

Analisis Morfometri DAS untuk Pemetaan Kerawanan Banjir Bandang di Kecamatan Runjung Agung, Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan

Egi Saputra¹, Budhi Setiawan^{*}, Dede Nurohim¹

¹Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Indonesia

^{*}Email Koresponden: budhi.setiawan@unsri.ac.id

Diterima: 01-05-2026

Disetujui: 05-06-2026

Publish: 10-06-2026

Abstrak Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan memiliki karakteristik topografi dan jaringan drainase yang berpotensi meningkatkan kerawanan banjir bandang. Meskipun beberapa penelitian telah memanfaatkan analisis morfometri DAS untuk kajian hidrologi, kajian yang mengintegrasikan parameter morfometri linier, relief, dan areal untuk pemetaan kerawanan banjir bandang di Kecamatan Runjung Agung masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik morfometri DAS dan memetakan kerawanan banjir bandang di Kecamatan Runjung Agung dan sekitarnya. Analisis dilakukan menggunakan data Digital Elevation Model (DEM) berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) melalui perhitungan 15 parameter morfometri yang terdiri atas parameter linier, relief, dan areal. Seluruh parameter dinormalisasi ke dalam indeks 0–1 dan diintegrasikan menggunakan metode Cell Statistics untuk menghasilkan peta kerawanan banjir bandang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa zona kerawanan tinggi terkonsentrasi pada bagian tengah, timur laut, barat daya, dan tenggara daerah penelitian, terutama di sekitar Tanjung Kurung, Runjung Agung, Saung Naga, Simpang Saga, Kota Karang, dan Negeri Batin. Tingginya kerawanan pada wilayah tersebut dipengaruhi oleh kerapatan drainase yang tinggi, panjang aliran permukaan yang pendek, dan relief yang relatif kuat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa analisis morfometri DAS berbasis DEM efektif untuk mengidentifikasi zona rawan banjir bandang dan mendukung upaya mitigasi bencana.

Kata kunci: Banjir Bandang; Morfometri DAS; DEM; SIG; Kerawanan

***Abstract** South Ogan Komering Ulu Regency is characterized by complex topography and well-developed drainage networks that may increase flash flood susceptibility. Although morphometric analysis has been widely applied in hydrological studies, the integration of linear, relief, and areal morphometric parameters for flash flood susceptibility mapping in Runjung Agung District remains limited. This study aims to analyze watershed morphometric characteristics and map flash flood susceptibility in Runjung Agung District and its surrounding areas. The analysis was conducted using Digital Elevation Model (DEM) data within a Geographic Information System (GIS) environment through the calculation of 15 morphometric parameters representing linear, relief, and areal characteristics. All parameters were normalized into a 0–1 index and integrated using the Cell Statistics method to generate a flash flood susceptibility map. The results indicate that high-susceptibility zones are concentrated in the central, northeastern, southwestern, and southeastern parts of the study area, particularly around Tanjung Kurung, Runjung Agung, Saung Naga, Simpang Saga, Kota Karang, and Negeri Batin. These areas are characterized by dense drainage networks, short overland flow lengths, and relatively high relief conditions. The findings demonstrate that DEM-based morphometric analysis provides an effective approach for identifying flash flood-prone areas and supporting disaster mitigation planning.*

Keywords: Flash Flood; Watershed Morphometry; DEM; GIS; Susceptibility

1. PENDAHULUAN

Banjir bandang merupakan salah satu bencana hidrometeorologi yang memiliki daya rusak tinggi dan sering menimbulkan kerusakan signifikan pada permukiman, lahan pertanian, infrastruktur, serta lingkungan di sekitar alur sungai. Kejadian ini umumnya dipicu oleh hujan berintensitas tinggi yang menyebabkan peningkatan debit sungai secara cepat dalam waktu relatif singkat. Berbeda dengan banjir genangan, banjir bandang dicirikan oleh aliran berkecepatan tinggi, waktu konsentrasi yang singkat, serta kemampuan mengangkut material seperti sedimen, batuan, dan kayu dari daerah hulu menuju hilir (Adi, 2013).

Dalam perspektif geomorfologi dan hidrologi, banjir bandang dapat dipahami sebagai respons cepat suatu DAS terhadap masukan hujan yang dipengaruhi oleh karakteristik fisik wilayah. Karakteristik tersebut tercermin melalui morfometri DAS, seperti relief, kerapatan drainase, frekuensi aliran, panjang aliran permukaan, dan bentuk DAS, yang berperan dalam mengontrol kecepatan limpasan, waktu konsentrasi, serta akumulasi debit pada saluran utama (Raja Shekar & Mathew, 2024). DAS dengan relief

tinggi, jaringan drainase rapat, dan panjang aliran permukaan yang pendek umumnya memiliki respons hidrologi yang lebih cepat sehingga berpotensi meningkatkan kerawanan banjir bandang.

Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan merupakan salah satu wilayah di bagian selatan Pulau Sumatera yang memiliki kondisi geomorfologi beragam, mulai dari perbukitan hingga lembah sungai. Variasi topografi tersebut menyebabkan perbedaan elevasi yang cukup besar, perkembangan jaringan drainase yang kompleks, serta keberadaan lereng-lereng dengan kemiringan relatif curam. Kondisi tersebut berpotensi memengaruhi proses pembentukan limpasan permukaan dan konsentrasi aliran, terutama pada wilayah yang berada di sekitar sistem sungai utama.

Daerah penelitian berada di Kecamatan Runjung Agung dan sekitarnya yang termasuk dalam sistem Sub-DAS Way Komering dan Air Gilas. Wilayah ini memiliki karakter topografi dan pola aliran yang berpotensi mendukung terbentuknya aliran cepat saat terjadi hujan berintensitas tinggi. Indikasi kerawanan tersebut diperkuat oleh kejadian banjir bandang yang dilaporkan terjadi di Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan, salah satunya di Desa Tanjung Harapan, Kecamatan Sindang Danau, pada September 2025 yang mengakibatkan kerusakan rumah warga dan korban jiwa (Purmana, 2025). Kondisi tersebut menunjukkan pentingnya identifikasi wilayah yang berpotensi mengalami banjir bandang sebagai bagian dari upaya mitigasi bencana.

Analisis morfometri DAS telah banyak dimanfaatkan untuk mengevaluasi karakteristik hidrologi dan potensi bahaya banjir bandang karena mampu merepresentasikan kondisi geomorfologi yang mengontrol respons aliran pada suatu DAS. Parameter morfometri linier, relief, dan areal dapat menggambarkan karakter jaringan drainase, perbedaan elevasi, bentuk DAS, serta potensi konsentrasi aliran yang berpengaruh terhadap proses pembangkitan limpasan dan pembentukan debit puncak (Chaithong et al., 2022). Kajian terbaru juga menunjukkan bahwa parameter geomorfologi DAS dapat digunakan untuk menganalisis kerentanan banjir bandang dan memahami perubahan aliran ekstrem akibat pengaruh karakter fisik wilayah, penggunaan lahan, serta kondisi iklim (Belay et al., 2025; Han et al., 2025). Perkembangan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan ketersediaan data Digital Elevation Model (DEM) semakin meningkatkan efektivitas analisis morfometri melalui ekstraksi parameter secara cepat, objektif, dan spasial untuk mendukung pemetaan kerawanan banjir bandang (De Smith et al., 2018; Ozdemir & Akbas, 2023).

