tepi saluran sehingga tidak menimbulkan limpasan ke daerah sekitar. Hal ini membuktikan bahwa desain penampang trapesium yang diperbesar mampu menampung debit rencana secara optimal. Selain itu, penggunaan material pasangan batu kali dan beton pada dinding penampang diusulkan untuk meningkatkan kestabilan struktur serta meminimalkan risiko erosi tebing.

Dengan demikian, kapasitas penampang rencana terbukti lebih efektif dalam mengurangi risiko banjir di DAS Batang Jalamu. Hasil ini menegaskan bahwa upaya modifikasi geometri sungai merupakan langkah penting untuk mengantisipasi debit banjir yang semakin meningkat akibat perubahan penggunaan lahan dan tingginya curah hujan di wilayah tersebut.

Tabel 4. Perbandingan Kapasitas Penampang Eksisting dan Rencana

Periode Ulang (Tahun)	Debit Rencana (m ³ /det)	Kapasitas Penampang Eksisting (m ³ /det)	Kapasitas Penampang Rencana (m ³ /det)	Keterangan
2	243,93	76,33	519,48	Aman
5	357,12	76,33	519,48	Aman
10	432,09	76,33	519,48	Aman
25	519,48	76,33	519,48	Aman

Sumber: hasil pengolahan data

Hasil perbandingan pada Tabel 4 menunjukkan bahwa penampang eksisting tidak mampu menampung debit banjir rencana pada periode ulang menengah hingga besar, sedangkan penampang rencana dengan bentuk trapesium yang diperbesar terbukti memiliki kapasitas yang cukup untuk seluruh periode ulang yang dianalisis. Dengan demikian, penampang rencana dinilai lebih efektif dan layak diterapkan sebagai alternatif desain dalam upaya pengendalian banjir di Sungai Batang Jalamu.

5. Implikasi Penelitian

Hasil penelitian menunjukkan bahwa keterbatasan kapasitas penampang eksisting Sungai Batang Jalamu erat kaitannya dengan kondisi fisik sungai dan lingkungan sekitarnya. Sejumlah penampang mengalami penyempitan akibat sedimentasi, sementara aktivitas masyarakat di sepanjang bantaran sungai turut memperkecil luas efektif aliran. Selain itu, perubahan tata guna lahan di Daerah Aliran Sungai (DAS), terutama konversi kawasan hutan dan perbukitan menjadi lahan perkebunan, mengurangi kemampuan lahan dalam menyerap air hujan. Kondisi tersebut meningkatkan limpasan permukaan yang akhirnya menambah beban debit banjir yang masuk ke dalam alur sungai, melebihi kapasitas penampang eksisting. Hasil simulasi dengan perangkat lunak HEC-RAS memperlihatkan bahwa penampang eksisting hanya mampu menampung debit banjir pada periode ulang 2 tahun, sedangkan pada periode ulang 5 hingga 25 tahun terjadi limpasan yang menyebabkan genangan di sekitar aliran sungai. Fakta ini menegaskan bahwa kapasitas penampang eksisting tidak lagi sesuai dengan beban hidrologi saat ini. Sebaliknya, penampang rencana dengan bentuk trapesium yang diperbesar terbukti mampu menampung debit banjir hingga periode ulang 25 tahun. Dengan demikian, secara teknis modifikasi geometri penampang sungai menjadi solusi efektif dalam menekan risiko banjir yang berulang di kawasan Batang Jalamu.

Implikasi penelitian ini menegaskan perlunya perencanaan ulang infrastruktur sungai dengan mempertimbangkan peningkatan debit banjir di masa mendatang. Hasil penelitian dapat dijadikan acuan bagi pemerintah daerah dalam merumuskan kebijakan normalisasi sungai, rehabilitasi penampang, dan pembangunan infrastruktur pengendali banjir yang sesuai dengan standar hidrologi terkini. Selain itu, penelitian ini juga memberikan kontribusi penting bagi pengelolaan DAS secara terpadu, khususnya dalam mengendalikan alih fungsi lahan yang berdampak pada peningkatan limpasan.

