© 2026 Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP
JURNAL ILMU LINGKUNGAN
Volume 24 Issue 5 (2026) : 1140-1149 *ISSN 1829-8907*

Integrasi SIG dan HEC-RAS untuk Analisis Genangan Banjir dalam Mendukung Mitigasi Risiko Lingkungan di DAS Way Krui

Aprizal* dan Ni Luh Chanda Swandewi

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bandar Lampung, Indonesia; e-mail: aprizal@ubl.ac.id

ABSTRAK

DAS Way Krui di Kabupaten Pesisir Barat Provinsi Lampung, merupakan wilayah yang berpotensi mengalami banjir karena peningkatan debit sungai dapat melampaui kapasitas tampung alur, terutama pada bagian hilir yang relatif landai dan berdekatan dengan kawasan permukiman. Kajian berbasis pemodelan diperlukan agar potensi genangan dapat diidentifikasi secara spasial dan digunakan sebagai dasar mitigasi. Penelitian ini bertujuan menganalisis sebaran dan luas genangan banjir pada beberapa kala ulang menggunakan pemodelan hidraulika dua dimensi HEC-RAS. Data yang digunakan meliputi data elevasi Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), interpretasi citra Google Earth, hasil delineasi daerah aliran sungai menggunakan Global Mapper, serta debit banjir rencana yang diperoleh melalui Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu. Pemodelan dilakukan dengan menyiapkan terrain, batas DAS, alur sungai, area aliran dua dimensi, kondisi batas hulu berupa hidrograf aliran, dan kondisi batas hilir berupa normal depth. Hasil delineasi menunjukkan luas DAS Way Krui sebesar 54,301 km^2 dengan panjang sungai utama sekitar 16 km. Simulasi memperlihatkan bahwa peningkatan kala ulang banjir menyebabkan bertambahnya luas dan kedalaman genangan. Luas genangan masing-masing skenario adalah 0,70 km^2 pada Q2, 1,35 km^2 pada Q5, 1,69 km^2 pada Q10, 2,17 km^2 pada Q25, 2,18 km^2 pada Q50, dan 3,00 km^2 pada Q100. Genangan dominan terjadi di wilayah hilir karena kombinasi elevasi rendah, kemiringan lahan kecil, dan akumulasi aliran dari bagian hulu. Perbedaan luas genangan Q25 dan Q50 yang relatif kecil menunjukkan bahwa sebagian besar dataran banjir utama telah tergenang pada skenario Q25, sedangkan peningkatan debit berikutnya lebih berpengaruh terhadap kedalaman dan perluasan lokal. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar awal perencanaan mitigasi banjir, pengendalian pemanfaatan ruang sempadan sungai, dan pengelolaan DAS Way Krui secara berkelanjutan.

Kata kunci: banjir, DAS Way Krui, Global Mapper, HEC-RAS, genangan banjir

ABSTRACT

The Way Krui Watershed in Pesisir Barat Regency Lampung Province is prone to flooding because increased river discharge may exceed channel capacity, particularly in the downstream area where the terrain is relatively flat and adjacent to settlement areas. Spatially based modeling is required to identify potential inundations and to support mitigation planning. This study aims to analyze the distribution and extent of flood inundation for several return periods using two-dimensional hydraulic modeling with HEC-RAS. The data consisted of Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) elevation data, Google Earth image interpretation, watershed delineation processed in Global Mapper, and design flood discharge derived from the Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph. The hydraulic model was developed by preparing the terrain, watershed boundary, river alignment, two-dimensional flow area, upstream boundary condition in the form of flow hydrographs, and downstream boundary condition using normal depth. The watershed delineation produced an area of 54.301 km^2 and a main river length of approximately 16 km. The simulations indicate that higher flood return periods increase both inundation extent and depth. The inundated areas were 0.70 km^2 for Q2, 1.35 km^2 for Q5, 1.69 km^2 for Q10, 2.17 km^2 for Q25, 2.18 km^2 for Q50, and 3.00 km^2 for Q100. Flooding was mainly concentrated in the downstream section due to low elevation, gentle slope, and accumulated flow from the upstream area. The relatively small difference between Q25 and Q50 indicates that the main floodplain had largely been inundated under the Q25 scenario, while further discharge increases tended to affect depth and localized expansion. These results provide an initial basis for flood mitigation planning, river buffer zone control, and sustainable watershed management in the Way Krui area.

Keywords: flood, Way Krui watershed, Global Mapper, HEC-RAS, flood inundation

Citation: Aprizal, dan Swandewi, N. L. C. (2026). Integrasi SIG dan HEC-RAS untuk Analisis Genangan Banjir dalam Mendukung Mitigasi Risiko Lingkungan di DAS Way Krui. Jurnal Ilmu Lingkungan, 24(5), 1140-1149, doi:10.14710/jil.24.5.1140-1149

1. PENDAHULUAN

Banjir merupakan salah satu bencana hidrometeorologi yang menimbulkan dampak luas terhadap keselamatan masyarakat, kerusakan infrastruktur, gangguan ekonomi, kesehatan lingkungan, dan keberlanjutan pemanfaatan ruang. Secara global, risiko banjir semakin dipengaruhi oleh meningkatnya kejadian curah hujan ekstrem, perubahan tata guna lahan, urbanisasi pada dataran banjir, serta berkurangnya kapasitas sistem drainase alami. IPCC (2023) menegaskan bahwa perubahan iklim meningkatkan intensitas kejadian hujan ekstrem pada banyak wilayah, sedangkan World Meteorological Organization (2026) melaporkan bahwa cuaca ekstrem, termasuk hujan lebat dan siklon tropis, terus menimbulkan gangguan sosial-ekonomi dalam skala luas. Dalam konteks sungai, banjir terjadi ketika debit aliran meningkat melebihi kapasitas tampung alur sehingga air melimpas ke dataran banjir dan area rendah di sekitarnya.

Di Indonesia, urgensi pengelolaan risiko banjir semakin kuat karena kejadian bencana nasional didominasi oleh bencana hidrometeorologi. Data Bencana Indonesia 2024 mencatat 3.472 kejadian bencana, dengan banjir sebagai kejadian paling sering, yaitu 1.420 kejadian, dan sekitar 99,34% kejadian merupakan bencana hidrometeorologi yang dipengaruhi oleh cuaca dan aliran permukaan (BNPB, 2025). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa perencanaan mitigasi tidak cukup mengandalkan catatan kejadian secara deskriptif, tetapi memerlukan analisis berbasis data spasial yang dapat memperkirakan lokasi, luas, kedalaman, dan pola penyebaran genangan.

Pada tingkat wilayah, Kabupaten Pesisir Barat memiliki bukti aktual kerentanan banjir. Laporan BPBD melalui Antara News (2025) menyebutkan bahwa banjir pada 8 September 2025 merendam enam kecamatan di Pesisir Barat, termasuk Way Krui dan Pesisir Tengah, dengan ketinggian air hingga tiga meter. Analisis BMKG Lampung (2026) juga mencatat bahwa kejadian banjir di Krui dipicu oleh hujan sangat lebat; pos hujan Krui Pasar merekam 98 mm/hari pada tanggal kejadian, sedangkan AWS Bandara Taufik Kiemas menunjukkan intensitas maksimum 37,6 mm/jam. Fakta tersebut menegaskan bahwa kawasan Krui memerlukan kajian genangan yang lebih terukur, terutama pada sistem sungai dan dataran rendah di sekitar hilir.