Meskipun pendekatan morfometri telah banyak diterapkan dalam kajian hidrologi dan kebencanaan, pemanfaatan integrasi parameter morfometri linier, relief, dan areal untuk pemetaan kerawanan banjir bandang pada skala lokal masih relatif terbatas. Kondisi ini terutama relevan pada wilayah yang memiliki variasi topografi dan perkembangan jaringan drainase yang kompleks, seperti Kecamatan Runjung Agung dan sekitarnya yang berada dalam sistem Sub-DAS Way Komering dan Air Gilas. Karakteristik geomorfologi tersebut berpotensi memengaruhi percepatan limpasan permukaan dan konsentrasi aliran, namun informasi spasial mengenai distribusi kerawanan banjir bandang berbasis karakteristik morfometri DAS di wilayah ini masih belum tersedia secara memadai.

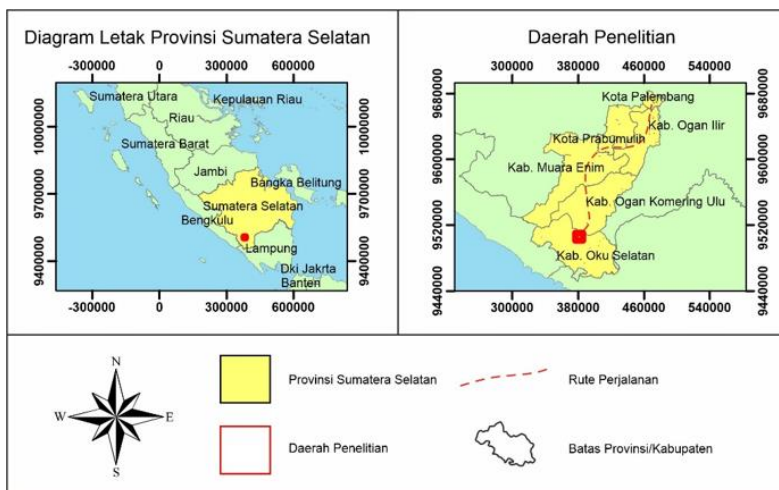
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik morfometri DAS dan memetakan tingkat kerawanan banjir bandang di Kecamatan Runjung Agung dan sekitarnya, Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan. Analisis dilakukan melalui integrasi parameter morfometri linier, relief, dan areal yang diturunkan dari data DEM menggunakan pendekatan SIG dan metode Cell Statistics. Penelitian ini diharapkan dapat menyediakan informasi spasial mengenai sebaran wilayah rawan banjir bandang serta mendukung upaya mitigasi bencana dan perencanaan wilayah yang mempertimbangkan karakteristik geomorfologi DAS.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif-spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk menganalisis karakteristik morfometri daerah aliran sungai (DAS) dan memetakan kerawanan banjir bandang di Kecamatan Runjung Agung dan sekitarnya, Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan. Analisis dilakukan menggunakan data Digital Elevation Model (DEM) sebagai sumber utama untuk menurunkan parameter morfometri DAS yang berkaitan dengan karakteristik drainase, relief, dan bentuk DAS. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data, pengolahan data spasial, perhitungan parameter morfometri, normalisasi parameter, integrasi parameter menggunakan metode Cell Statistics, serta penyusunan peta kerawanan banjir bandang.

2.1 Lokasi Penelitian

Daerah penelitian secara administratif berada di Kecamatan Runjung Agung, Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan, Provinsi Sumatera Selatan, dengan luas sekitar ± 81 km². Secara geografis, wilayah penelitian berada pada sistem koordinat UTM Zona 48S dengan titik acuan 375016 E dan 9512034 N. Kawasan ini termasuk dalam sistem Sub-DAS Way Komering dan Air Gilas yang dicirikan oleh perkembangan jaringan drainase dan variasi topografi yang berpotensi memengaruhi respons hidrologi DAS.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian di Kecamatan Runjung Agung, Kabupaten OKU Selatan, Provinsi Sumatera Selatan

2.2 Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder. Data utama berupa *Digital Elevation Model* (DEM) digunakan untuk menurunkan informasi topografi dan hidrologi permukaan, meliputi elevasi, arah aliran, akumulasi aliran, batas DAS, jaringan sungai, orde sungai, luas DAS, panjang DAS, panjang total sungai, keliling DAS, serta relief. Selain itu, digunakan data pendukung berupa batas administrasi, peta lokasi penelitian, dan referensi ilmiah yang berkaitan dengan parameter morfometri DAS serta kerawanan banjir bandang.

Pengumpulan data dilakukan melalui penelusuran dan pengunduhan data spasial dari sumber terkait. Data yang diperoleh kemudian disiapkan dan diolah menggunakan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis. Penelitian ini tidak melakukan pengambilan sampel lapangan, pengukuran geologi lapangan, maupun analisis jenis material batuan, karena fokus penelitian diarahkan pada analisis geomorfologi kuantitatif berbasis data DEM. Dengan demikian, parameter yang dianalisis bukan berupa jenis material atau litologi, melainkan parameter morfometri DAS yang menggambarkan kondisi drainase, relief, bentuk DAS, dan respons aliran permukaan.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi perangkat keras berupa laptop atau komputer, serta perangkat lunak Sistem Informasi Geografis berupa ArcGIS. Perangkat lunak tersebut digunakan untuk pengolahan DEM, deliniasi DAS, ekstraksi jaringan sungai, penentuan orde sungai, perhitungan parameter morfometri, normalisasi indeks, analisis overlay raster, dan penyusunan peta kerawanan banjir bandang.

2.3 Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan secara bertahap. Tahap pertama adalah pengolahan DEM melalui proses *fill sink*, *flow direction*, dan *flow accumulation* untuk memperoleh arah aliran, akumulasi aliran, batas DAS, dan jaringan sungai. Jaringan sungai yang dihasilkan kemudian diklasifikasikan menggunakan metode Strahler untuk menentukan orde sungai.

Tahap kedua adalah ekstraksi karakteristik DAS, meliputi luas DAS, panjang DAS, keliling DAS, elevasi maksimum, elevasi minimum, relief, jumlah segmen sungai, dan panjang total sungai. Data tersebut digunakan sebagai dasar perhitungan parameter morfometri.