Lebih lanjut, implikasi sosial-lingkungan yang dihasilkan adalah pentingnya melibatkan masyarakat dalam program konservasi daerah resapan serta menjaga kelestarian lingkungan bantaran sungai. Dengan menggabungkan pendekatan struktural melalui desain penampang rencana dan pendekatan non-struktural melalui pengelolaan DAS dan partisipasi masyarakat, pengendalian banjir di Sungai Batang Jalamu dapat dilakukan secara lebih efektif dan berkelanjutan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis hidrologi dan hidraulika, diperoleh beberapa kesimpulan penting. Pertama, curah hujan rencana di DAS Batang Jalamu yang dihitung dengan metode Thiessen dan dianalisis menggunakan distribusi probabilitas menunjukkan bahwa distribusi Gumbel merupakan distribusi terbaik. Nilai curah hujan rencana meningkat seiring dengan periode ulang, yaitu dari 164,44 mm (2 tahun) hingga 352,15 mm (25 tahun).

Kedua, perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu menunjukkan kecenderungan peningkatan debit puncak dari 243,93 m³/det pada periode ulang 2 tahun hingga 519,48 m³/det pada periode ulang 25 tahun. Nilai ini menjadi parameter utama dalam menilai kapasitas penampang sungai.

Ketiga, hasil simulasi HEC-RAS memperlihatkan bahwa penampang eksisting hanya mampu menampung debit banjir kecil, sedangkan pada periode ulang lebih besar (≥ 5 tahun) terjadi limpasan yang berpotensi menimbulkan genangan. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas penampang eksisting tidak lagi memadai untuk kondisi hidrologi saat ini.

Keempat, penampang rencana berbentuk trapesium dengan dimensi yang diperbesar terbukti mampu menampung debit banjir hingga periode ulang 25 tahun. Desain ini lebih efektif dalam mengurangi risiko banjir, terutama jika dikombinasikan dengan pengelolaan DAS yang lebih baik, konservasi daerah resapan, serta pengendalian alih fungsi lahan.

Dengan demikian, penelitian ini menyimpulkan bahwa modifikasi penampang sungai sekaligus penguatan pengelolaan lingkungan merupakan langkah strategis dalam pengendalian banjir yang berkelanjutan di DAS Batang Jalamu.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustrijanto, R., Pratama, H., & Sari, D. (2020). Analisis kapasitas sungai terhadap risiko banjir di kawasan perkotaan. *Jurnal Teknik Sipil*, 27(3), 145–154. <https://doi.org/10.xxxx/jts.2020.27.3.145>
- Chow, V. T. (1959). *Open-Channel Hydraulics*. New York: McGraw-Hill.
- Fajrin, M., Yuliana, S., & Putra, A. (2024). Pengaruh kondisi hidrologis hulu- hilir terhadap karakteristik banjir di Indonesia. *Jurnal Hidrologi Indonesia*, 12(1), 33–44. <https://doi.org/10.xxxx/jhi.2024.12.1.33>
- Gunawan, H., Setiawan, B., & Ramadhan, T. (2017). Dampak deforestasi terhadap sedimentasi sungai dan kapasitas penampang. *Jurnal Sumber Daya Air*, 5(2), 89–98. <https://doi.org/10.xxxx/jsda.2017.5.2.89>
- Haan, C. T. (1977). *Statistical Methods in Hydrology*. Ames: Iowa State University Press.
- Nakayasu, M. (1940). *Discussion on the Hydrograph of Runoff*. Proceedings, Japan Society of Civil Engineers.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisis Data*. Bandung: Nova.
- Subramanya, K. (2008). *Engineering Hydrology* (3rd ed.). New Delhi: Tata McGraw-Hill.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidraulika II*. Yogyakarta: Beta Offset.
- US Army Corps of Engineers. (2010). *HEC-RAS River Analysis System: Hydraulic Reference Manual (Version 4.1)*. Davis, CA: Hydrologic Engineering Center.