Salah satu wilayah di Kabupaten Pesisir Barat yang memiliki potensi genangan adalah Daerah Aliran Sungai Way Krui. Wilayah ini dipengaruhi oleh variasi topografi, pola aliran sungai, intensitas hujan pada musim penghujan, serta keberadaan kawasan permukiman pada bagian hilir. Pada saat hujan berlangsung dengan intensitas tinggi atau durasi panjang, debit aliran dapat meningkat cepat dan berpotensi melampaui kapasitas alur sungai. Kondisi tersebut menjadikan DAS Way Krui relevan untuk dianalisis melalui pendekatan hidrologi dan hidraulika yang mampu menggambarkan respons debit terhadap potensi luapan secara spasial.

Secara geomorfologis, bagian hulu dan tengah DAS yang lebih curam dapat mempercepat konsentrasi aliran permukaan menuju hilir. Sebaliknya, bagian hilir yang lebih datar cenderung menjadi lokasi akumulasi debit dan penyebaran genangan. Apabila kawasan hilir telah berkembang menjadi permukiman, jaringan jalan, fasilitas publik, atau area aktivitas ekonomi, maka risiko banjir meningkat karena unsur bahaya, paparan, dan kerentanan berada pada ruang yang sama. Oleh karena itu, analisis genangan perlu diarahkan untuk membaca hubungan antara debit banjir rencana, bentuk lahan, dan potensi sebaran air pada dataran banjir.

Pemodelan hidrologi dan hidraulika merupakan pendekatan penting dalam analisis banjir karena mampu mengubah data curah hujan, debit, topografi, geometri sungai, dan kondisi batas aliran menjadi informasi spasial berupa muka air, kedalaman, kecepatan, serta luas genangan. Integrasi HEC-RAS dan Sistem Informasi Geografis (SIG) telah banyak digunakan untuk pemetaan bahaya banjir. Peker dkk. (2024) menunjukkan bahwa integrasi HEC-HMS, HEC-RAS, dan GIS dapat digunakan untuk pemodelan banjir dan pemetaan bahaya pada beberapa kala ulang, sedangkan Vashist dan Singh (2023) membuktikan kemampuan HEC-RAS 2D dalam menghasilkan peta genangan berbasis DEM pada daerah sungai. Kajian terbaru El-Haddad dkk. (2025) juga menegaskan bahwa pemodelan HEC-RAS 2D perlu memperhatikan ukuran mesh dan resolusi data karena parameter tersebut memengaruhi hasil akhir batas genangan.

Pendekatan integrasi data penginderaan jauh dan pemodelan hidraulika juga telah digunakan pada berbagai penelitian pemetaan banjir. Afzal, dkk (2022) menunjukkan bahwa kombinasi model HEC-RAS dengan citra satelit dapat membantu mengidentifikasi pola genangan secara spasial. Pendekatan berbasis data spasial makin berkembang melalui pemanfaatan citra penginderaan jauh dan pemodelan hidraulika terkalibrasi untuk meningkatkan interpretasi wilayah terdampak banjir (Belay dkk., 2025).

Ketelitian data topografi menjadi faktor kunci dalam pemodelan genangan. Pada wilayah dengan keterbatasan data survei, DEM terbuka seperti SRTM dapat digunakan sebagai dasar awal pembentukan terrain, delineasi DAS, dan pemodelan hidraulika. Namun, penggunaan DEM global tetap memerlukan kehati-hatian karena kesalahan elevasi dapat memengaruhi kedalaman dan batas genangan. Meadows dkk. (2024) menekankan bahwa model banjir sangat bergantung pada representasi topografi permukaan tanah, sedangkan Javas dkk. (2024) menunjukkan bahwa pemilihan DEM terbuka seperti SRTM, DEMNAS, dan MERIT-Hydro dapat menghasilkan perbedaan keluaran genangan pada pemodelan HEC-RAS di Indonesia. Dengan demikian, pemodelan berbasis SRTM pada DAS Way Krui perlu dipahami sebagai dasar awal mitigasi yang dapat

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

diperkuat melalui survei topografi dan validasi lapangan pada penelitian lanjutan.

Selain pemilihan DEM, beberapa penelitian menunjukkan bahwa kualitas data elevasi dan metode pemrosesan terrain berpengaruh terhadap akurasi hasil simulasi genangan. Oleh karena itu, evaluasi terhadap sumber data topografi menjadi bagian penting sebelum hasil model digunakan untuk pengambilan keputusan mitigasi (El-Bagoury dan Gad, 2024).

Penelitian terdahulu memperlihatkan bahwa pemodelan HEC-RAS 2D dan SIG efektif untuk memetakan genangan, tetapi hasilnya peka terhadap representasi topografi, konfigurasi grid, kondisi batas, dan ketersediaan data kalibrasi. Nuzul dkk. (2021) serta Sholikha dkk. (2022) menerapkan pendekatan tersebut pada DAS lain di Indonesia, sedangkan Aprizal dkk. (2024) Noviani dkk. (2025) menggunakannya pada sungai di Lampung. Belum tersedia informasi spasial multi-kala-ulang untuk DAS Way Krui yang menghubungkan hidrograf rencana, karakter topografi hulu-hilir, dan respons luas genangan. Kontribusi penelitian ini bukan pengembangan algoritma baru, melainkan penyusunan alur kerja yang dapat direplikasi pada DAS minim data: debit rencana dari tiga titik hujan 2016-2025 diintegrasikan dengan delineasi SRTM dan simulasi HEC-RAS 2D untuk mengidentifikasi ambang perluasan lateral genangan serta implikasinya bagi pengelolaan dataran banjir.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis potensi genangan banjir menggunakan HEC-RAS pada DAS Way Krui, Kabupaten Pesisir Barat. Tujuan khusus penelitian meliputi delineasi DAS dan alur Sungai Way Krui, penyiapan debit banjir rencana untuk beberapa kala ulang, pemodelan genangan banjir berbasis HEC-RAS, serta analisis perubahan luas dan pola sebaran genangan sebagai dasar awal perencanaan mitigasi banjir, pengendalian pemanfaatan ruang sempadan sungai, dan pengelolaan DAS secara berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis pemodelan hidrologi dan hidraulika. Seluruh analisis dilakukan melalui pengolahan data numerik dan spasial yang mencakup data curah hujan, data elevasi, interpretasi citra satelit, delineasi DAS, serta simulasi aliran tidak tetap menggunakan HEC-RAS 6.5. Pendekatan kuantitatif dipilih karena tujuan penelitian adalah menghitung debit banjir rencana dan luas genangan pada tiap skenario kala ulang.

Data yang digunakan merupakan data sekunder. Data sekunder diperoleh dari interpretasi citra Google Earth, DEM SRTM, hasil pengolahan spasial menggunakan Global Mapper, serta hasil analisis hidrologi yang memanfaatkan data curah hujan harian maksimum. Data pendukung lain diperoleh dari studi pustaka, laporan bencana, dan artikel ilmiah yang relevan dengan pemodelan banjir, DAS, dan penggunaan HEC-RAS.