Tahap ketiga adalah perhitungan parameter morfometri yang terdiri atas parameter linier, relief, dan areal. Parameter linier meliputi *Bifurcation Ratio* (Rb), *Stream Frequency* (Fs), *Drainage Density* (Dd), *Length of Overland Flow* (LoF), dan *Infiltration Number* (If) untuk menggambarkan kondisi drainase dan

perkembangan jaringan sungai. Parameter relief meliputi *Relief* (R), *Relief Ratio* (Rh), *Ruggedness Ratio* (Rn), dan *Relative Relief Ratio* (Rr) untuk menggambarkan perbedaan elevasi dan energi aliran. Parameter areal meliputi *Elongation Ratio* (Re), *Circularity Ratio* (Rc), *Form Factor* (Ff), *Texture Ratio* (Rt), *Lemniscate* (K), dan *Compactness Coefficient* (Cc) untuk menggambarkan bentuk serta kekompakan DAS. Seluruh parameter morfometri yang digunakan mengacu pada penelitian sebelumnya sebagaimana disajikan pada (Tabel 1).

Tabel 1. Parameter morfometri terhadap kerawanan banjir bandang

Kategori	Parameter	Rumus	Keterangan
Linier	Bifurcation Ratio (Rb)	$Rb = Nu / Nu+1$	Nu = jumlah segmen sungai pada orde tertentu; Nu+1 = jumlah segmen sungai pada orde berikutnya
	Stream Frequency (Fs)	$Fs = Nu / A$	Nu = jumlah segmen sungai; A = luas DAS
	Drainage Density (Dd)	$Dd = Lu / A$	Lu = panjang total sungai; A = luas DAS
	Length of Overland Flow (LoF)	$LoF = 1 / 2Dd$	Dd = drainage density
	Infiltration Number (If)	$If = Dd \times Fs$	Dd = drainage density; Fs = stream frequency
Relief	Relief (R)	$R = Hmax - Hmin$	Hmax = elevasi maksimum; Hmin = elevasi minimum
	Relief Ratio (Rh)	$Rh = R / Lb$	R = relief; Lb = panjang DAS
	Ruggedness Ratio (Rn)	$Rn = R \times Dd$	R = relief; Dd = drainage density
	Relative Relief Ratio (Rr)	$Rr = R / P$	R = relief; P = keliling DAS
Areal	Elongation Ratio (Re)	$Re = 2\sqrt{(A/\pi)} / Lb$	A = luas DAS; Lb = panjang DAS
	Circularity Ratio (Rc)	$Rc = 4\pi A / P^2$	A = luas DAS; P = keliling DAS
	Form Factor (Ff)	$Ff = A / Lb^2$	A = luas DAS; Lb = panjang DAS
	Texture Ratio (Rt)	$Rt = Nu / P$	Nu = jumlah segmen sungai; P = keliling DAS
	Lemniscate (K)	$K = Lb^2 / 4A$	Lb = panjang DAS; A = luas DAS
	Compactness Coefficient (Cc)	$Cc = P / 2\sqrt{\pi A}$	P = keliling DAS; A = luas DAS

Sumber : (Chaithong, 2022)

Tahap keempat adalah normalisasi nilai parameter ke dalam indeks 0–1 agar seluruh parameter memiliki skala yang seragam. Parameter yang berbanding lurus dengan kerawanan diberi nilai indeks semakin tinggi sesuai peningkatan nilai parameternya, sedangkan parameter yang berbanding terbalik disesuaikan arah indeksnya.

Tahap kelima adalah integrasi seluruh parameter menggunakan metode overlay raster melalui fungsi *Cell Statistics*. Hasil integrasi tersebut menghasilkan indeks kerawanan banjir bandang yang kemudian diklasifikasikan menjadi kelas rendah, sedang, dan tinggi. Peta hasil klasifikasi selanjutnya diinterpretasikan berdasarkan hubungan antara zona rawan dengan kondisi drainase, relief, bentuk DAS, dan pola konsentrasi aliran permukaan.

2.4 Validasi dan Interpretasi Hasil

Validasi dalam penelitian ini dilakukan secara interpretatif-spasial karena penelitian tidak menggunakan survei lapangan langsung. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil peta kerawanan terhadap karakter topografi, jaringan sungai, dan informasi kejadian banjir bandang yang pernah dilaporkan di wilayah Ogan Komering Ulu Selatan. Zona kerawanan tinggi dievaluasi berdasarkan kesesuaiannya dengan wilayah yang memiliki jaringan sungai rapat, panjang aliran permukaan pendek, relief relatif kuat, dan kedekatan dengan sistem aliran sungai.

Dengan demikian, validasi yang digunakan bukan berupa validasi lapangan melalui pengukuran langsung, melainkan pengecekan kesesuaian spasial antara hasil analisis morfometri dengan kondisi geomorfologi yang diturunkan dari DEM dan informasi kejadian banjir bandang. Pendekatan ini

digunakan untuk memastikan bahwa peta kerawanan yang dihasilkan memiliki keterkaitan logis dengan karakter fisik DAS.

2.5 Alur Kerja Penelitian

Alur kerja penelitian meliputi pengumpulan data sekunder, pengolahan DEM, delineasi DAS, ekstraksi jaringan sungai, penentuan orde sungai, perhitungan parameter morfometri, normalisasi indeks 0–1, integrasi parameter menggunakan *Cell Statistics*, klasifikasi tingkat kerawanan, validasi interpretatif-spasial, dan penyusunan peta kerawanan banjir bandang.

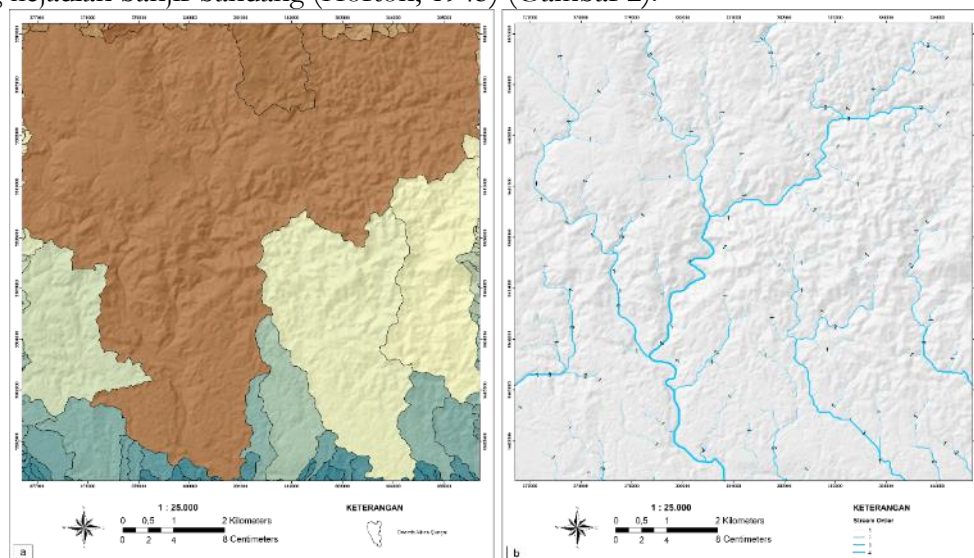
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Daerah Aliran Sungai dan Orde Sungai Daerah Penelitian

Karakteristik DAS dianalisis untuk memahami sistem aliran dan pola konsentrasi limpasan permukaan pada daerah penelitian. Daerah penelitian berada pada sistem Sub-DAS Way Komerling dan Air Gilas, Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan, dengan luas area kajian sekitar 9×9 km atau ± 81 km². Berdasarkan hasil pengolahan data *Digital Elevation Model* (DEM), daerah penelitian terbagi menjadi 255 unit *watershed*. Hasil delineasi tersebut menunjukkan bahwa jaringan sungai berkembang mengikuti variasi topografi, terutama pada wilayah dengan perbedaan elevasi dan relief yang lebih jelas.

