

SIMULASI GENANGAN BANJIR BANDANG MENGGUNAKAN SIG DI SUNGAI BRANTAS HULU KOTA BATU

Irani Salsabila¹, Muhammad Abdul Rahman¹, Vita Ayu Kusuma Dewi¹, Titi Rahayuningsih¹

¹Teknik Sipil, Universitas Negeri Malang

* Email Corresponding: iranisalsa04@gmail.com

Abstrak: Banjir bandang merupakan salah satu bencana hidrometeorologi yang memiliki tingkat bahaya tinggi karena terjadi secara tiba-tiba dan membawa debit aliran besar dalam waktu singkat. Kawasan hulu Sungai Brantas di Kota Batu memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap banjir bandang akibat karakteristik topografi pegunungan, curah hujan tinggi, serta perubahan penggunaan lahan. Penelitian ini bertujuan untuk mensimulasikan genangan banjir bandang di Sungai Brantas Hulu Kota Batu menggunakan pendekatan terintegrasi berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Metode yang digunakan meliputi analisis hidrologi untuk memperoleh debit banjir rencana menggunakan HEC-HMS, analisis routing aliran banjir bandang dengan pendekatan tampungan, pemodelan hidraulika dua dimensi menggunakan HEC-RAS, serta analisis spasial untuk memetakan sebaran dan luas genangan banjir. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa salah satu sub DAS di DAS Brantas Hulu yang memiliki luas DAS 11,81 km² dan panjang sungai 7.417,4 m mempunyai respons hidrologi yang cepat terhadap hujan ekstrem berupa debit Q50 tahun sebesar 39,1 m³ perdetik dengan waktu puncak 1 jam. Debit tersebut mengalami peningkatan debit sebesar 230,31 m³ perdetik akibat keruntuhan bendungan alami. Simulasi hidraulika dan analisis spasial menunjukkan bahwa banjir bandang berpotensi menggenangi wilayah seluas sekitar 662 ha, dengan sebaran genangan yang dominan mengikuti alur Sungai Brantas Hulu dan berdampak pada beberapa desa di sekitarnya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah dalam mendukung upaya mitigasi banjir bandang, pengelolaan daerah aliran sungai, dan perencanaan tata ruang berbasis risiko di wilayah hulu Sungai Brantas.

Kata Kunci: Banjir bandang, Sungai Brantas Hulu, HEC-HMS, HEC-RAS, Sistem Informasi Geografis.

Abstract: Flash floods are one of the most hazardous hydrometeorological disasters due to their sudden occurrence and high flow discharge within a short period. The upstream area of the Brantas River in Batu City has a high vulnerability to flash floods as a result of mountainous topography, high rainfall intensity, and land-use changes. This study aims to simulate flash flood inundation in the Upper Brantas River, Batu City, using an integrated Geographic Information System (GIS)-based approach. The methods applied include hydrological analysis to obtain design flood discharge using HEC-HMS, flash flood routing analysis with a storage-based approach, two-dimensional hydraulic modeling using HEC-RAS, and spatial analysis to map the distribution and extent of flood inundation. Modeling results show that one of the sub-watersheds in the Upper Brantas Watershed, which has a watershed area of 11.81 km² and a river is 7,417.4 m long and has a fast hydrological response to extreme rainfall in the form of a Q50 year discharge of 39.1 m³/second with a peak time of 1 hour.. The discharge experienced an increase of 230.3 m³/second due to the collapse of a natural dam. Hydraulic simulations and spatial analysis indicate that flash floods have the potential to inundate an area of approximately 662 ha., with inundation predominantly distributed along the Upper Brantas River corridor and affecting several surrounding villages. The findings of this study are expected to provide a scientific basis for flash flood mitigation, watershed management, and risk-based spatial planning in the Upper Brantas River region.

Keywords: Flash flood, Upper Brantas River, HEC-HMS, HEC-RAS, Geographic Information System

PENDAHULUAN

Perubahan iklim akibat pemanasan global telah menunjukkan dampak nyata terhadap peningkatan intensitas dan distribusi curah hujan, yang secara langsung berkontribusi terhadap meningkatnya kejadian bencana hidrometeorologi, khususnya banjir dan banjir bandang. Di Indonesia, pergeseran musim hujan yang disertai peningkatan intensitas curah hujan hingga sekitar 10% berpotensi meningkatkan debit puncak aliran sungai dalam waktu singkat, sehingga memperbesar risiko banjir bandang (Suripin & Kurniani, 2016). Kejadian bencana yang terjadi didominasi oleh bencana hidrometeorologi dengan persentase mencapai 99,62% dengan banjir masih menjadi kejadian bencana yang paling sering terjadi dengan 189 kejadian atau 72,41% dari total kejadian (BNPB, 2025).

Banjir bandang merupakan salah satu jenis banjir yang paling berbahaya karena terjadi secara tiba-tiba, memiliki kecepatan aliran tinggi, serta membawa material lumpur, batuan, dan puing yang dapat menimbulkan kerusakan signifikan hingga korban jiwa (Iswardoyo & Satria, 2023). Menurut Azmeri dkk., (2015), wilayah pegunungan dengan lereng curam dan daerah aliran sungai berukuran relatif kecil memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap banjir bandang, karena hujan berintensitas tinggi dapat dengan cepat berubah menjadi limpasan permukaan yang sulit dikendalikan dan berpotensi memicu tanah longsor. Dari hasil simulasi diperoleh waktu tiba banjir 1,104 jam dan volume bendungan alam sebesar 13.110,32 m³. Dampak banjir bandang tidak hanya berupa kerusakan lahan dan infrastruktur, tetapi juga menimbulkan kerugian sosial dan ekonomi yang serius bagi masyarakat terdampak. (Firnanda dkk., 2024).