2.2. Lokasi dan Objek Penelitian

Lokasi penelitian berada pada DAS Way Krui, Kabupaten Pesisir Barat. Objek kajian adalah alur Sungai Way Krui dan wilayah di sekitarnya yang berpotensi terdampak genangan akibat luapan sungai. Berdasarkan hasil delineasi, DAS Way Krui memiliki luas 54,301 km^2 dengan panjang sungai utama sekitar 16 km. Ukuran DAS tersebut menunjukkan karakter DAS kecil hingga menengah yang dapat memberikan respon aliran relatif cepat terhadap hujan intensif.

Secara spasial, bagian hulu dan tengah DAS didominasi topografi berbukit, sedangkan bagian hilir relatif lebih landai dan berdekatan dengan kawasan permukiman serta muara. Perbedaan karakter topografi ini menjadi faktor penting dalam proses pembentukan limpasan dan penyebaran genangan. Wilayah hilir menjadi perhatian utama karena menerima akumulasi aliran dari bagian hulu dan mempunyai potensi sebaran genangan lebih luas.

2.3. Sumber dan Jenis Data

Data utama meliputi curah hujan harian periode 2016-2025 dari National Aeronautics and Space Administration (NASA) pada tiga titik yang mewakili Biha, Ngambur, dan Krui; citra Google Earth; serta DEM SRTM. Seri hujan diperiksa kelengkapannya, kemudian hujan wilayah dihitung dengan rata-rata aljabar ketiga titik. Nilai maksimum harian setiap tahun membentuk seri maksimum tahunan 10 tahun. Distribusi Normal, Log Normal, dan Log Pearson Tipe III diuji; distribusi Log Pearson Tipe III dipilih berdasarkan uji kesesuaian dan digunakan untuk memperoleh hujan rencana kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun. Hujan rencana didistribusikan menjadi hujan jam-jaman dan diubah menjadi hujan efektif sebelum ditransformasikan menjadi hidrograf debit. Citra Google Earth digunakan untuk menelusuri alur dan titik kontrol hulu-hilir, sedangkan SRTM digunakan untuk terrain dan delineasi DAS.

Data spasial hasil pengolahan terdiri atas alur sungai, batas DAS, dan shapefile yang kompatibel dengan RAS Mapper. Seluruh data spasial diseragamkan dalam sistem koordinat Universal Transverse Mercator (UTM) sesuai lokasi Kabupaten Pesisir Barat agar pengukuran jarak, luas, dan posisi spasial dapat dilakukan dalam satuan metrik. Penyeragaman sistem koordinat penting untuk menghindari kesalahan overlay antara DEM, alur sungai, dan batas model.

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP



Gambar 1. Bagan Alir Tahapan Penelitian

2.4. Tahapan Penelitian

Tahapan pertama adalah studi literatur mengenai banjir, analisis hidrologi, distribusi curah hujan, HSS Nakayasu, HSS Gama I, pemodelan hidraulika, dan penggunaan HEC-RAS. Studi literatur juga digunakan untuk memahami penelitian terdahulu yang relevan agar hasil penelitian dapat ditempatkan dalam konteks ilmiah yang lebih luas.

Tahapan kedua adalah pengumpulan data, meliputi data curah hujan, informasi visual citra satelit Google Earth, dan data topografi SRTM. Citra Google Earth untuk mengidentifikasi alur sungai, arah aliran, titik hulu, titik hilir, dan area hilir yang berpotensi terdampak genangan. Data SRTM digunakan untuk analisis elevasi dan pembentukan batas DAS.

Tahapan ketiga adalah analisis data. Analisis meliputi pemeriksaan data awal, penyiapan format data, pengolahan topografi, analisis hidrologi, dan pemodelan hidraulika. Analisis hidrologi mencakup metode distribusi Normal, Log Normal, Log Pearson Type III, HSS Nakayasu, dan HSS Gama I. Hasil analisis debit rencana kemudian dipilih sebagai input dalam model HEC-RAS.

Tahapan keempat yaitu interpretasi hasil simulasi. Keluaran HEC-RAS berupa peta kedalaman maksimum dan batas genangan dianalisis untuk menghitung luas area terdampak pada setiap kala ulang. Luas genangan dibandingkan antar skenario untuk mengetahui kecenderungan perubahan sebaran banjir.

Tahapan kelima adalah penarikan kesimpulan dan penyusunan rekomendasi. Kesimpulan disusun berdasarkan hasil pengolahan topografi, debit banjir rencana, simulasi HEC-RAS, serta interpretasi spasial genangan. Rekomendasi diarahkan pada pengelolaan kawasan hilir, pengendalian sempadan sungai, dan mitigasi risiko banjir.

2.5. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi bertujuan menentukan debit banjir rencana sebagai masukan pemodelan hidraulika. Debit banjir rencana dihitung untuk kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun. Transformasi hujan efektif menjadi debit dilakukan dengan Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu.

Waktu konsentrasi / waktu aliran ke *outlet*:

Untuk L ≤ 15 km : $T_g = 0{,}21\ L^{0{,}7}$ (1)

Untuk L ≥ 15 km : $T_g = 0{,}4 + 0{,}058\ L$ (2)

Waktu Hujan Efektif:

$$T_r = 0{,}75T_g \quad (3)$$

Waktu Ke Puncak Hidrograf:

$$T_p = T_g + 0{,}8T_r \quad (4)$$

Waktu Surut Sampai 0,3 Debit Puncak:

$$T_{0,3} = \alpha T_g \ldots\ldots \quad (5)$$

Waktu Surut Total:

$$T_{0,09} = 1{,}5T_{0,3} \ldots \quad (6)$$

Debit Puncak Hidrograf Satuan

$$Q_p = \frac{A.R_0}{3{,}6(T_p+T_{0,3})} \ldots. \quad (7)$$

Bentuk Hidrograf Nakayasu

Lengkung naik (0 ≤ t ≤ Tp)

$$Q(t) = Q_p \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,4} \quad (8)$$

Lengkung turun I (Tp < t ≤ T0,3)

$$Q(t) = Q_P \left(\frac{T_{0,3}+T_p-t}{T_{0,3}}\right) \ldots\ldots \quad (9)$$

Lengkung turun II (T0,3 < t ≤ T0,09)

$$Q(t) = 0{,}3Q_p \left(\frac{T_{0,9}-t}{T_{0,09}-T_{0,3}}\right) \quad (10)$$

Keterangan:

L = Panjang Sungai
Tg = Time Lag / Waktu Aliran Utama
Tr = Durasi Hujan Efektif
Tp = Waktu ke Debit Puncak
Qp = Debit Puncak Hidrograf Satuan
Q(t) = Bentuk Hidrograf

Ordinat hidrograf hasil superposisi hujan efektif menghasilkan debit puncak Q2 = 75,981 m³/det; Q5 = 110,843 m³/det; Q10 = 140,215 m³/det; Q25 = 194,453 m³/det; Q50 = 243,608 m³/det; dan Q100 = 302,855 m³/det. HSS Gama I digunakan sebagai pembanding, sedangkan HSS Nakayasu dipakai sebagai input model agar satu seri debit diterapkan secara konsisten pada seluruh skenario.