Penentuan orde sungai dilakukan menggunakan metode Strahler, yaitu saluran tanpa percabangan diklasifikasikan sebagai orde 1, sedangkan pertemuan dua saluran dengan orde yang sama menghasilkan orde yang lebih tinggi (Strahler, 1957). Hasil klasifikasi orde sungai menunjukkan bahwa daerah penelitian didominasi oleh saluran orde rendah. Secara geomorfologi, saluran orde rendah berperan sebagai jalur awal pengumpul limpasan permukaan dari lereng menuju saluran yang lebih besar. Keberadaan saluran orde rendah yang cukup berkembang menunjukkan bahwa daerah penelitian memiliki sistem drainase yang mampu merespons hujan secara cepat.

Pola tersebut menunjukkan bahwa karakter DAS dan orde sungai menjadi dasar penting dalam memahami potensi banjir bandang. Wilayah dengan percabangan sungai orde rendah yang rapat cenderung memiliki jarak limpasan permukaan lebih pendek sebelum air masuk ke saluran sungai. Kondisi ini dapat mempercepat konsentrasi aliran menuju saluran utama, terutama saat terjadi hujan berintensitas tinggi. Dengan demikian, hasil delineasi DAS dan orde sungai pada daerah penelitian menunjukkan adanya kontrol geomorfologi terhadap pembentukan aliran cepat yang berpotensi mendukung kejadian banjir bandang (Horton, 1945) (Gambar 2).



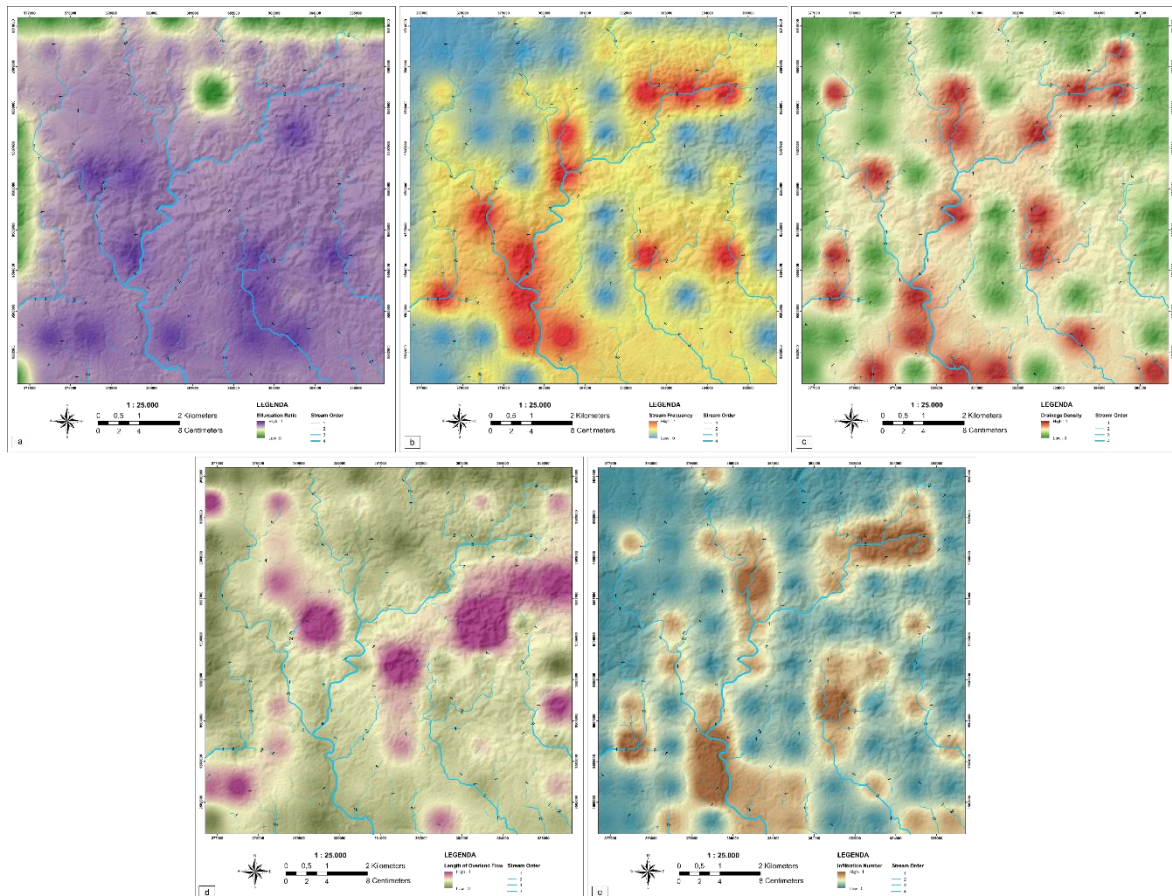
Gambar 2. (a) Peta DAS (b) Peta Orde Sungai pada Daerah Penelitian

3.2 Analisis Morfometri Linier

Sebelum dilakukan interpretasi, nilai parameter morfometri linier dinormalisasi ke dalam indeks 0–1. Nilai indeks 0 menunjukkan pengaruh paling rendah terhadap kerawanan banjir bandang, sedangkan nilai

indeks 1 menunjukkan pengaruh paling tinggi. Normalisasi ini dilakukan agar parameter Rb, Fs, Dd, LoF, dan If memiliki skala yang seragam dan dapat dibandingkan dalam analisis spasial.

Parameter morfometri linier digunakan untuk menilai karakter jaringan aliran dan respons limpasan permukaan pada daerah penelitian. Parameter yang dianalisis meliputi *Bifurcation Ratio* (Rb), *Stream Frequency* (Fs), *Drainage Density* (Dd), *Length of Overland Flow* (LoF), dan *Infiltration Number* (If). Hasil analisis menunjukkan bahwa bagian tengah, barat daya, timur laut, dan sebagian selatan daerah penelitian memiliki indeks morfometri linier relatif tinggi, yang mencerminkan jaringan sungai lebih rapat dan berkembang (Gambar 3).



Gambar 3. (a) Peta *Bifurcation Ratio* (Rb), (b) Peta *Stream Frequency* (Fs), (c) Peta *Drainage Density* (Dd), (d) Peta *Length of Overland Flow* (LoF), dan (e) Peta *Infiltration Number* (If).