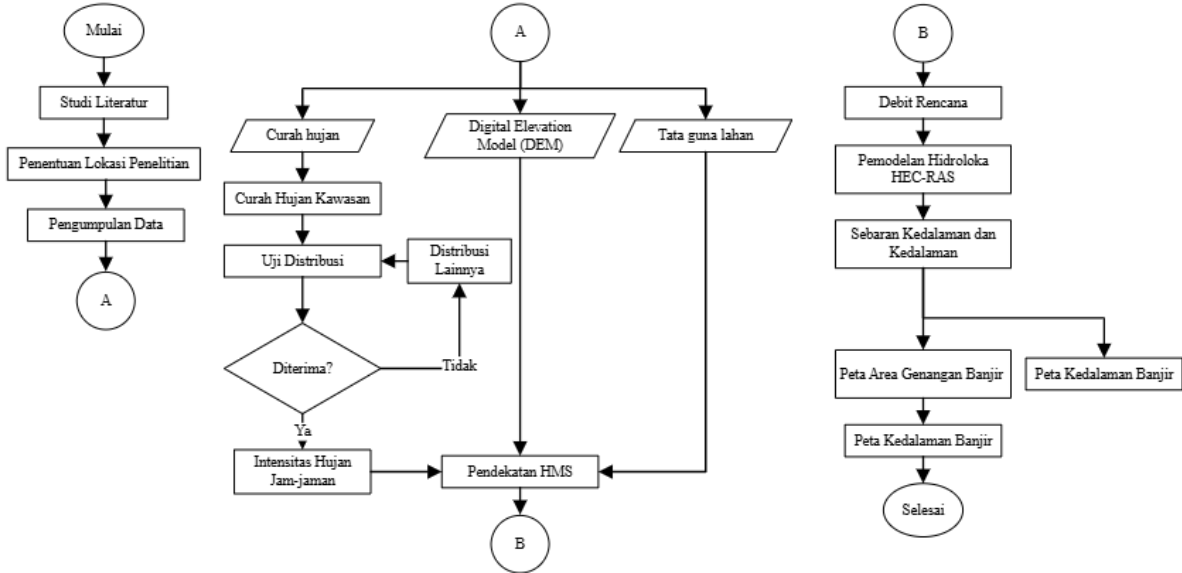
Kota Batu merupakan wilayah yang berada di kawasan Hulu Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas dengan kondisi topografi didominasi pegunungan, perbukitan, dan lereng, serta elevasi rata-rata sekitar 862 meter di atas permukaan laut (Putra dkk., 2022). Selain memiliki potensi pertanian yang besar sebagai penopang perekonomian daerah (Fadhillah & Mukhlis, 2024), Kota Batu juga memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap bencana alam. Informasi bencana dalam model pemetaan partisipatif bertujuan untuk mengurangi risiko bencana dengan cara yang lebih informatif. (Amiruddin dkk., 2020). Peristiwa banjir bandang yang terjadi pada 4 November 2021 menunjukkan besarnya risiko hidrologi di wilayah ini, dengan dampak berupa korban jiwa, kerusakan permukiman, lahan pertanian, serta sarana prasarana pendukung. Hal ini dihasilkan terdapat peningkatan debit pada periode 100 tahun menjadi sekitar 172,163 m³/detik (Firnanda dkk., 2024; Isti'adah dkk., 2022).

Upaya pengurangan dampak banjir bandang memerlukan strategi mitigasi yang efektif, baik secara struktural maupun non-struktural. Mitigasi non-struktural, khususnya melalui pemetaan wilayah rawan banjir, memiliki peran penting dalam mendukung pengambilan keputusan dan perencanaan pengendalian banjir. Penghitungan banjir kawasan Bumiaji mendapat skor 90 atau sedang menurut penghitungan skoring (Muzaki dkk., 2022; Pryastuti dkk., 2021). Pengendalian banjir akan lebih optimal apabila didahului dengan pemahaman yang akurat mengenai wilayah yang berpotensi terdampak genangan. Hasil analisis hidrologi menunjukkan bahwa debit banjir meningkat secara signifikan seiring bertambahnya periode ulang, dari Q2 hingga Q100. Analisis spasial dengan HEC-RAS menghasilkan luasan genangan banjir yang bervariasi, mulai dari 4,98 km² (Q2) hingga 10,89 km² (Q100). Beberapa desa terdampak banjir secara berulang, seperti Bacem, Sumberjo, dan Sukorejo. (Sardana dkk., 2023). Pemodelan hidrologi dan hidraulika yang terintegrasi dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) telah banyak diterapkan untuk menghasilkan peta genangan banjir yang informatif dan akurat. Hasil pemodelan menunjukkan terdapat empat lokasi dengan elevasi banjir tertinggi dan area yang luas. Banjir pada lokasi tersebut disebabkan oleh topografi yang rendah, pertemuan beberapa anak sungai dan karakteristik sungai yang berkelok-kelok (meander) sungai. (Bumi & Rezagama, 2023; Iswardoyo & Satria, 2023; Sinurat dkk., 2022).

Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mensimulasikan genangan banjir bandang di Sungai Brantas Hulu Kota Batu melalui pemodelan hidrologi menggunakan HEC-HMS, pemodelan hidraulika menggunakan HEC-RAS, serta analisis dan visualisasi spasial berbasis SIG guna mengetahui luasan dan distribusi wilayah terdampak banjir bandang. Dalam penelitian ini, dibutuhkan analisis yang menggambarkan proses hubungan debit banjir rencana, volume tampungan dan debit yang ke luar dari tampungan bendungan alami yang kemudian dianalisis sebaran banjir dan penyajian dalam bentuk peta berbasis SIG. Penelitian ini penting untuk dilakukan karena hasil simulasi diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah dalam mendukung upaya mitigasi bencana, pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS), dan penataan ruang wilayah secara berkelanjutan di kawasan hulu Sungai Brantas.

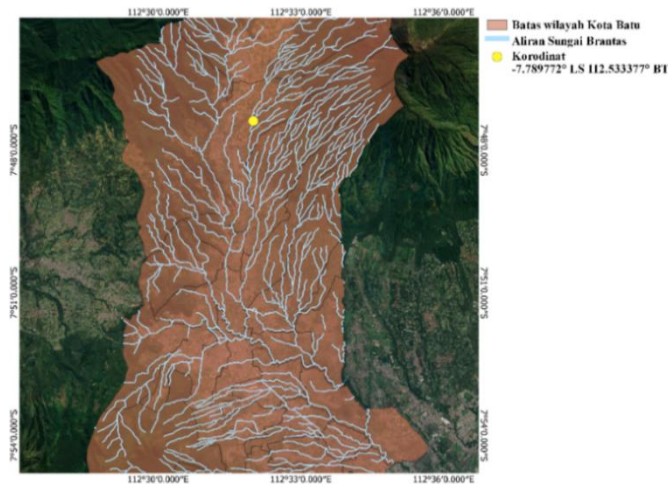
METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode simulasi numerik untuk menganalisis debit banjir bandang dan sebaran genangannya di wilayah DAS Brantas Hulu, Kota Batu. Pendekatan ini dipilih karena mampu merepresentasikan proses hidrologi dan hidraulika secara terintegrasi, mulai dari pembangkitan limpasan akibat hujan hingga penyebaran genangan banjir pada dataran banjir. Tahapan penelitian disusun secara berurutan, dimulai dari analisis hidrologi, routing debit banjir dengan pendekatan tampungan, pemodelan hidraulika dua dimensi, hingga analisis spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk mengidentifikasi wilayah terdampak banjir bandang (Chow dkk., 1988; Triatmodjo, 2008).



Data Penelitian

Berikut merupakan lokasi penelitian yang ada di DAS Brantas Hulu Kota Batu



Gambar 1. Titik lokasi penelitian

Berikut merupakan detail informasi terkait Stasiun Hujan Sumbergondo

Tabel 1. Informasi stasiun hujan pos hujan Sumbergondo

Keterangan	Nilai
Nama Stasiun	Sumbergondo
Kode Stasiun	350479007
Koordinat	7.82217° LS ; 112.53375° BT
Elevasi	1096 mdpl
Kecamatan / Kota	Bumiaji / Batu
Sungai / Sub DAS	Kali Brantas
Tipe Alat	MRG (2008-2017) dan PHB (2018-2024)
Pengelola	UPT BMKG Malang

Keterangan	Nilai
Rentang Data	2008-2024

Data curah hujan digunakan sebagai dasar dalam analisis hidrologi untuk menentukan hujan dan debit banjir rencana, sedangkan data DEM (*Digital Elevation Model*) dimanfaatkan untuk merepresentasikan kondisi topografi dan geometri sungai dalam pemodelan hidraulika. Pemanfaatan DEM resolusi menengah sebesar 30 meter telah banyak diterapkan dalam simulasi banjir bandang karena mampu memberikan keseimbangan antara ketelitian spasial dan efisiensi komputasi (Iswardoyo & Satria, 2023; Sinurat dkk., 2022).

Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi dilakukan untuk memperoleh debit banjir rencana sebagai dasar pemodelan hidraulika. Tahapan awal meliputi pengolahan data curah hujan harian maksimum tahunan dari stasiun Sumbergondo. Data hujan yang tidak lengkap terlebih dahulu diisi menggunakan metode *normal ratio*, kemudian diuji konsistensinya menggunakan metode kurva massa ganda untuk memastikan keandalan data.

Selanjutnya, data hujan titik ditransformasikan menjadi curah hujan kawasan menggunakan metode poligon Thiessen. Metode ini digunakan untuk menganalisis sehingga diperoleh nilai hujan yang merepresentasikan seluruh wilayah Sub DAS. Pemilihan metode ini didasarkan pada kondisi sebaran stasiun hujan yang tidak merata serta jumlah stasiun yang tergolong menengah, yaitu sebanyak lima stasiun. Metode rata-rata aritmatik tidak digunakan karena metode tersebut tidak mempertimbangkan pengaruh luas masing-masing stasiun, sehingga kurang dapat menggambarkan wilayah dengan variabilitas spasial yang tinggi. Sedangkan metode isohyet tidak digunakan dalam penelitian ini karena memerlukan jumlah stasiun hujan yang lebih banyak serta melibatkan unsur subjektivitas dalam penarikan garis kontur hujan. Deret hujan maksimum tahunan kemudian dianalisis menggunakan beberapa distribusi probabilitas, yaitu Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson Tipe III. Pemilihan distribusi terbaik dilakukan melalui uji kesesuaian Chi-Square dan Smirnov–Kolmogorov. Distribusi terpilih digunakan untuk menentukan hujan rencana dengan kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun (Situmorang dkk., 2025; Suripin & Kurniani, 2016).

Curah hujan rencana tersebut selanjutnya dikonversi menjadi hietograf hujan dengan membagi hujan total ke dalam interval waktu tertentu. Hietograf ini digunakan sebagai input hujan dalam pemodelan hidrologi menggunakan perangkat lunak HEC-HMS versi 4.12.

Analisis Routing Debit Banjir dengan Pendekatan Tampungan

Routing debit banjir dilakukan untuk menganalisis perambatan aliran dan perubahan karakteristik debit akibat pengaruh tampungan alami di Sungai Brantas Hulu. Pendekatan yang digunakan adalah *level pool routing* (modified Puls), yang mempertimbangkan hubungan antara debit masuk, debit keluar, dan perubahan volume tampungan berdasarkan persamaan kontinuitas.

Hubungan karakteristik tampungan disusun dalam bentuk lengkung kapasitas yang menggambarkan keterkaitan antara elevasi muka air, volume tampungan, dan debit keluar. Dalam penelitian ini, analisis dilakukan dengan beberapa skenario kapasitas tampungan, yaitu 100%, 75%, 50%, 25%, dan 0%, yang merepresentasikan kondisi penurunan kapasitas tampungan akibat overtopping. Routing debit banjir diterapkan pada kala ulang 50 tahun untuk mengevaluasi perubahan debit puncak dan waktu terjadinya banjir sebelum debit digunakan sebagai kondisi batas pada pemodelan hidraulika (Chow dkk., 1988; Triatmodjo, 2008).

Analisis Hidraulika

Analisis hidraulika dilakukan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS versi 6.6 dengan pendekatan aliran tidak tetap dua dimensi (2D unsteady flow). Pemodelan ini dipilih karena mampu merepresentasikan dinamika aliran banjir dan penyebaran genangan secara lebih realistis pada dataran banjir.

Geometri hidraulik dibangun berdasarkan data DEM untuk membentuk domain aliran dua dimensi yang mencakup alur sungai utama dan dataran banjir di sekitarnya. Jaring komputasi disusun dengan ukuran grid 3 m pada alur sungai dan 10 m pada dataran banjir untuk menjaga keseimbangan antara akurasi dan efisiensi komputasi. Hidrograf debit hasil simulasi HEC-HMS digunakan sebagai kondisi batas hulu, sedangkan kondisi batas hilir ditetapkan menggunakan pendekatan kedalaman normal berdasarkan kemiringan dasar sungai. Nilai koefisien kekasaran Manning ditetapkan sebesar 0,03 sesuai karakteristik sungai alami (Bumi & Rezagama, 2023; Iswardoyo & Satria, 2023).

Analisis Spasial

Analisis spasial dilakukan menggunakan perangkat lunak QGIS versi 3.44.3 untuk memvisualisasikan dan menganalisis hasil simulasi hidraulika. Data genangan berupa peta kedalaman dan sebaran banjir diekspor dari HEC-RAS dalam format raster GeoTIFF, kemudian diklasifikasikan ke dalam beberapa kelas kedalaman genangan, yaitu rendah, sedang, dan tinggi.

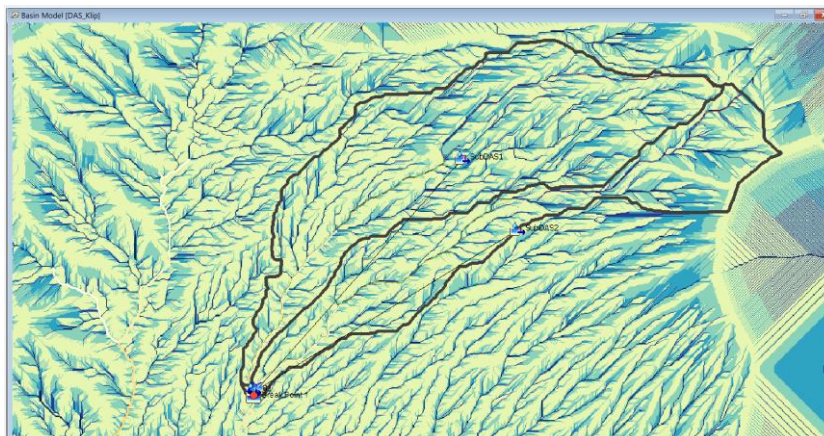
Selanjutnya, peta genangan banjir *dioverlay* dengan peta batas administrasi dan peta tata guna lahan untuk mengidentifikasi wilayah serta luas area yang terdampak banjir bandang. Hasil analisis spasial disajikan dalam bentuk peta tematik yang dilengkapi dengan legenda, skala, dan informasi kartografis lainnya (Muzaki dkk., 2022; Pryastuti dkk., 2021).