Debit puncak dari setiap kala ulang digunakan sebagai kondisi batas hulu pada simulasi HEC-RAS. Selain debit puncak, bentuk hidrograf juga diperlukan untuk menggambarkan perubahan debit terhadap waktu dalam simulasi aliran tidak tetap. Dengan demikian, model tidak hanya menerima satu nilai debit tetap, tetapi juga pola perubahan aliran dari awal kenaikan debit hingga debit kembali menurun.

2.6. Pengolahan Data Google Earth dan Global Mapper

Pengolahan data spasial diawali dengan identifikasi alur Sungai Way Krui pada Google Earth.

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

Fitur path digunakan untuk menggambar garis yang mengikuti alur sungai secara visual dari bagian hulu hingga hilir berdasarkan kondisi eksisting pada citra satelit. Titik hulu ditentukan pada lokasi awal aliran di wilayah perbukitan, sedangkan titik hilir ditentukan pada muara sungai. Penetapan hulu dan hilir diperlukan untuk membatasi panjang sungai yang dianalisis serta menentukan arah aliran.

Alur sungai yang telah digambar kemudian disimpan dalam format KML/KMZ agar dapat digunakan pada tahap pengolahan berikutnya. File KMZ tersebut dimasukkan ke dalam Global Mapper sebagai acuan posisi dan arah Sungai Way Krui. Selanjutnya, data elevasi SRTM dimasukkan untuk membentuk terrain, kontur, arah aliran permukaan, dan akumulasi aliran.

Setelah seluruh data berada dalam sistem koordinat yang sama, dilakukan proses watershed generation. Proses ini memanfaatkan DEM untuk menentukan flow direction dan flow accumulation. Titik outlet DAS diletakkan pada bagian hilir Sungai Way Krui di sekitar muara. Hasil awal delineasi DAS kemudian diperiksa kembali agar seluruh aliran yang dianalisis berada di dalam batas DAS yang diinginkan. Data akhir diekspor dalam format shapefile untuk digunakan pada HEC-RAS melalui RAS Mapper.

2.7. Pemodelan Hidraulika HEC-RAS

Pemodelan dilakukan pada HEC-RAS 6.5 dalam sistem SI sebagai simulasi aliran tidak tetap dua dimensi. Terrain dibentuk dari DEM SRTM; 2D Flow Area mencakup alur dan dataran banjir potensial. Hidrograf Nakayasu dimasukkan pada batas hulu dan normal depth diterapkan pada batas hilir. Enam plan dijalankan terpisah untuk Q2-Q100. Berkas kerja yang tersedia tidak merekam secara lengkap nilai ukuran mesh, time step, koefisien Manning, dan kemiringan normal depth; karena model juga belum dikalibrasi terhadap muka air atau jejak banjir historis, keluaran diperlakukan sebagai pemetaan awal dan tidak sebagai peta bahaya operasional berketelitian rinci.

Kondisi batas hulu ditetapkan sebagai flow hydrograph berdasarkan debit banjir rencana. Kondisi batas hilir ditetapkan sebagai *normal depth* untuk merepresentasikan aliran keluar dari sistem. Simulasi dilakukan secara terpisah untuk skenario Q2, Q5, Q10, Q25, Q50, dan Q100. Setiap simulasi diperiksa hingga proses komputasi selesai dan menghasilkan keluaran yang stabil.

Hasil simulasi dianalisis melalui layer depth pada RAS Mapper dengan memilih kondisi maximum depth. Batas genangan dibuat melalui pembuatan result map layer untuk setiap skenario debit banjir. Luas genangan dihitung dari *layer inundation boundary* sehingga diperoleh perbandingan luas genangan antar kala ulang. Informasi luas, kedalaman, dan pola sebaran kemudian digunakan sebagai dasar pembahasan.

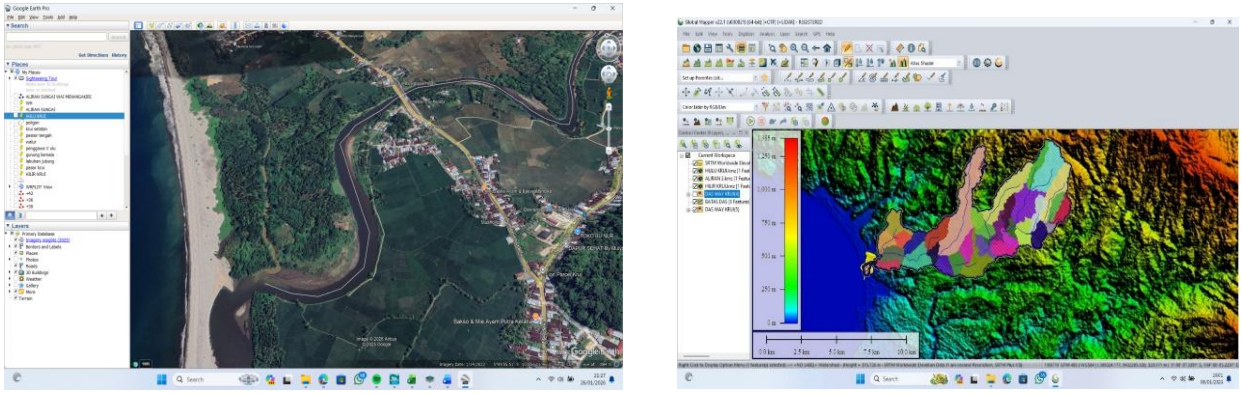
Gambar 2 menampilkan lokasi yang sama dalam dua tahap pengolahan. Garis alur Sungai Way Krui dan titik kontrol hulu-hilir terlebih dahulu ditelusuri pada Google Earth, diekspor sebagai KML/KMZ, lalu dibuka tanpa mengubah koordinat pada Global Mapper. Kesesuaian diperiksa dengan menumpangtindihkan alur KMZ terhadap terrain SRTM; titik hilir yang sama digunakan sebagai outlet delineasi. Karena itu, panel Google Earth menunjukkan referensi visual alur, sedangkan panel Global Mapper menunjukkan batas tangkapan hasil analisis elevasi pada lokasi dan sistem koordinat yang sama.

Integrasi Google Earth, Global Mapper, dan RAS Mapper memastikan setiap layer spasial memiliki hubungan kerja yang berurutan, mulai dari identifikasi alur, delineasi DAS, ekspor shapefile, pembangunan terrain, hingga perhitungan batas genangan. Alur tersebut penting karena ketepatan data spasial menentukan akurasi simulasi HEC-RAS, terutama pada wilayah hilir yang memiliki elevasi rendah dan potensi luapan lebih besar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Spasial DAS Way Krui

Hasil pengolahan data topografi menunjukkan bahwa DAS Way Krui memiliki luas 54,301 km^2 dan panjang sungai utama sekitar 16 km. Luas DAS tersebut menunjukkan sistem tangkapan air berskala kecil hingga menengah. Pada DAS dengan ukuran demikian, perubahan hujan pada bagian hulu dapat memengaruhi kondisi aliran hilir dalam waktu relatif cepat, terutama apabila kemiringan lahan cukup besar dan tutupan lahan tidak mampu menahan limpasan secara optimal.