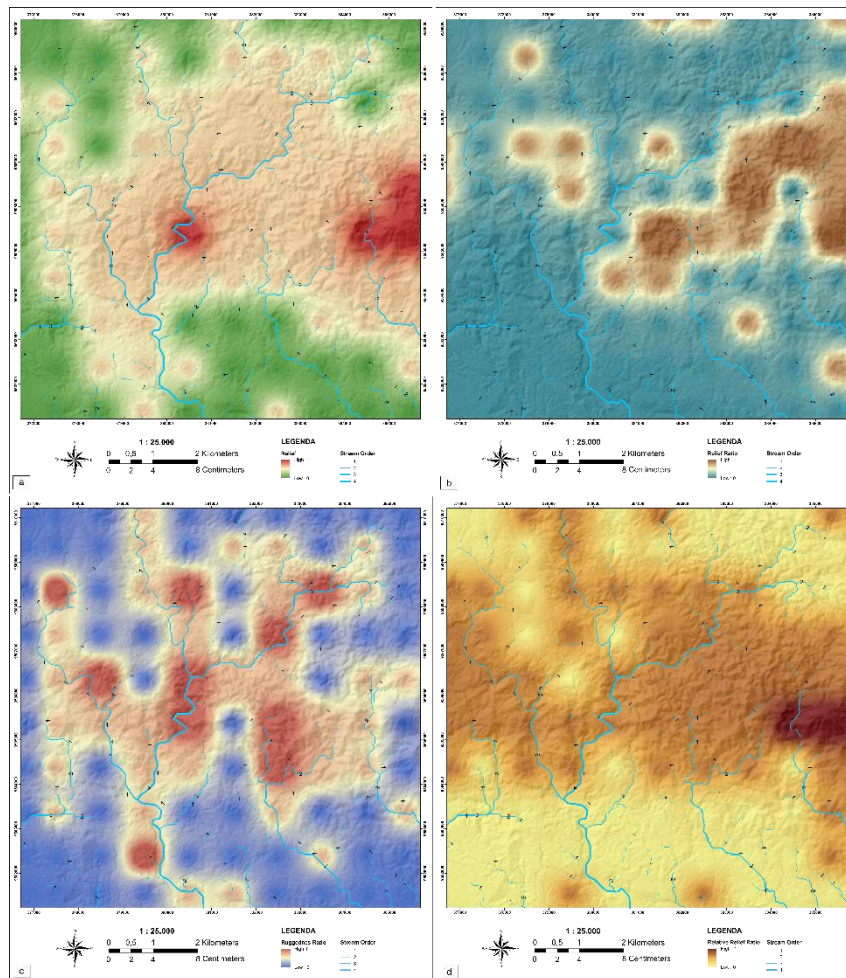
Secara teknis, nilai Rb yang tinggi menunjukkan tingkat percabangan aliran yang lebih berkembang, sedangkan nilai Fs dan Dd yang tinggi menunjukkan banyaknya saluran dan rapatnya jaringan drainase dalam satuan luas tertentu. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa air hujan lebih cepat masuk ke saluran sungai karena jarak limpasan permukaan relatif pendek. Hal ini juga diperkuat oleh nilai LoF yang rendah, yang menunjukkan pendeknya jarak aliran permukaan sebelum mencapai jaringan sungai. Sementara itu, nilai If yang tinggi menunjukkan kecenderungan infiltrasi relatif rendah dan potensi limpasan permukaan yang lebih besar.

Secara geomorfologi-fluvial, kombinasi antara Rb, Fs, Dd, LoF, dan If menunjukkan bahwa wilayah tengah, barat daya, timur laut, dan sebagian selatan memiliki respons aliran yang lebih cepat terhadap hujan. Pada wilayah tersebut, limpasan permukaan dapat terkonsentrasi lebih cepat menuju saluran utama sehingga meningkatkan potensi terbentuknya debit puncak dalam waktu singkat. Kondisi ini mendukung pembentukan aliran cepat yang menjadi salah satu karakter utama banjir bandang.

Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menjelaskan bahwa kerapatan drainase, frekuensi aliran, dan karakter jaringan sungai berpengaruh terhadap potensi limpasan serta kerawanan banjir (Bhat et al., 2019; Sreedevi et al., 2005). Dengan demikian, parameter linier menunjukkan bahwa bagian tengah, barat daya, timur laut, dan sebagian selatan merupakan zona yang memiliki kontribusi lebih besar terhadap pembentukan aliran cepat pada daerah penelitian.

3.3 Analisis Morfometri Relief

Parameter morfometri relief digunakan untuk menilai pengaruh perbedaan elevasi dan kekasaran medan terhadap energi aliran permukaan. Parameter yang dianalisis meliputi *Relief* (R), *Relief Ratio* (Rh), *Ruggedness Ratio* (Rn), dan *Relative Relief Ratio* (Rr). Sebelum dilakukan interpretasi, seluruh parameter relief dinormalisasi ke dalam indeks 0–1. Nilai indeks yang semakin mendekati 1 menunjukkan pengaruh relief yang semakin besar terhadap kerawanan banjir bandang, sedangkan nilai indeks yang mendekati 0 menunjukkan pengaruh yang lebih rendah (Gambar 4)



Gambar 4. (a) Peta *Relief* (R), (b) Peta *Relief Ratio* (Rh), (c) Peta *Ruggedness Ratio* (Rn), dan (d) Peta *Relative Relief Ratio* (Rr).

Hasil analisis menunjukkan bahwa bagian timur, tengah, timur laut, dan sebagian selatan daerah penelitian memiliki indeks relief relatif tinggi. Nilai indeks R dan Rh yang tinggi menunjukkan adanya perbedaan elevasi yang besar dalam jarak aliran relatif pendek. Kondisi ini menyebabkan air permukaan memiliki energi potensial lebih besar untuk bergerak menuju saluran sungai. Semakin besar perbedaan elevasi, semakin tinggi kecenderungan aliran permukaan bergerak cepat dari bagian hulu menuju daerah yang lebih rendah.