Analisis Data

Analisis data dilakukan secara kuantitatif dan spasial untuk mengevaluasi perbedaan luas genangan antar skenario banjir dan mengidentifikasi wilayah dengan tingkat risiko tertinggi. Analisis semacam ini diperlukan untuk mendukung perencanaan mitigasi dan penataan ruang wilayah berbasis risiko banjir (Firnanda dkk., 2024; Sardana dkk., 2023).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan Hidrologi Menggunakan HEC-HMS



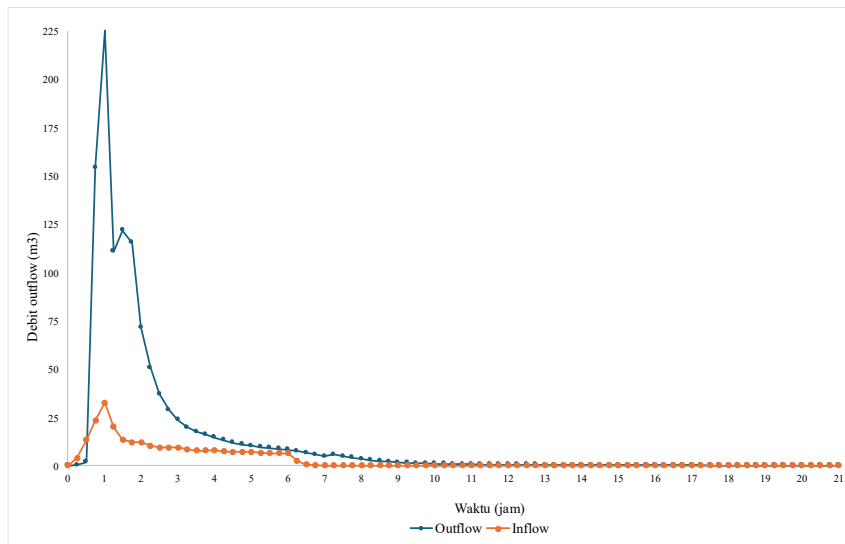
Gambar 2. Hasil deliniasi DAS Brantas Hulu Kota Batu

Karakteristik hidrologi DAS Brantas Hulu diperoleh dari hasil deliniasi berbasis DEM yang menunjukkan bahwa luas total DAS sebesar $\pm 11,81 \text{ km}^2$ dan terbagi menjadi tiga sub DAS. Luasan tersebut mengindikasikan bahwa DAS Brantas Hulu termasuk kategori DAS kecil, yang secara hidrologis memiliki waktu respons relatif cepat terhadap kejadian hujan ekstrem (Chatterjee & Singh, 2020). Karakteristik ini menyebabkan limpasan permukaan terbentuk dengan cepat dan berpotensi memicu banjir bandang, terutama pada wilayah dengan topografi curam dan jaringan sungai rapat.

Hasil pemodelan hidrologi menggunakan HEC-HMS menunjukkan bahwa respons hidrograf banjir pada seluruh kala ulang memiliki pola yang serupa, yaitu kenaikan debit yang cepat pada awal kejadian hujan, mencapai debit puncak pada sekitar jam ke-1, kemudian diikuti fase resesi yang lebih panjang. Debit puncak *inflow* meningkat seiring bertambahnya kala ulang hujan, yaitu sebesar $21,4 \text{ m}^3/\text{detik}$ (Q2), $26,8 \text{ m}^3/\text{detik}$ (Q5), $30,4 \text{ m}^3/\text{detik}$ (Q10), $35,0 \text{ m}^3/\text{detik}$ (Q25), $39,1 \text{ m}^3/\text{detik}$ (Q50), dan mencapai $42,1 \text{ m}^3/\text{detik}$ pada kala ulang 100 tahun. Pola ini menunjukkan bahwa intensitas dan volume hujan berpengaruh langsung terhadap besarnya limpasan permukaan yang terbentuk di DAS Brantas Hulu, sebagaimana juga dilaporkan oleh Yani dan Suhartanto (2019).

Analisis Routing Aliran Banjir

Analisis routing aliran dilakukan menggunakan debit banjir rencana kala ulang 50 tahun sebagai skenario perencanaan, mengacu pada ketentuan perencanaan pengendalian banjir di Indonesia (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2011 Tentang Sungai, t.t.). Proses routing dilakukan dengan pendekatan tampungan menggunakan metode *level pool routing*, yang mempertimbangkan hubungan antara *inflow*, *storage*, dan *outflow*.



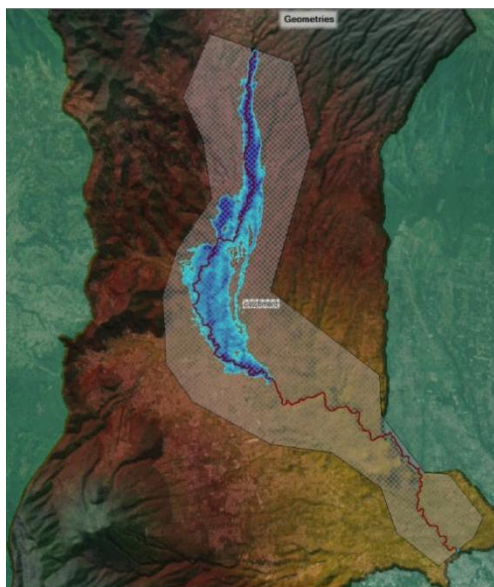
Gambar 3. Perbandingan hasil inflow dan outflow