Gambar 2. Alur dan Titik Kontrol Hulu-Hilir yang Sama pada Google Earth (kiri) serta Hasil Delineasi DAS pada Global Mapper (kanan)

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

Topografi DAS Way Krui memperlihatkan perbedaan elevasi antara wilayah hulu, tengah, dan hilir. Bagian hulu dan tengah yang lebih berbukit berperan sebagai daerah pembentuk limpasan, sedangkan bagian hilir menjadi tempat akumulasi aliran sebelum menuju muara. Kondisi hilir yang lebih landai menyebabkan kecepatan aliran berkurang dan potensi penyebaran genangan meningkat ketika debit melebihi kapasitas alur sungai.

Kondisi ini menjelaskan mengapa wilayah hilir menjadi area yang paling sensitif terhadap kenaikan debit banjir. Apabila pembangunan permukiman dan infrastruktur berada dekat alur sungai, maka limpasan yang melampaui tebing sungai dapat langsung berdampak pada aktivitas masyarakat. Oleh karena itu, hasil pemodelan perlu diarahkan untuk membaca tidak hanya luas genangan, tetapi juga posisi genangan terhadap kawasan permukiman dan dataran banjir.

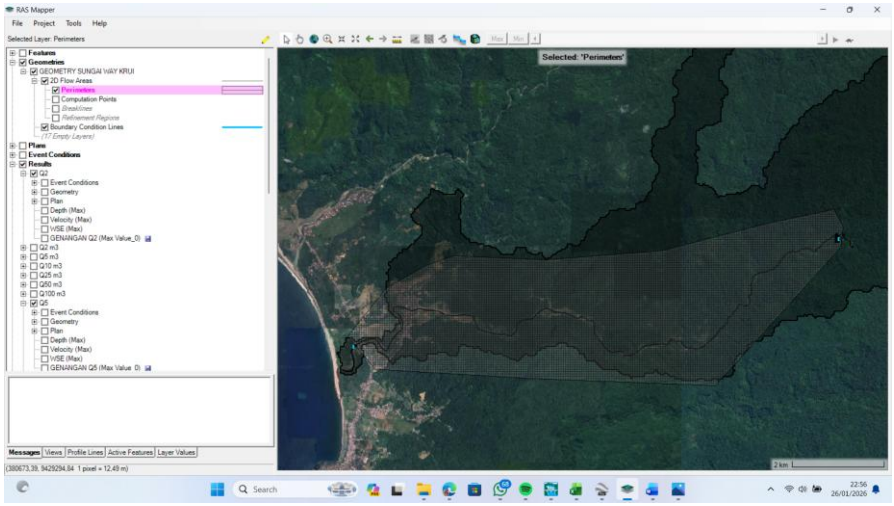
3.2. Debit Banjir Rencana sebagai Input Model

Debit banjir rencana merupakan komponen utama dalam pemodelan banjir karena menentukan besaran aliran yang masuk ke sistem sungai. Dalam penelitian ini, debit banjir rencana digunakan pada enam skenario kala ulang, yaitu Q2, Q5, Q10, Q25, Q50, dan Q100. Penggunaan beberapa kala ulang diperlukan agar perubahan genangan dapat dianalisis dari kondisi banjir relatif sering hingga kondisi banjir ekstrem.

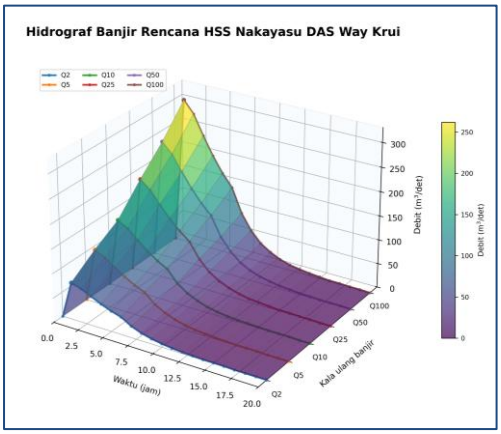
Hasil perhitungan menunjukkan bahwa debit meningkat seiring bertambahnya kala ulang. Q2 memiliki debit 75,981 m^3/det, sedangkan Q100 mencapai 302,855 m^3/det. Kenaikan debit ini menunjukkan bertambahnya energi dan volume aliran yang harus ditampung oleh alur Sungai Way Krui. Apabila kapasitas tampung sungai terbatas, peningkatan debit akan diterjemahkan menjadi kenaikan muka air dan penyebaran genangan ke dataran rendah.

Tabel 1. Debit Banjir Rencana yang Digunakan sebagai Input Pemodelan HEC-RAS

Kala ulang	Debit puncak (m^3/det)	Keterangan
Q2	75,981	Banjir relatif sering
Q5	110,843	Genangan mulai meluas
Q10	140,215	Dataran banjir mulai terdampak
Q25	194,453	Genangan signifikan
Q50	243,608	Peningkatan kedalaman dominan
Q100	302,855	Banjir ekstrem



Gambar 3. Konfigurasi Inti Model HEC-RAS 2D: 2D Flow Area, Batas Hulu-Hilir, Flow Hydrograph, dan Normal Depth



Gambar 4. Visualisasi Tiga Dimensi Hidrograf Banjir Rencana HSS Nakayasu pada Setiap Kala Ulang

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

Tabel 2. Hidrograf Input HSS Nakayasu yang Diseragamkan dengan Debit Puncak Rencana

t (jam)	Q2	Q5	Q10	Q25	Q50	Q100
0	0	0	0	0	0	0
1	5,67	8,28	10,64	14,52	18,19	22,66
2	31,42	45,83	58,92	80,4	100,73	125,5
3	69,26	101,04	129,45	177,25	222,06	276,65
4	75,98	110,84	140,22	194,45	243,61	302,86
5	67,79	98,58	122,25	173,49	217,35	267,37
6	51,07	72,82	89,9	130,71	163,75	197,09
7	48,29	67,04	83,27	123,58	154,81	186,7
8	41,05	56,85	70,13	105,06	131,61	159,66
9	31,47	43,79	53,31	80,55	100,91	123,61
10	23,43	33,15	40,22	59,96	75,12	91,51
11	17,7	24,8	30,59	45,3	56,75	69,06
12	14,34	20,11	24,67	36,7	45,98	55,99
13	12,4	17,45	21,49	31,73	39,75	48,5
14	10,36	14,61	18,04	26,5	33,2	40,56
15	8,66	12,23	15,06	22,15	27,75	33,94
16	7,27	10,3	12,7	18,62	23,32	28,43
17	6,15	8,67	10,72	15,74	19,72	24,04
18	5,23	7,38	9,09	13,4	16,78	20,47
19	4,38	6,17	7,61	11,21	14,04	17,12
20	3,66	5,16	6,36	9,37	11,73	14,31
21	3,06	4,31	5,31	7,83	9,8	11,96
22	2,56	3,6	4,44	6,54	8,19	9,99
23	2,14	3,01	3,71	5,46	6,85	8,35
24	1,78	2,51	3,1	4,57	5,72	6,98
25	1,49	2,1	2,59	3,82	4,78	5,83
26	1,25	1,76	2,16	3,19	3,99	4,87
27	1,04	1,47	1,81	2,66	3,34	4,07
28	0,87	1,23	1,51	2,23	2,79	3,4
29	0,73	1,02	1,26	1,86	2,33	2,84
30	0,61	0,86	1,05	1,55	1,95	2,38
31	0,51	0,72	0,88	1,3	1,63	1,98
32	0,42	0,6	0,74	1,09	1,36	1,66
33	0,35	0,5	0,62	0,91	1,14	1,39
34	0,3	0,42	0,51	0,76	0,95	1,16
35	0,25	0,35	0,43	0,63	0,79	0,97
36	0,21	0,29	0,36	0,53	0,66	0,81
37	0,17	0,24	0,3	0,44	0,55	0,68
38	0,14	0,2	0,25	0,37	0,46	0,56
39 dst	0	0	0	0	0	0