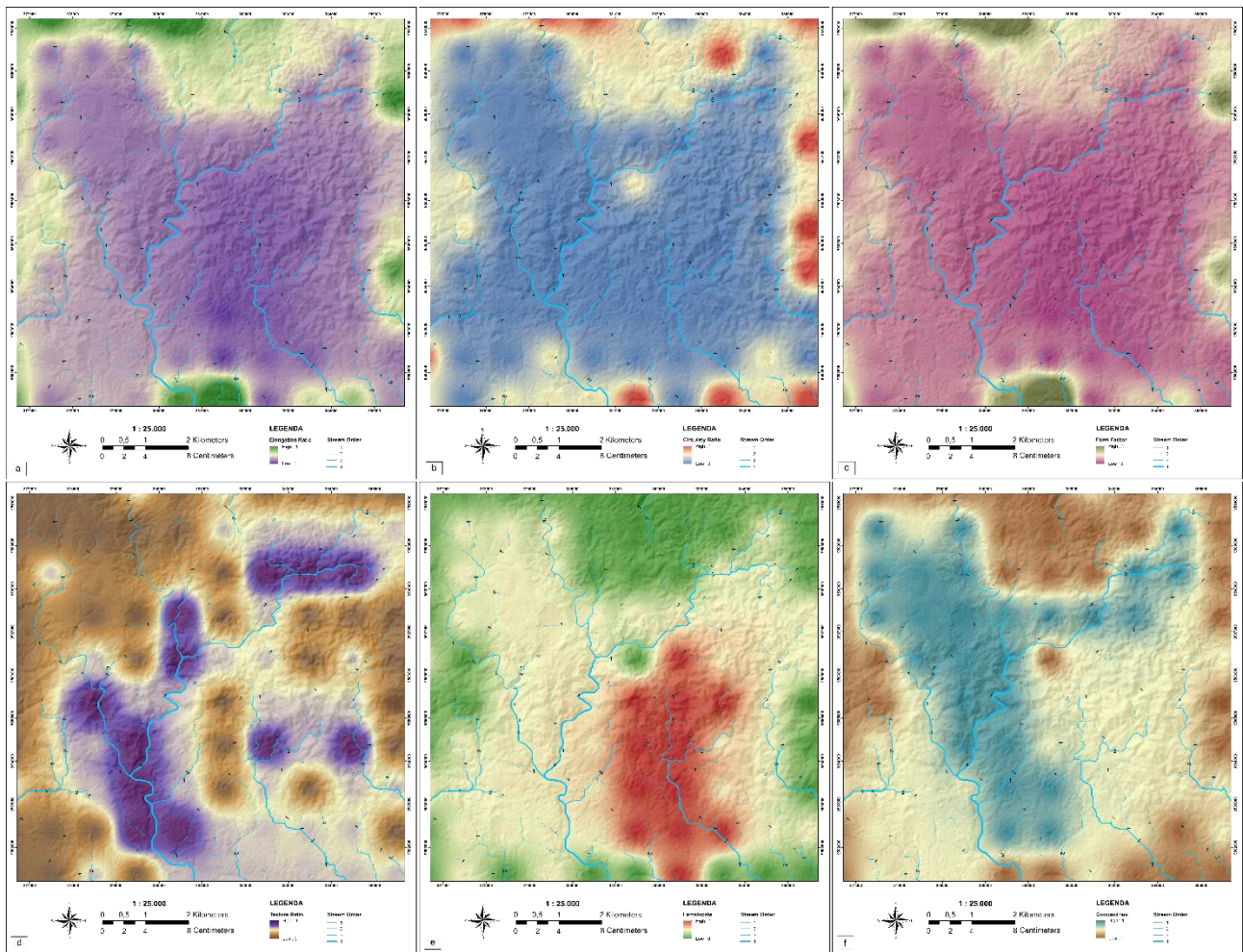
Sementara itu, indeks Rn yang tinggi menunjukkan kombinasi antara relief dan kerapatan drainase yang membentuk medan lebih kasar. Secara geomorfologi, kondisi medan yang kasar dapat meningkatkan energi aliran dan kemampuan aliran dalam mengangkut material saat terjadi limpasan tinggi. Indeks Rr yang tinggi juga menunjukkan bahwa perbedaan elevasi terhadap keliling DAS cukup besar, sehingga memperkuat pengaruh topografi terhadap pembentukan aliran cepat.

Dengan demikian, bagian timur, tengah, timur laut, dan sebagian selatan memiliki kontribusi relief yang lebih besar terhadap potensi banjir bandang. Pada wilayah tersebut, kombinasi beda tinggi, kemiringan relatif, dan kekasaran medan dapat mempercepat aliran permukaan serta meningkatkan potensi konsentrasi debit menuju jaringan sungai. Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang

menyatakan bahwa parameter relief berhubungan erat dengan energi aliran, proses erosi, dan respons hidrologi DAS terhadap hujan (Chaithong, 2022; Shekar et al., 2023).

3.4 Analisis Morfometri Parameter Areal

Parameter morfometri areal digunakan untuk menilai bentuk, kekompakan, dan tekstur drainase DAS yang berpengaruh terhadap pola konsentrasi aliran. Parameter yang dianalisis meliputi *Elongation Ratio* (Re), *Circularity Ratio* (Rc), *Form Factor* (Ff), *Texture Ratio* (Rt), *Lemniscate* (K), dan *Compactness Coefficient* (Cc). Sebelum dilakukan interpretasi, seluruh parameter areal dinormalisasi ke dalam indeks 0–1 agar memiliki skala yang seragam. Nilai indeks yang semakin mendekati 1 menunjukkan kontribusi yang lebih besar terhadap kerawanan banjir bandang (Gambar 5).



Gambar 5. (a) Peta *Elongation Ratio* (Re), (b) Peta *Circularity Ratio* (Rc), (c) Peta *Form Factor* (Ff), (d) Peta *Texture Ratio* (Rt), (e) Peta *Lemniscate* (K), dan (f) Peta *Compactness Coefficient* (Cc).

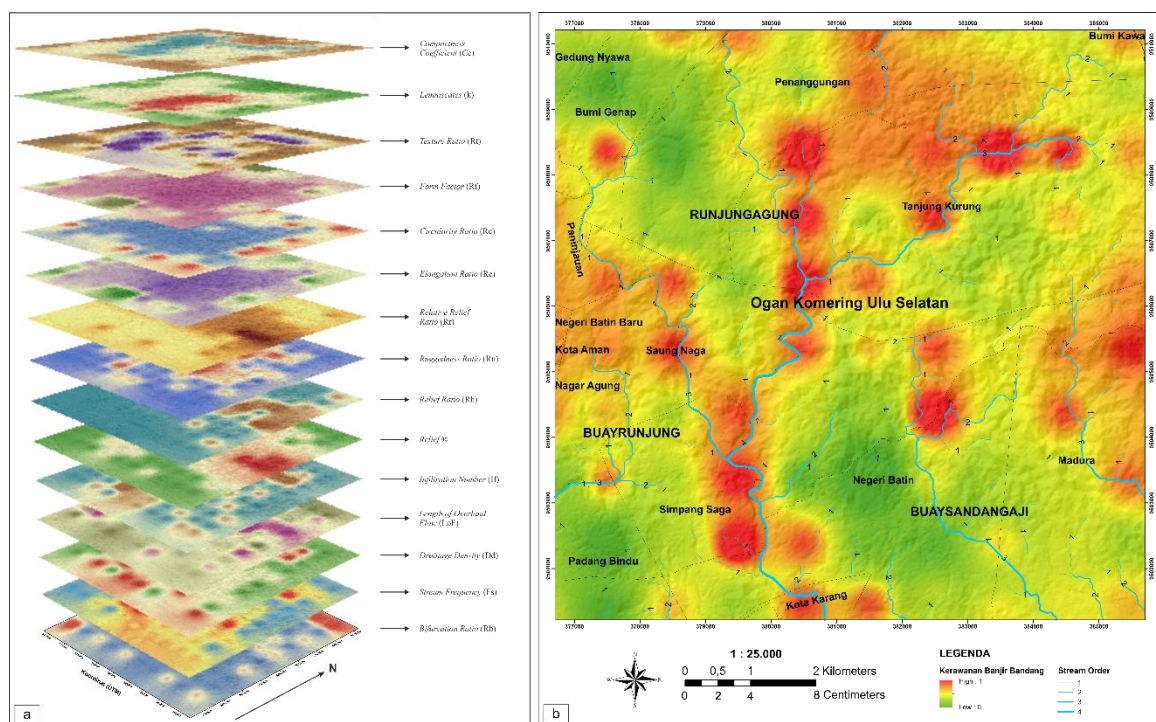
Hasil analisis menunjukkan bahwa bentuk DAS pada daerah penelitian umumnya cenderung memanjang dan tidak terlalu kompak. Kondisi ini ditunjukkan oleh nilai Re, Rc, dan Ff yang relatif rendah, serta nilai K dan Cc yang mencerminkan kecenderungan bentuk DAS memanjang. Secara hidrologi-geomorfologi, DAS berbentuk memanjang umumnya memiliki waktu konsentrasi aliran yang lebih bertahap dibandingkan DAS berbentuk membulat, karena aliran dari berbagai bagian DAS tidak mencapai saluran utama secara bersamaan.