Perhitungan ini dilakukan saat kondisi sungai terdapat bendungan alami dan mempunyai tampungan air. Interval waktu yang dipakai adalah 15 menit. Saat 15 menit pertama dan kondisi bendungan alami utuh/ tinggi 100%, debit yang masuk sebesar 4,9 m³/detik dan keluar sebesar 0,44 m³/detik. Saat 15 menit kedua dan bendungan alami utuh/ tinggi 100%, debit yang masuk sebesar 16,1 m³/detik dan keluar sebesar 2,26 m³/detik. Saat 15 menit ketiga dan bendungan alami setinggi 75%, debit yang masuk sebesar 28,2 m³/detik dan keluar sebesar 158 m³/detik. Saat 15 menit keempat dan bendungan alami setinggi 50%, debit yang masuk sebesar 39,1 m³/detik dan keluar sebesar 230,31 m³/detik. Saat 15 menit kelima dan bendungan alami setinggi 25%, debit yang masuk sebesar 24,1 m³/detik dan keluar sebesar 111,43 m³/detik. Saat 15 menit keenam dan bendungan alami telah runtuh seluruhnya, debit yang masuk sebesar 16,2 m³/detik dan keluar sebesar 122,42 m³/detik. Hasil analisis menunjukkan bahwa debit keluar (*outflow*) meningkat sangat cepat pada fase awal kejadian banjir dan mencapai nilai puncak sebesar 230,31 m³/detik pada sekitar jam ke-1/ menit 15 keempat. Respon ini menunjukkan bahwa sistem tampungan mempunyai pengaruh terhadap terhadap peningkatan *inflow* akibat ketinggian air saat runtuh menjadi lebih tinggi dari pada ketinggian air sebelumnya. Setelah mencapai debit puncak, *outflow* mengalami penurunan yang relatif tajam, kemudian diikuti fase pelepasan tampungan yang lebih lambat hingga debit mendekati nol pada sekitar jam ke-21. Pola ini menunjukkan bahwa volume tampungan dilepaskan secara bertahap dan sistem kembali menuju kondisi aliran normal.

Asumsi waktu keruntuhan bendung alami sebesar 1,5 jam yang digunakan dalam routing dinilai representatif, karena masih berada dalam rentang empiris hasil penelitian Firnanda dkk., (2024) pada wilayah Sungai Brantas Hulu dengan karakteristik serupa. Dengan demikian, hasil *routing* yang diperoleh mampu merepresentasikan karakteristik aliran banjir bandang secara realistis.

Simulasi Hidraulika Menggunakan HEC-RAS

Simulasi hidraulika dilakukan menggunakan HEC-RAS dengan pendekatan aliran tidak tetap (*unsteady flow*) dua dimensi untuk merepresentasikan dinamika aliran banjir bandang pada Sungai Brantas Hulu. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa genangan banjir mengikuti morfologi alami sungai, dengan konsentrasi genangan dominan terjadi sepanjang alur utama dan dataran banjir di sekitarnya.

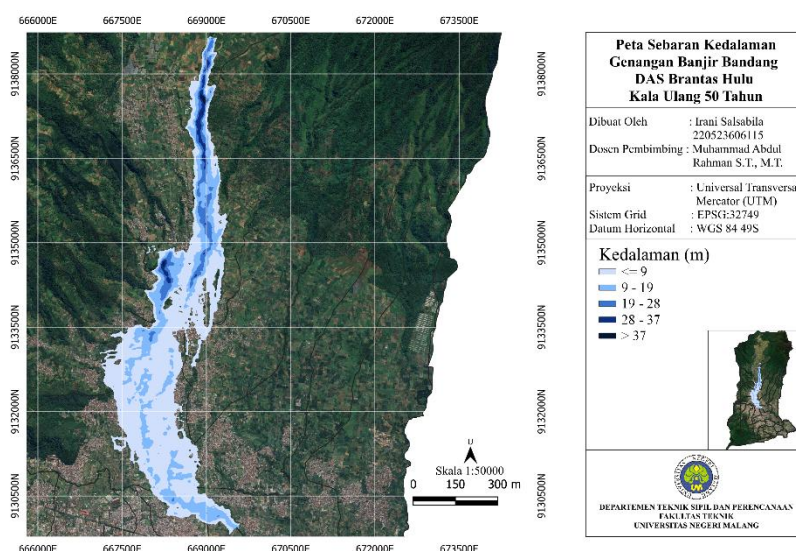


Gambar 4. Hasil pemodelan HEC-RAS

Hasil analisis kedalaman genangan menunjukkan bahwa kedalaman minimum genangan mencapai sekitar 0,001 m, sedangkan kedalaman maksimum mencapai 45,61 m, dengan nilai rata-rata genangan sebesar $\pm 11,15$ m. Genangan terdalam umumnya terjadi pada alur utama sungai dan pada segmen tikungan, yang berfungsi sebagai zona akumulasi aliran ketika debit puncak terjadi. Kondisi ini menunjukkan bahwa kapasitas penampang sungai eksisting belum mampu menampung debit banjir rencana kala ulang 50 tahun secara optimal.

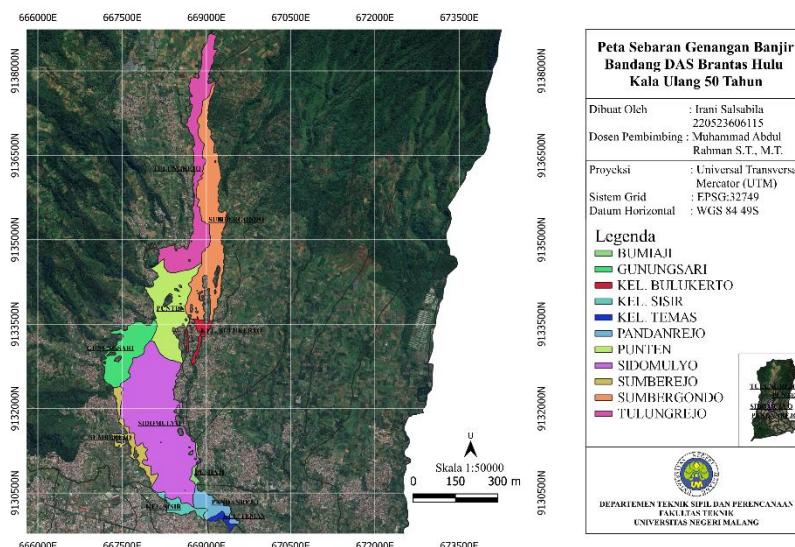
Luapan aliran ke dataran banjir menunjukkan terjadinya *overbank flow*, yang merupakan mekanisme hidraulika alami ketika debit aliran melampaui kapasitas saluran utama (Fernandes, 2021). Namun, pada kawasan perkotaan, keberadaan bangunan dan perubahan penggunaan lahan meningkatkan kekasaran hidraulik dan menurunkan kapasitas efektif penampang sungai, sehingga memperbesar potensi genangan, sebagaimana juga dijelaskan oleh (Bugis dkk., 2024).

Analisis Spasial Wilayah Terdampak Banjir Bandang Berbasis SIG



Gambar 5. Pemetaan genangan banjir bandang pada QGIS

Hasil analisis spasial berbasis SIG menunjukkan bahwa banjir bandang dengan debit rencana kala ulang 50 tahun berpotensi menggenangi wilayah seluas $\pm 6.620.073,76$ m² atau setara dengan 662,01 ha. Luasan genangan ini mencerminkan besarnya dampak banjir bandang yang tidak hanya terbatas pada palung sungai, tetapi juga meluas ke dataran banjir di sekitarnya.



Gambar 6. Pemetaan wilayah terdampak banjir bandang

Overlay antara peta genangan dan batas administrasi menunjukkan bahwa terdapat sebelas desa dan kelurahan yang terdampak banjir bandang. Desa Sidomulyo menjadi wilayah dengan luasan genangan terbesar ($\pm 220,48$ ha), diikuti oleh Desa Sumbergondo ($\pm 126,97$ ha), Desa Tulungrejo ($\pm 91,34$ ha), dan Desa Punten ($\pm 83,61$ ha). Keempat wilayah tersebut berada pada koridor utama Sungai Brantas Hulu dan memiliki dataran banjir yang relatif luas, sehingga lebih rentan terhadap luapan aliran.

Sebaliknya, wilayah seperti Desa Bumiaji dan Kelurahan Temas menunjukkan luasan genangan yang relatif kecil (< 5 ha). Meskipun demikian, keberadaan genangan pada wilayah tersebut tetap menunjukkan adanya risiko banjir bandang, terutama karena berada pada kawasan permukiman. Variasi luasan genangan ini dipengaruhi oleh perbedaan topografi, kemiringan lereng, serta karakteristik penggunaan lahan, sebagaimana juga dilaporkan oleh (Ma'rufah dkk., 2024).

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mensimulasikan genangan banjir bandang di Sungai Brantas Hulu Kota Batu melalui integrasi pemodelan hidrologi, analisis *routing* aliran banjir, pemodelan hidraulika dua dimensi, dan analisis spasial berbasis SIG. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa DAS Brantas Hulu memiliki respons hidrologi yang cepat terhadap hujan ekstrem, dengan debit puncak yang meningkat seiring bertambahnya kala ulang hujan dan keruntuhan bendungan alami yang meningkatkan ketinggian aliran air. Hal ini mengakibatkan debit air dari keruntuhan bendungan melampaui kapasitas alur sungai eksisting, sehingga memicu terjadinya limpasan ke dataran banjir.

Simulasi hidraulika dan analisis spasial menunjukkan bahwa banjir bandang berpotensi menggenangi wilayah seluas sekitar 662 ha dengan sebaran genangan yang dominan mengikuti alur Sungai Brantas Hulu. Beberapa desa yang berada pada koridor utama sungai teridentifikasi sebagai wilayah dengan tingkat keterpaparan tinggi, sehingga hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai dasar ilmiah dalam mendukung mitigasi banjir bandang, pengelolaan DAS, dan perencanaan tata ruang berbasis risiko di wilayah hulu Sungai Brantas.

DAFTAR PUSTAKA

- Amiruddin, L., Genta, D., & Rozalina, M. (2020). PARTICIPATORY MAPPING FOR DISASTERS IN TULUNGREJO VILLAGE, BUMIAJI SUB-DISTRICT, BATU CITY. *Jurnal Partisipatoris*, 2(1), 19–30.
- BNPB. (2025). INFOBENCANA. *INFOBENCANA*, 6(3), 47. Retrieved from [https://bnpb.go.id/storage/app/media/Buletin Info Bencana/2025 Buletin Info Bencana/2025 Maret/Buletin Info Bencana Maret 2025.pdf](https://bnpb.go.id/storage/app/media/Buletin%20Info%20Bencana/2025%20Buletin%20Info%20Bencana/2025%20Maret/Buletin%20Info%20Bencana%20Maret%202025.pdf)
- Azmeri, Yulianur, A., & Listia, V. (2015). Analisis Perilaku Banjir Bandang akibat Keruntuhan Bendungan Alam pada Daerah Aliran Sungai Krueng Teungku Provinsi Aceh. *Jurnal Teknik Sipil*, 22(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.5614/jts.2015.22.3.5>

- Bugis, R., Farida, A., Pristianto, H., & Fajri Yasin, A. (2024). Pengaruh Geometri Sungai Terhadap Debit Aliran Studi Kasus Das Klasaman Kota Sorong Influence Of River Geometry On Flow Discharge Case Study Of Das Klasaman Sorong City. Dalam *JIMATS* (Vol. 03, Nomor 02). <http://doi.org/xxx>
- Bumi, I. S., & Rezagama, A. (2023). Pemodelan Banjir Dua Dimensi Sungai Seruyan dengan Menggunakan Aplikasi HEC-RAS. *Jurnal Inovasi Konstruksi*, 2(1), 11–19. <https://doi.org/10.56911/jik.v2i1.36>
- Chatterjee, C., & Singh, R. (2020). *Watershed hydrology*.
- Chow, V. Te, Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*.
- Fadhillah, A. R., & Mukhlis, I. (2024). BANJIR BANDANG PADA SEKTOR PERTANIAN KOTA BATU: MENELAHAH DAMPAK EKONOMI DAN UPAYA PEMULIHAN. *Bisnis dan Pendidikan*, 4(1), 2024. <https://doi.org/10.17977/um066.v4.i1.2024.1>
- Fernandes, J. N. (2021). Apparent roughness coefficient in overbank flows. *SN Applied Sciences*, 3(7). <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04677-3>
- Firnanda, M. A. P., Kusuma, V. A., & Rahayuningsih, T. (2024). Analisis Banjir Bandang Akibat Keruntuhan Bendung Alam pada Daerah Hulu Kota Batu Jawa Timur. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 22(1), 10–17. <https://doi.org/10.22219/jmts.v22i1.30339>
- Isti'adah, Mardianty, A., Adella, N. P., Sofia, F. N. D., & Hidayat, A. B. Al. (2022). PENANGANAN BENCANA BANJIR BANDANG DI KOTA BATU PADA MASA PANDEMI COVID19. *International Journal of Innovation Review*. <https://doi.org/10.52473/ijir.v2i1.25>
- Iswardoyo, J., & Satria, H. (2023). ANALISIS DAERAH TERDAMPAK BANJIR BANDANG MENGGUNAKAN HEC-RAS 2 DIMENSI DI SUNGAI SAT, KABUPATEN PATI, JAWA TENGAH. *JURNAL TEKNIK HIDRAULIK*, 14(1), 13–26. <https://doi.org/10.32679/jth.v14i1.717>
- Ma'rifah, W., Ridwan, R., & Amin, M. (2024). Deteksi Kerawanan Banjir Genangan Menggunakan Topographic Wetness Index (TWI) di Sub Das Way Katibung. *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*, 3(2), 238. <https://doi.org/10.23960/jabe.v3i2.9435>
- Muzaki, A. N., Masrurroh, H., Firmansyah, A. H., & Wicaksono, D. B. (2022). PEMETAAN POTENSI BANJIR DENGAN METODE SKORING SECARA GEOSPASIAL DI KECAMATAN BUMIAJI KOTA BATU. *Jurnal Pendidikan Geosfer*, 7. <https://doi.org/10.24815/jpg.v%vi%i.28663>
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2011 Tentang Sungai.
- Pryastuti, L., Rustan, & Mz, N. (2021). PEMETAAN TINGKAT KERAWANAN BANJIR MENGGUNAKAN METODE SCORING DAN METODE OVERLAY BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DI KOTA JAMBI. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, 05(02), 132–141. <http://dataonline.bmkg.go.id/home>.
- Putra, D., Sofwany, B., Zulfinanda, H., & Kamaruddin, I. (2022). FLASH FLOOD (Δ) RISK AND DAMAGE ASSESSMENT IN BATU, EAST JAVA. *JURNAL TEKNO SAINS*, 12, 72–84.
- Sardana, Y. W., Suripin, Nugroho, H., & Rendra, M. I. (2023). Pemetaan Area Genangan Banjir Menggunakan Model HEC-RAS 2D dan GIS Pada DAS Pacal Kabupaten Bojonegoro. *JSI : Jurnal Sistem Informasi (E-Journal)*, 15(1), 2023. <http://ejournal.unsri.ac.id/index.php/jsi/index>
- Sinurat, M., Mulia, A. P., & Faisal, M. (2022). Analisis Spasial Daerah Banjir Menggunakan Hec-Ras dan QGIS untuk Sub Das Babura. *Jurnal Syntax Admiration*, 3(1), 141–162. <https://doi.org/10.46799/jsa.v3i1.382>
- Situmorang, Y. L. A., Amalia, N. F., & Asdak, C. (2025). Estimasi Sebaran Genangan Banjir Menggunakan Model Hidrologi - Hidrolika di Sub DAS Cikamiri. *Jurnal Teknotan*, 19(3), 261–272. <https://doi.org/10.24198/jt.vol19n3.12>
- Suripin, & Kurniani, D. (2016). *Pengaruh Perubahan Iklim terhadap Hidrograf Banjir di Kanal Banjir Timur Kota Semarang*. 22(2).
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Beta Offset Yogyakarta.