3.3. Hasil Pengolahan Data Spasial

Identifikasi alur sungai melalui Google Earth menghasilkan gambaran visual mengenai arah aliran Sungai Way Krui dari hulu menuju hilir. Alur sungai kemudian digunakan sebagai acuan dalam pemodelan spasial. Tahap ini penting karena kesalahan identifikasi alur dapat memengaruhi posisi boundary condition, bentuk area aliran dua dimensi, dan interpretasi sebaran genangan.

Pengolahan DEM SRTM menggunakan Global Mapper menghasilkan batas DAS yang menunjukkan wilayah tangkapan air terhadap Sungai Way Krui. Hasil watershed generation memperlihatkan bahwa seluruh aliran permukaan dalam area model mengarah menuju outlet di bagian hilir. Pemeriksaan batas DAS diperlukan untuk memastikan tidak ada bagian aliran utama yang keluar dari batas model atau area yang tidak relevan ikut masuk ke dalam analisis.

Hasil akhir pengolahan spasial berupa batas DAS, alur sungai, dan layer pendukung kemudian diekspor ke format shapefile. Format shapefile dipilih karena dapat digunakan langsung di RAS Mapper. Dengan demikian, proses dari Google Earth, Global Mapper, hingga HEC-RAS berjalan dalam alur kerja spasial yang saling terhubung.

3.4. Hasil Pemodelan HEC-RAS

Simulasi HEC-RAS dilakukan untuk masing-masing debit kala ulang. Keluaran model berupa layer kedalaman maksimum dan batas genangan. Layer kedalaman maksimum digunakan untuk membaca area dengan genangan dangkal hingga dalam, sedangkan batas genangan digunakan untuk menghitung luas area terdampak. Dalam peta hasil simulasi, gradasi warna biru muda menunjukkan genangan relatif dangkal, sedangkan biru tua menunjukkan kedalaman yang lebih besar.

Secara umum, hasil simulasi menunjukkan bahwa peningkatan debit banjir rencana menyebabkan genangan semakin meluas. Pada skenario Q2, genangan masih terbatas di sekitar alur sungai dan bantaran. Pada Q5 dan Q10, genangan mulai menyebar ke dataran banjir dan area rendah di bagian hilir. Pada Q25 dan Q50, genangan mencakup area yang lebih luas dengan kecenderungan peningkatan kedalaman. Pada Q100, genangan mencapai kondisi terluas dan mewakili skenario banjir ekstrem.

Kondisi ini menunjukkan bahwa alur Sungai Way Krui memiliki keterbatasan dalam menampung debit pada kala ulang tinggi. Ketika debit meningkat, muka air sungai naik dan melimpas ke area sekitar. Luapan lebih dominan di hilir karena kemiringan kecil dan

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

elevasi rendah mengurangi kemampuan air untuk cepat keluar dari sistem. Pola ini konsisten dengan karakter banjir sungai pada dataran hilir.

3.5. Perubahan Luas Genangan Variasi Kala Ulang

Luas genangan pada Q2 sebesar 0,70 km^2 menunjukkan bahwa banjir dengan kala ulang rendah masih terkonsentrasi pada alur sungai dan bantaran. Pada kondisi ini, genangan belum menyebar luas karena debit relatif masih dapat mengikuti bentuk lembah sungai. Meskipun demikian, area yang berada sangat dekat dengan alur sungai tetap memiliki potensi terdampak, terutama pada bagian hilir.

Pada Q5, luas genangan meningkat menjadi 1,35 km^2. Peningkatan ini menunjukkan bahwa kenaikan debit dari Q2 ke Q5 cukup signifikan dalam mendorong limpasan keluar dari alur utama. Genangan mulai menjangkau area sekitar sungai dan membentuk pola sebaran yang lebih jelas di bagian hilir. Pada Q10, luas genangan meningkat menjadi 1,69 km^2. Kenaikan ini menunjukkan ekspansi genangan yang masih berlangsung, tetapi tidak sebesar perubahan dari Q2 ke Q5.

Pada Q25 luas genangan mencapai 2,17 km^2, sedangkan Q50 menghasilkan 2,18 km^2. Tambahan debit 49,155 m^3/det (25,28%) hanya menambah luas 0,01 km^2 (0,46%). Respons yang sangat tidak linear ini mengindikasikan bahwa batas lateral dataran rendah utama telah hampir tercapai pada Q25; tambahan volume pada Q50 cenderung mengisi cekungan yang telah terhubung dan menaikkan muka air, bukan membentuk perluasan horizontal besar. Interpretasi tersebut tetap bersifat indikatif karena ketelitian SRTM, resolusi komputasi, kekasaran permukaan, dan belum adanya kalibrasi dapat memengaruhi selisih area sekecil 0,01 km^2. Dengan demikian, Q25-Q50 lebih tepat dipandang sebagai zona ambang respons model daripada bukti bahwa bahaya banjir berhenti meningkat.

Pada Q100, luas genangan meningkat menjadi 3,00 km^2. Peningkatan ini menunjukkan bahwa debit ekstrem mampu mendorong luapan ke area yang sebelumnya belum tergenang pada kala ulang lebih rendah. Dalam konteks mitigasi, Q100 perlu dipertimbangkan sebagai skenario terburuk untuk perencanaan tata ruang, jalur evakuasi, perlindungan aset publik, dan pengendalian pembangunan di area rawan banjir.

3.6. Pembahasan Pola Sebaran Genangan

Pola genangan yang dominan di hilir dipengaruhi oleh kombinasi faktor hidrologi dan topografi. Dari sisi hidrologi, aliran dari bagian hulu dan tengah berkumpul menuju hilir, sehingga debit terkonsentrasi pada segmen akhir sungai. Dari sisi topografi, kemiringan yang lebih kecil menyebabkan kecepatan aliran menurun, sehingga air lebih mudah menyebar ke area rendah di sekitar sungai.

Genangan pada bagian tengah dan hulu relatif mengikuti alur sungai. Hal ini menunjukkan bahwa morfologi lembah dan kemiringan lahan masih mengendalikan aliran secara kuat. Sebaliknya, di bagian hilir, aliran memiliki ruang untuk menyebar secara lateral karena kondisi lahan lebih datar. Kondisi tersebut menjelaskan mengapa peta hasil simulasi menunjukkan area hilir sebagai lokasi genangan paling luas.