Meskipun demikian, nilai Rt yang tinggi pada bagian tengah, barat daya, timur laut, dan sebagian tenggara menunjukkan adanya tekstur drainase yang relatif rapat pada lokasi tertentu. Kondisi ini mengindikasikan bahwa beberapa bagian wilayah tetap memiliki kemampuan mengumpulkan limpasan permukaan secara cepat, terutama apabila didukung oleh kerapatan jaringan sungai dan relief yang kuat. Dengan demikian, meskipun bentuk DAS secara umum memanjang, variasi lokal tekstur drainase tetap berperan dalam meningkatkan potensi aliran cepat.

Hasil ini menunjukkan bahwa parameter areal tidak hanya menggambarkan bentuk umum DAS, tetapi juga menjelaskan variasi spasial dalam pola konsentrasi aliran. Wilayah dengan tekstur drainase tinggi memiliki kontribusi lebih besar terhadap kerawanan karena limpasan permukaan lebih mudah terkumpul menuju jaringan sungai. Interpretasi ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menjelaskan bahwa bentuk dan kekompakan DAS berpengaruh terhadap waktu konsentrasi aliran dan potensi terbentuknya debit puncak (Chaithong, 2022; Das et al., 2022).

3.5 Peta Kerawanan Banjir Bandang

Hasil integrasi parameter morfometri menggunakan metode *Cell Statistics* menghasilkan indeks kerawanan banjir bandang dengan rentang nilai 0–1. Nilai indeks yang semakin mendekati 1 menunjukkan tingkat kerawanan yang lebih tinggi, sedangkan nilai yang mendekati 0 menunjukkan kerawanan yang lebih rendah. Berdasarkan hasil klasifikasi, zona kerawanan tinggi berkembang pada bagian tengah, timur laut, barat daya, dan tenggara daerah penelitian (Gambar 6).



Gambar 6. (a) Overlay parameter morfometri menggunakan metode Cell Statistics terhadap nilai indeks 0–1 pada parameter linier, relief, dan areal; (b) Peta kerawanan banjir bandang daerah penelitian berdasarkan hasil integrasi parameter morfometri.

Secara spasial, zona kerawanan tinggi berasosiasi dengan kombinasi jaringan aliran yang relatif rapat, *length of overland flow* yang pendek, dan relief yang kuat. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa air hujan dapat lebih cepat berubah menjadi limpasan permukaan, masuk ke jaringan sungai, dan terkonsentrasi menuju saluran utama. Dalam konteks geomorfologi-fluvial, kombinasi ini dapat mempercepat waktu konsentrasi aliran dan meningkatkan peluang terbentuknya debit puncak dalam waktu singkat saat terjadi hujan berintensitas tinggi.

Parameter linier, relief, dan areal memiliki peran berbeda dalam membentuk pola kerawanan. Parameter linier seperti *drainage density*, *stream frequency*, dan *bifurcation ratio* menggambarkan perkembangan jaringan aliran dan kecepatan limpasan menuju saluran utama. Parameter relief seperti *relief ratio* dan *ruggedness ratio* menunjukkan pengaruh beda elevasi serta kekasaran medan terhadap energi aliran. Sementara itu, parameter areal seperti *elongation ratio*, *circularity ratio*, dan *form factor* menjelaskan pengaruh bentuk DAS terhadap pola konsentrasi aliran dan kemungkinan terbentuknya debit puncak.

Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa parameter morfometri dapat digunakan untuk mengidentifikasi potensi bahaya banjir berdasarkan karakter fisik DAS (Bhat et al., 2019). Temuan ini juga mendukung (Chaithong, 2022), yang menjelaskan bahwa kombinasi kerapatan drainase tinggi, panjang aliran permukaan pendek, dan relief kuat dapat meningkatkan kerentanan terhadap banjir bandang. Selain itu, (Ozdemir dan Akbas, 2023) menyatakan bahwa potensi

pembangkitan banjir berkaitan dengan respons aliran cepat akibat kondisi topografi dan jaringan sungai yang berkembang.

Dengan demikian, bagian tengah, timur laut, barat daya, dan tenggara daerah penelitian menjadi zona prioritas dalam upaya mitigasi banjir bandang. Wilayah tersebut memiliki kombinasi karakter morfometri yang mendukung terbentuknya aliran cepat. Sebaliknya, wilayah dengan kerawanan lebih rendah umumnya dicirikan oleh jaringan aliran yang lebih jarang, jarak limpasan yang lebih panjang, atau relief yang relatif lebih rendah. Pola ini menunjukkan bahwa kerawanan banjir bandang di daerah penelitian dikontrol oleh keterkaitan antara kondisi drainase, relief, bentuk DAS, dan proses konsentrasi limpasan permukaan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis morfometri, kerawanan banjir bandang di daerah penelitian dikontrol oleh interaksi antara karakter jaringan aliran, kondisi relief, dan bentuk DAS. Parameter linier menunjukkan bahwa bagian tengah, barat daya, timur laut, dan sebagian selatan memiliki jaringan sungai relatif rapat, panjang aliran permukaan pendek, serta kecenderungan limpasan cepat masuk ke saluran sungai. Parameter relief menunjukkan bahwa bagian timur, tengah, timur laut, dan sebagian selatan memiliki perbedaan elevasi dan kekasaran medan yang dapat meningkatkan energi aliran. Sementara itu, parameter areal menunjukkan bahwa bentuk DAS cenderung memanjang, sehingga respons aliran secara umum lebih bertahap, meskipun beberapa area tetap memiliki tekstur drainase rapat yang dapat mempercepat pengumpulan aliran secara lokal.

Secara geosains, temuan utama penelitian ini menunjukkan bahwa banjir bandang di daerah penelitian berpotensi terbentuk melalui proses geomorfologi-fluvial berupa percepatan limpasan permukaan, pemendekan waktu konsentrasi aliran, dan peningkatan energi aliran pada wilayah dengan relief kuat dan jaringan drainase rapat. Dengan demikian, faktor pengontrol utama kerawanan bukan hanya keberadaan sungai, tetapi kombinasi antara kerapatan drainase, panjang aliran permukaan, perbedaan elevasi, kekasaran medan, dan bentuk DAS. Kombinasi faktor tersebut menjelaskan mengapa zona rawan tidak tersebar merata, tetapi terkonsentrasi pada bagian tertentu yang memiliki kondisi morfometri lebih mendukung terbentuknya aliran cepat.

Hasil integrasi parameter morfometri menggunakan metode *Cell Statistics* menunjukkan bahwa zona kerawanan tinggi berkembang pada bagian tengah, timur laut, barat daya, dan tenggara daerah penelitian, termasuk sekitar Tanjung Kurung, Runjung Agung, Saung Naga, Simpang Saga, Kota Karang, dan Negeri Batin. Zona tersebut merepresentasikan wilayah dengan kombinasi jaringan aliran relatif rapat, jarak limpasan menuju saluran sungai lebih pendek, dan relief cukup kuat. Oleh karena itu, hasil pemetaan ini dapat digunakan sebagai dasar awal dalam identifikasi zona prioritas mitigasi banjir bandang berbasis karakter geomorfologi DAS.

Implikasi penelitian ini terhadap pengelolaan wilayah adalah perlunya perhatian lebih pada area yang berada dekat jaringan aliran dan memiliki indeks kerawanan tinggi. Upaya mitigasi dapat diarahkan pada penguatan sistem peringatan dini, pengendalian pemanfaatan lahan di sekitar alur sungai, peningkatan kesiapsiagaan masyarakat, serta pertimbangan karakter morfometri dalam perencanaan ruang. Penelitian ini juga memberikan kontribusi dalam pemetaan risiko dengan menunjukkan bahwa analisis morfometri berbasis DEM dan SIG dapat digunakan untuk memahami proses pembentukan aliran cepat serta mengidentifikasi zona kerawanan banjir bandang pada skala lokal.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengintegrasikan parameter morfometri dengan data curah hujan, tutupan lahan, jenis tanah, infiltrasi, dan kejadian banjir historis. Integrasi tersebut diperlukan agar peta kerawanan yang dihasilkan lebih komprehensif dan mampu menggambarkan hubungan antara kondisi geomorfologi, karakter permukaan, dan faktor pemicu hidrometeorologi secara lebih detail.

REFERENSI

- Adi, S. (2013). Characterization of flash flood disaster in Indonesia: Karakterisasi bencana banjir bandang di Indonesia. *Jurnal Sains Dan Teknologi Indonesia*, 15(1), 42–51. <http://ugm.ac.id>
- Bhat, M. S., Alam, A., Ahmad, S., Farooq, H., & Ahmad, B. (2019). Flood hazard assessment of upper Jhelum basin using morphometric parameters. *Environmental Earth Sciences*, 78(2), 54. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8046-1>
- Belay, H., Melesse, A. M., Tegegne, G., & Tamiru, H. (2025). Identifying Flood Source Areas and

- Analyzing High-Flow Extremes Under Changing Land Use, Land Cover, and Climate in the Gumara Watershed, Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. *Climate*, 13(1), 7. <https://doi.org/10.3390/cli13010007>
- Chaithong, T. (2022). Flash flood susceptibility assessment based on morphometric aspects and hydrological approaches in the Pai River Basin, Mae Hong Son, Thailand. *Water (Switzerland)*, 14(19). <https://doi.org/10.3390/w14193174>
- Chorley, R. J., Malm, D. E. G., & Henry A. Pogorzelski. (1957). A new standard for estimating drainage-basin shape. In *American Journal of Science* (Vol. 255, pp. 138–141). <https://ajsonline.org/api/v1/articles/58630-a-new-standard-for-estimating-drainage-basin-shape.pdf>
- Das, B. C., Islam, A., & Sarkar, B. (2022). Drainage basin shape indices to understanding channel hydraulics. *Water Resources Management*, 36(8), 2523–2547. <https://doi.org/10.1007/s11269-022-03121-4>
- De Smith, M. J., Goodchild, M. F., & Longley, P. A. (2018). *Geospatial Analysis: A Comprehensive Guide to Principles, Techniques and Software Tools* (6th ed.). The Winchelsea Press.
- Faniran, A. (1969). The index of drainage intensity: A provisional new drainage factor. *Australian Journal of Science*, 31(9), 328–330.
- Han, Z., Li, F., Liu, C., Zhang, X., & Hu, C. (2025). Influence of Geomorphological Parameters on Flash Flood Susceptibility Analyzed using a Coupled Approach of HEC-HMS Model and Logistic Regression. *Water Resources Management*, 39(7), 3031–3051. <https://doi.org/10.1007/s11269-024-04079-1>
- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, 56(3), 275–370. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2)
- Melton, M. A. (1957). *An analysis of the relations among elements of climate, surface properties, and geomorphology*. <https://academiccommons.columbia.edu/doi/10.7916/d8-d84w-8c49/download>
- Ozdemir, H., & Akbas, A. (2023). Is there a consistency in basin morphometry and hydrodynamic modelling results in terms of the flood generation potential of basins? A case study from the Ulus River Basin (Türkiye). *Journal of Hydrology*, 625, 129926. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129926>
- Purmana, E. (2025). *BPBD OKU Selatan: 14 rumah warga terdampak banjir bandang*. ANTARA News. <https://www.antaranews.com/berita/5128979/bpbd-oku-selatan-14-rumah-warga-terdampak-banjir-bandang-tiga-meninggal>
- Raja Shekar, P., & Mathew, A. (2024). Morphometric analysis of watersheds: A comprehensive review of data sources, quality, and geospatial techniques. *Watershed Ecology and the* <https://doi.org/10.1016/j.wsee.2023.12.001>
- Schumm, S. A. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological Society of America Bulletin*, 67(5), 597–646. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1956\)67\[597:EODSAS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[597:EODSAS]2.0.CO;2)
- Shekar, P. R., Mathew, A., Arun, P. S., & Gopi, V. P. (2023). Sub-watershed prioritization using morphometric analysis, principal component analysis, hypsometric analysis, land use/land cover analysis, and machine learning approaches in the Peddavagu River Basin, India. *Journal of Water and Climate Change*, 14(7), 2055–2084. <https://doi.org/10.2166/wcc.2023.221>
- Sreedevi, P. D., Subrahmanyam, K., & Ahmed, S. (2005). The significance of morphometric analysis for obtaining groundwater potential zones in a structurally controlled terrain. *Environmental Geology*, 47(3), 412–420. <https://doi.org/10.1007/s00254-004-1166-1>
- Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 38(6), 913–920. <https://doi.org/https://doi.org/10.1029/TR038i006p00913>