Hasil ini sejalan dengan penelitian Nuzul, dkk. (2021) dan Sholikha,dkk. (2022) yang menunjukkan bahwa integrasi HEC-RAS dan SIG dapat menggambarkan hubungan antara debit puncak dan sebaran genangan. Pada penelitian ini, kecenderungan peningkatan luas genangan juga terlihat konsisten dari Q2 hingga Q100, meskipun terdapat kondisi ambang pada Q25-Q50. Kondisi ambang tersebut penting dicatat karena dapat menunjukkan batas geomorfologi dataran banjir utama pada wilayah model.

3.7. Implikasi Pengelolaan Lingkungan dan Mitigasi

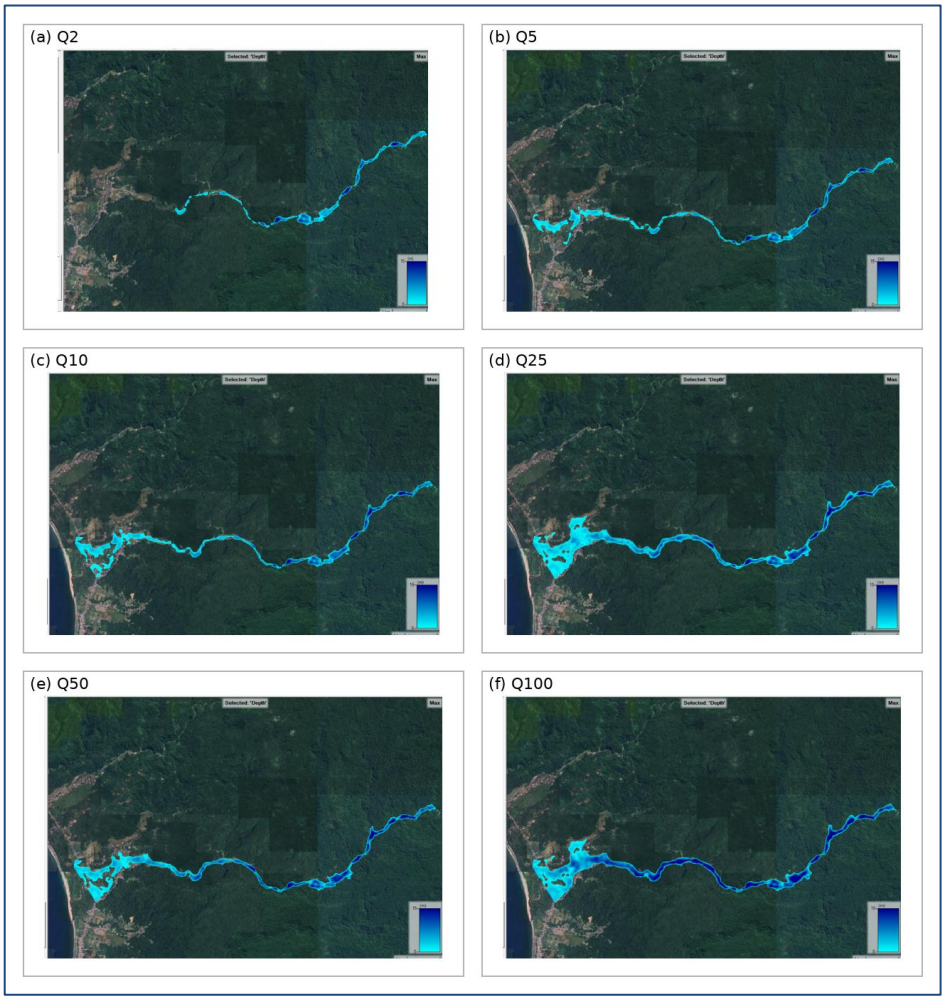
Hasil ini penting bagi pengelolaan lingkungan DAS Way Krui. Wilayah hilir yang menunjukkan genangan dominan perlu menjadi prioritas dalam pengendalian pemanfaatan ruang. Kawasan sempadan sungai dan dataran banjir sebaiknya tidak diarahkan untuk pembangunan yang meningkatkan paparan terhadap banjir. Apabila permukiman telah berkembang pada area rawan, maka diperlukan strategi adaptasi seperti peningkatan kesiapsiagaan masyarakat, jalur evakuasi, dan sistem peringatan dini

Tabel 3. Luas Genangan Hasil Simulasi HEC-RAS pada Setiap Kala Ulang Banjir

Kala ulang	Debit (m^3/det)	Luas genangan (km^2)	Kedalaman maksimum indikatif	Karakteristik genangan
Q2	75,981	0,7	±0,5 m	Terbatas pada alur dan bantaran sungai
Q5	110,843	1,35	±1,9 m	Mulai meluas ke area sekitar sungai dan hilir
Q10	140,215	1,69	±2,3 m	Menyebar mengikuti dataran banjir
Q25	194,453	2,17	±3,3 m	Genangan luas pada sebagian besar dataran banjir utama
Q50	243,608	2,18	±3,7 m	Perluasan horizontal kecil; peningkatan kedalaman lebih dominan
Q100	302,855	3	±4,5 m	Genangan terluas dan mewakili kondisi banjir ekstrem

Sumber: hasil simulasi genangan banjir menggunakan HEC-RAS.

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP



Gambar 5. Hasil Simulasi Genangan Banjir DAS Way Krui pada Skenario Q2, Q5, Q10, Q25, Q50, dan Q100

Mitigasi banjir tidak cukup hanya dilakukan pada hilir. Bagian hulu dan tengah DAS juga perlu dikelola melalui konservasi tutupan lahan, pengendalian erosi, pemeliharaan daerah resapan, dan pengurangan limpasan permukaan. Upaya tersebut dapat membantu menahan aliran permukaan dan mengurangi percepatan debit menuju hilir. Selain itu, pemeliharaan kapasitas alur sungai, normalisasi selektif, serta pengendalian sedimentasi perlu dipertimbangkan berdasarkan kajian teknis yang lebih rinci.

Peta genangan yang dihasilkan dapat digunakan sebagai dasar awal untuk penyusunan peta risiko banjir. Namun, untuk menghasilkan peta risiko yang lebih lengkap, data bahaya perlu digabungkan dengan data kerentanan dan eksposur, seperti kepadatan penduduk, bangunan penting, jaringan jalan, fasilitas kesehatan, sekolah, dan penggunaan lahan. Integrasi tersebut akan membantu pemerintah daerah menentukan prioritas lokasi mitigasi dan investasi pengurangan risiko bencana.

3.8. Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, data topografi yang digunakan bersumber dari SRTM sehingga tingkat ketelitian elevasi bergantung pada resolusi data tersebut. Untuk analisis teknis yang lebih detail, terutama di kawasan permukiman, penggunaan DEM resolusi tinggi atau survei topografi lapangan akan meningkatkan ketelitian model. Kedua, model belum dijelaskan berdasarkan proses kalibrasi terhadap data kejadian banjir historis karena keterbatasan data tinggi muka air dan jejak genangan lapangan. Ketiga, parameter hidraulika seperti koefisien kekasaran, karakteristik penampang sungai, dan kondisi struktur sungai perlu diperkuat melalui survei lapangan. Keempat, model berfokus pada luas genangan dan belum mengintegrasikan analisis risiko sosial ekonomi secara menyeluruh. Oleh karena itu, hasil penelitian ini sebaiknya dipahami sebagai dasar awal pemetaan genangan dan perlu dikembangkan lebih lanjut dengan data observasi lapangan, validasi historis, serta analisis kerentanan wilayah.

4. KESIMPULAN

Integrasi SIG, debit rencana HSS Nakayasu, dan HEC-RAS 2D menunjukkan bahwa genangan DAS Way Krui terkonsentrasi di hilir yang lebih landai dan meluas dari 0,70 km^2 pada Q2 menjadi 3,00 km^2 pada Q100. Kenaikan yang hanya 0,01 km^2 antara Q25 dan Q50, meskipun debit bertambah 25,28%, mengindikasikan ambang perluasan lateral dataran banjir sehingga tambahan aliran terutama

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

memengaruhi area yang telah tergenang dan perluasan lokal. Temuan ini mendukung prioritas pengendalian pemanfaatan ruang, perlindungan sempadan, dan kesiapsiagaan pada kawasan hilir. Karena model belum dikalibrasi dengan tinggi muka air atau genangan historis dan masih menggunakan SRTM, hasilnya merupakan pemetaan awal yang perlu diverifikasi sebelum digunakan untuk desain teknis atau penetapan zonasi risiko.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak antara lain BBWS Way Mesuji Way Sekampung, BMKG Provinsi Lampung dan BNPB Pesisir Barat yang membantu proses pengumpulan data, pengolahan spasial, dan pemodelan hidraulika sehingga artikel ini dapat disusun. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Program Studi Teknik Sipil Universitas Bandar Lampung atas dukungan akademik dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Afzal, M.A., Arshad, M., dan Rashid, M. 2022. Flood inundation modeling by integrating HEC-RAS and satellite imagery: a case study. Water, 14(19): 2984. doi:10.3390/w14192984.

Aprizal, A., dan Octaredy, T. 2024. Hubungan luas genangan dan debit banjir rancangan pada DAS Way Kandis Lampung. Jurnal Teknik Sumber Daya Air, 4(1): 25-32. doi:10.56860/jtsda.v4i1.32.

Aprizal, A., Fitriana, I.R., dan Ainistia, N. 2024. Flood inundation analysis with 2-D HEC-RAS modelling (case study: Way Umban River). International Journal of Civil Engineering and Infrastructure, 4(2): 37-45. URL: https://jurnal.umj.ac.id/index.php/ijcei/article/view/25488.

Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2025. Data Bencana Indonesia 2024. BNPB, Jakarta. URL: https://bnpb.go.id/storage/app/media/Buletin%20Info%20Bencana/Buku%20Data%20Bencana%202024/20250613_Buku%20Data%202024.pdf.

Belay, H., dkk. 2025. Flood inundation mapping using Google Earth Engine and a calibrated HEC-RAS model. Remote Sensing, 17(7): 1283. doi:10.3390/rs17071283.

Brunner, G.W. 2024. HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual Version 6.5. Hydrologic Engineering Center, U.S. Army Corps of Engineers, Davis, California. URL: https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS_Hydraulic_Reference_Manual_v6.5.pdf.

El-Bagoury, H., dan Gad, A. 2024. Integrated hydrological modeling for watershed analysis, flood prediction, and mitigation using SCS-CN, HEC-HMS/RAS, and QGIS. Water, 16(2): 356. doi:10.3390/w16020356.

El-Haddad, B.A., Youssef, A.K., Karimi, Z., dan Pourghasemi, H.R. 2025. Flood inundation mapping using HEC-RAS 2D modeling and examining the impact of changes in the model-meshing pixel scale on the final output. Water Resources Management, 39: 5807-5826. doi:10.1007/s11269-025-04228-0. URL: https://doi.org/10.1007/s11269-025-04228-0.

Javas, J., Roesbianto, A.S.B., Sihombing, Y.I., Farid, M., Adityawan, M.B., Kuntoro, A.A., Suwarman, R., dan Yosa, I.M. 2024. Open-access digital elevation model (DEM) selection for flood inundation modelling using HEC-RAS in Capital City of Nusantara. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1343(1): 012036. doi:10.1088/1755-1315/1343/1/012036.

Meadows, M., Jones, S., dan Reinke, K. 2024. Vertical accuracy assessment of freely available global DEMs (FABDEM, Copernicus DEM, NASADEM, AW3D30 and SRTM) in flood-prone environments. International Journal of Digital Earth, 17(1): 2308734. doi:10.1080/17538947.2024.2308734.

Noviani, E., Kusumastuti, D.I., dan Aprizal. 2025. Pemetaan Luas Genangan Banjir di DAS Way Tipo Kabupaten Lampung Tengah Menggunakan Aplikasi HEC-RAS. Briliant: Jurnal Riset dan Konseptual, 10(3): 672–683. doi:10.28926/briliant.v10i3.2248

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Lampung. 2026. Analisis cuaca dan iklim terkait kejadian banjir di Krui, Pesisir Barat. BMKG Provinsi Lampung. URL: read://https_lampung.bmkg.go.id/?url=https%3A%2F%2Flampung.bmkg.go.id%2Fjurnal-artikel%2Fanalisis-cuaca-dan-iklim-terkait-kejadian-banjir-di-krui-pesisir-barat%2FJURE80705.

Nuzul, M., Achmad, M., dan Soma, A.S. 2021. Analisis genangan banjir akibat debit puncak di DAS Baubau menggunakan HEC-RAS dan SIG. Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota, 17(2): 192-206. doi:10.14710/pwk.v17i2.34152.

Ongdas, N., Akiyanova, F., Karakulov, Y., Muratbayeva, A., dan Zinabdin, N. 2020. Application of HEC-RAS (2D) for flood hazard maps generation for Yesil (Ishim) River in Kazakhstan. Water, 12(10): 2672. doi:10.3390/w12102672.

Peker, I.B., Gulbaz, S., Demir, V., Orhan, O., dan Beden, N. 2024. Integration of HEC-RAS and HEC-HMS with GIS in flood modeling and flood hazard mapping. Sustainability, 16(3): 1226. doi:10.3390/su16031226.

Sholikha, D.E.Z., Sutoyo, S., dan Rau, M.I. 2022. Pemodelan sebaran genangan banjir menggunakan HEC-RAS di Sub DAS Cisadane Hilir. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, 7(2): 147-160. doi:10.29244/jsil.7.2.147-160.

U.S. Army Corps of Engineers. 2024. HEC-RAS User's Manual Version 6.5. Hydrologic Engineering Center, Davis, California. URL: https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/rasum/6.5.

Ullah, M.I., dkk. 2024. Advanced floodplain mapping: HEC-RAS and ArcGIS Pro application on Swat River. Journal of Umm Al-Qura University for Engineering and Architecture. doi:10.1007/s43995-024-00054-4.

Vashist, K., dan Singh, K.K. 2023. HEC-RAS 2D modeling for flood inundation mapping: a case study of the Krishna River Basin. Water Practice & Technology, 18(4): 831-844. doi:10.2166/wpt.2023.048.

Yusuf, A., dkk. 2023. Modelling flood hazards impacted by ungauged river in urbanised area using HEC-RAS and GIS. Nigerian Journal of Technology and Development, 20(2): 83-92. doi:10.4314/njtd.v20i2.1405.

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP