



Analisis Kerentanan Banjir Menggunakan Metode *Normalised Morphometric Flood Index* (NMFI) Studi Khusus: SubDAS Air Manna, Bengkulu Selatan

 Muhammad Izzul Islam¹, Budhi Setiawan¹✉

¹Program Studi Teknik Geologi, Universitas Sriwijaya, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received: March 19, 2024

Accepted: July 22, 2024

Published: July 31, 2024

Keywords:

Air Manna

Banjir

DAS

Morfometri

NMR

Corresponding author:

Budhi Setiawan

Email: budhi.setiawan@unsri.ac.id

Read online:


 Scan this QR code
 with your smart
 phone or mobile
 device to read online.

Copyright © 2024 Authors


 This work is
 licensed under
 a Creative Commons

 Attribution-ShareAlike 4.0 International
 License.

ABSTRAK

Sungai Air Manna merupakan sungai utama yang menampung aliran air dari sungai-sungai kecil yang ada di subDAS Air Manna. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengetahui potensi bencana banjir suatu DAS adalah dengan menggunakan pendekatan aspek morfometri pada daerah aliran sungai. Setelah dilakukan analisis parameter-parameter morfometri, didapatkan bahwa beberapa daerah pada subDAS Air Manna memiliki potensi banjir yang tergolong tinggi. Daerah-daerah tersebut merupakan daerah dengan nilai *drainage density* tinggi, *main channel slope* pada aliran sungai cukup tinggi, *Length of overland flow* rendah, *ruggedness number* yang tinggi, serta nilai *bifurcation ratio* rendah. Selanjutnya hasil analisis parameter morfometri daerah penelitian akan dinormalisasi menggunakan metode *Normalised Morphometric Flood Index* (NMFI). NMFI menyederhanakan hasil analisis parameter morfometri ke dalam rentang 0 – 1 yang bertujuan untuk mengurangi subjektivitas dari hasil analisis sehingga akan meningkatkan akurasi data hasil analisis. Berdasarkan hasil pengolahan NMFI, diperoleh 3 tingkatan bahaya banjir yaitu rendah, menengah, dan tinggi pada peta digambarkan oleh warna hijau, kuning, dan merah. Daerah dengan tingkatan bahaya rendah sebesar 5,98% atau 2009,75 km², tingkat bahaya menengah sebesar 80,09% atau 26916,64 km², dan daerah dengan tingkat bahaya tinggi sebesar 13,92% atau 4678,23 km².

ABSTRACT

Air Manna River is the main river that accommodates water flow from small rivers in the Air Manna sub-watershed. This river has a reasonably large water discharge. One way to determine a watershed's flood disaster potential is by using the morphometric aspect approach to the watershed. After analysing the morphometric parameters, it was found that some areas in the Air Manna sub-watershed have high flood potential. These areas are areas with high drainage density values, high main channel slope in the river flow, low length of overland flow values, high ruggedness number, and low bifurcation ratio values. Furthermore, the results of the morphometric parameter analysis of the research area will be normalized using the Normalized Morphometric Flood Index (NMFI) method. NMFI simplifies the values of the morphometric parameter analysis results into the range 0 - 1, which aims to reduce the subjectivity of the analysis results so that it will increase the accuracy of the analysis data. Based on the results of processing with the NMFI method, three levels of flood hazard were obtained, i.e. low, medium, and high, which are depicted by green, yellow, and red colours on the map. Areas with low hazard levels amounted to 5.98% or 2009.75 km², medium hazard levels amounted to 80.09% or 26916.64 km², and areas with high hazard levels amounted to 13.92% or 4678.23 km².

How to cite: Islam, M.I dan Setiawan B. (2024). Analisis kerentanan banjir menggunakan Metode Normalised Morphometric Flood Index (NMFI) Studi khusus: SubDAS Air Manna, Bengkulu Selatan. *OPHIOLITE: Jurnal Geologi Terapan*, 6(1), p1-10. <https://doi.org/10.56099/ophi.v6i1.p1-10>

1 Pendahuluan

Banjir merupakan salah satu bencana geologi yang dapat terjadi hampir di seluruh belahan dunia, bencana banjir dapat mengakibatkan kerugian korban jiwa dan kerugian materi (Bloschl dkk., 2020). Banjir dipengaruhi oleh beberapa faktor di antaranya iklim, penggunaan dan jenis penutup lahan, litologi batuan, geomorfologi, serta kondisi hidrologi suatu daerah (Munoz dkk., 2018). Frekuensi terjadinya banjir cukup mengalami peningkatan pesat dalam sepuluh tahun terakhir akibat dari penggundulan hutan, perubahan penggunaan lahan, urbanisasi, pemukiman di daerah ketinggian, hilangnya zona resapan air, dan faktor klimatologi yang berkaitan dengan peningkatan curah hujan (Tanoue dkk., 2021).

Daerah Bengkulu Selatan merupakan daerah dengan riwayat bencana banjir yang terjadi hampir setiap tahun. Berdasarkan catatan BPBD Kota Bengkulu sedikitnya lima ruas jalan terendam dan tujuh jembatan mengalami kerusakan akibat bencana banjir yang melanda wilayah Bengkulu (BNPB, 2019). Pada tahun 2020 kembali terjadi bencana banjir di Kabupaten Bengkulu Selatan yang mengakibatkan 75 KK harus mengungsi dan 1 titik jalan terputus akibat genangan banjir yang mencapai ketinggian 50 hingga 100 cm (BNPB, 2020).

Potensi bencana banjir di suatu daerah aliran sungai (DAS) dipengaruhi oleh komponen-komponen morfologi yang ada pada daerah tersebut. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengetahui potensi bencana banjir suatu daerah aliran sungai adalah dengan menggunakan pendekatan aspek morfometri pada DAS (Ozdemir dan Akbas, 2023). Daerah Aliran Sungai Air Manna merupakan DAS dengan debit yang tergolong cukup tinggi, DAS Air Manna bagian hilir di Desa Batu Kuning memiliki nilai kecepatan aliran yaitu 1,130 m³/detik dengan luas penampang basah 31,12 m² sehingga menghasilkan debit aliran sebesar 35,152 m³/detik. Sedangkan pengukuran yang dilaksanakan di Desa Ketaping diperoleh jumlah kecepatan aliran 1,194 m/detik dengan luas penampang basah 53,36 m² menghasilkan debit aliran sebesar 63,725 m³/detik. Berdasarkan hasil perhitungan debit banjir maksimum pada kala ulang 2 hingga 100 tahun di Sungai Air Manna Bagian Hilir tergolong cukup tinggi yaitu sebesar 1322,21 m³/detik pada kala 2 tahun dan 1872,85 m³/detik pada kala ulang 100 tahun sehingga aliran Sungai Air Manna diperkirakan tidak mampu menampung debit banjir tersebut (Amri dkk., 2021).

Analisis morfometri adalah pengukuran kuantitatif bentang alam, yang dilakukan melalui analisis matematis pada aspek linier, aerial, dan relief suatu cekungan (Ozdemir dan Akbas, 2023).

Parameter morfometri dapat digunakan untuk memahami karakteristik fisik suatu daerah aliran sungai, kondisi hidrologi, dan karakteristik erosi suatu daerah aliran sungai. Kajian morfometri suatu DAS mencakup variabel morfologi yang dibentuk oleh jaringan drainase yang tersusun oleh limpahan dan aliran linier setelah hilangnya air hujan yang disebabkan oleh vegetasi dan proses infiltrasi (Bhat dkk., 2019).

Hasil pengolahan analisis morfometri suatu DAS yang berupa perhitungan numerik dapat memprediksi puncak tertinggi dari kenaikan air banjir dan dapat mengestimasi tingkat erosi dari suatu daerah (Ozdemir dan Akbas, 2023).

Daerah penelitian berada di Kecamatan Ulu Manna yang meliputi beberapa desa. Kecamatan Ulu Manna merupakan salah satu kecamatan dalam Kabupaten Bengkulu Selatan yang terletak di sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS) Air Manna. Daerah penelitian ini adalah SubDAS Air Manna yang memiliki letak astronomis 4°16'33" - 4°21'25" Lintang Selatan dan 102°56'08" - 103°00'59" Bujur Timur. Luas daerah penelitian sebesar 33.608 km² dengan elevasi tertinggi 436 meter di atas permukaan laut (mdpl). Secara stratigrafi daerah penelitian terdiri dari dua formasi batuan yang berbeda. Formasi yang pertama adalah Formasi Lemau dengan satuan batupasir, batupasir gampingan, dan batulempung, sedangkan formasi batuan yang lainnya adalah Formasi Simpang Aur dengan satuan batupasir bermoluska dan batupasir tufan. Berdasarkan satuan batuan yang ada di daerah penelitian, dapat mendukung adanya potensi banjir atau limpasan air hujan yang disebabkan oleh karakteristik litologinya yang tidak terlalu baik dalam meloloskan air hujan yang turun. Oleh karena itu dibutuhkan tindakan mitigasi berupa pembuatan peta potensi bencana banjir pada daerah penelitian dengan memanfaatkan kemajuan teknologi yang berupa penggunaan Sistem Informasi Geografis (Eryani, 2021), yang bertujuan untuk mengetahui daerah-daerah mana saja pada daerah penelitian yang termasuk ke dalam daerah dengan potensi banjir tinggi (Dwangga dan Farida, 2022).

Sistem informasi geografis (SIG) adalah sistem komputer yang berfungsi untuk mengumpulkan, memeriksa, dan menganalisis semua informasi yang berhubungan dengan permukaan bumi (Prahasta, 2002). Karena SIG merupakan suatu sistem kompleks yang biasanya terintegrasi dengan lingkungan sistem-sistem komputer yang lain di tingkat fungsional dan jaringan, maka SIG memiliki beberapa komponen, di antaranya adalah perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*), data dan informasi geografis, serta manajemen. Dalam hal pembuatan peta potensi bencana banjir ini, komponen SIG yang digunakan adalah piranti lunak berupa Arcmap 10.8.

Arcmap adalah salah satu perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG) yang terkemuka dan banyak digunakan hingga saat ini dengan tingkat kehandalan tinggi (Wibowo dkk., 2015).

Di sepanjang daerah aliran sungai Air Manna terdapat pemukiman penduduk serta banyak terdapat aktivitas masyarakat yang akan terganggu apabila terjadi bencana banjir pada sungai Air Manna seperti aktivitas pertanian dan aktivitas masyarakat lainnya, oleh karena itu dilakukannya studi ini bertujuan untuk membantu upaya mitigasi bencana banjir, dengan cara mengetahui hubungan antara parameter-parameter morfometri dan tingkat kemungkinan terjadinya banjir (Ozdemir dan Akbas, 2023) sehingga dapat menambah kewaspadaan masyarakat setempat terhadap bencana banjir di aliran Sungai Air Manna.

2 Geologi Daerah Penelitian

Daerah penelitian terdiri dari dua formasi batuan, yaitu Formasi Lemau dan Formasi Simpang Aur. Menurut Heryanto (2007), Formasi Lemau tersusun atas batulempung, batulempung gampingan, batupasir gampingan, batubara, batupasir dan konglomerat pada kondisi lingkungan pengendapan transisi-laut dangkal. Namun berdasarkan data hasil pengamatan lapangan daerah penelitian satuan batuan yang ditemukan adalah batupasir gampingan, batulempung, dan batupasir. Pada daerah penelitian, Formasi Simpang Aur merupakan formasi termuda, Menurut Heryanto (2007), Formasi Simpang Aur ini tersusun atas batupasir konglomeratan, batupasir bermoluska, batulumpur tufan, dan batupasir tufan. Namun berdasarkan data hasil pengamatan lapangan daerah penelitian satuan batuan yang ditemukan adalah batupasir moluska dan batupasir tufan. Kedua formasi batuan tersebut terendapkan secara selaras pada Miosen Tengah – Pliosen. Formasi Lemau terbentuk dari produk fase transgresi pada Miosen Tengah yang kemudian mengalami perubahan secara bertahap menjadi fase regresi air laut sehingga menghasilkan litologi batupasir gampingan, batulempung, dan batupasir nonkarbonatan. Formasi Simpang Aur terbentuk akibat fase transgresi air laut sehingga membentuk litologi batupasir moluska yang bersifat karbonatan, serta terbentuk juga batupasir tufan yang merupakan produk dari aktivitas gunungapi perbukitan barisan pada Miosen Akhir – Pliosen.

3 Metode Penelitian

3.1 Data

Penelitian ini menggunakan data *Topografic Digital Elevation Model (DEM)* dengan resolusi atau

keakuratan data sebesar 0.27–arcsecond atau jika dikonversi ke dalam satuan meter yakni 8 meter (Sutisna dan Putro, 2019). Data DEM tersebut diperoleh dari laman resmi DEMNas. Dari model DEM tersebut akan diekstraksi jaringan-jaringan sungai sebagai bahan dalam menganalisis perhitungan aspek-aspek morfometri SubDAS (Ashmawy dkk., 2018). Hasil analisis data pada penelitian ini juga didukung oleh data primer berupa data jenis litologi batuan pada daerah aliran sungai yang diperoleh dari hasil observasi lapangan pada beberapa subDAS Air Manna Bengkulu Selatan.

3.2 Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Normalised Morphometric Flood Index (NMFI)* yang menghasilkan tingkatan terciptanya genangan banjir berdasarkan hasil analisis parameter-parameter morfometri yang ada (Ozdemir dan Akbas, 2023).

Normalised morphometric flood Index (NMFI) merupakan metode yang dikembangkan untuk menganalisis kapasitas kerawanan banjir dari subDAS berdasarkan parameter morfometri (Tabel 1) yaitu *drainage density (Dd)*, *bifurcation ratio (Rb)*, *length of overland flow (LoF)*, *ruggedness number (Rn)*, dan *main channel slope (Cs)*. Pendekatan ini dilakukan karena dari hasil analisis morfometri suatu DAS yang mencakup variabel morfologi yang dibentuk oleh jaringan drainase yang tersusun oleh limpahan air dan aliran linier dapat mengidentifikasi tingkat kerawanan banjir suatu daerah (Bhat dkk., 2019).

Tabel 1 Parameter morfometri yang digunakan

Parameter Morfometri	Rumus	Referensi
Orde Sungai	Tingkatan hierarki	Strahler (1964)
Panjang Sungai (Lu)	Panjang sungai	Horton (1945)
Bifurcation ratio (Rb)	$Rb = Nu / Nu + 1$	Schumm (1956)
Ruggedness Number (Rn)	$Rn = Bh \times Dd$	Schumm (1956)
Drainage Density (Dd)	$Dd = Lu / A$	Horton (1945)
Length of Overland Flow (Lof)	$Lof = 1/2 Dd$	Horton (1945)
Main Channel Slope (Sc)	$Sc = \Delta Hc / Lc$	Horton (1945)

Setelah didapatkan hasil pengolahan beserta peta-peta morfometri SubDAS Air Manna, hasil analisis parameter-parameter morfometri tersebut selanjutnya akan dinormalisasikan menggunakan

rumus NMFI yang bertujuan untuk mengurangi subjektivitas dari hasil analisis (Ozdemir dan Akbas, 2023). NMFI bertujuan untuk menyederhanakan nilai indeks hasil analisis menjadi rentang mulai dari 0 – 1. Rumus pengolahan indeks morfometri NMFI dapat dilihat pada Pers. (1).

$$NMFI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{m_i - m_{i \min}}{m_{i \max} - m_{i \min}} \right) \quad (1)$$

Selanjutnya adalah penggabungan seluruh parameter-parameter morfometri menjadi satu peta hasil. Penggabungan ini menggunakan metode *overlay intersection* pada piranti lunak ArcMap 10.8. Analisis *overlay* merupakan penggabungan beberapa unsur spasial menjadi satu unsur spasial yang baru, *overlay* dapat didefinisikan sebagai operasi spasial yang menggabungkan *layer* geografis yang berbeda baik berupa data vektor ataupun raster untuk mendapatkan suatu informasi baru (Handayani dkk., 2005).

Intersect merupakan suatu operasi yang memotong sebuah *layer input* atau masukan dengan atribut dari *overlay* untuk menghasilkan *output* dengan atribut yang memiliki data atribut dari kedua input yang beririsan. Fungsinya untuk menghasilkan unsur spasial baru dari dua atau lebih unsur spasial (Handayani dkk., 2005).

4 Hasil dan Pembahasan

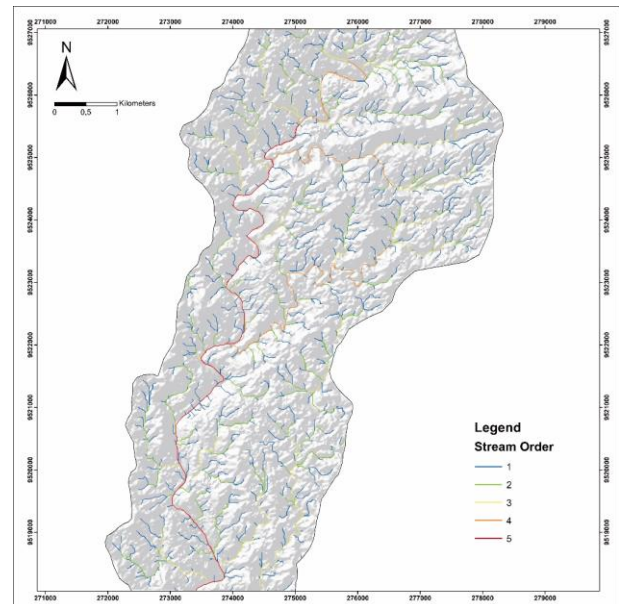
4.1 Karakteristik Daerah Aliran Sungai

SubDAS Air Manna merupakan daerah aliran sungai yang memanjang dengan arah Timurlaut-Baratdaya pada Kecamatan Ulu Manna. subDAS Air Manna yang menjadi daerah penelitian memiliki luas 33,608 km², keliling daerah 27,911 km, serta total panjang aliran sungai 162,712 km dengan orde sungai yang sangat beragam mulai dari orde pertama hingga orde kelima (Gambar 1).

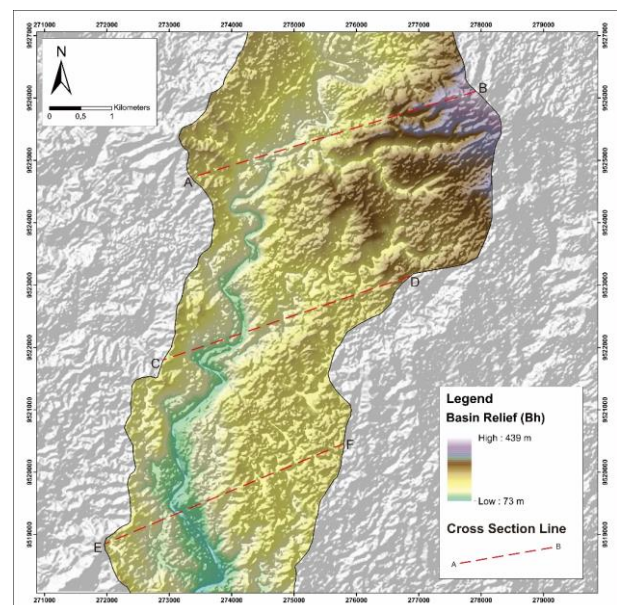
Daerah aliran sungai Air Manna memiliki elevasi terendah 73 m dan elevasi tertinggi 439 m, dengan nilai *basin relief* yang cukup tinggi (Gambar 2). *Basin relief* adalah nilai selisih antara titik elevasi tertinggi dengan titik elevasi terendah pada suatu cekungan daerah aliran sungai (Schumm, 1956). *Basin relief* merupakan salah satu faktor yang akurat dalam mengetahui karakteristik suatu DAS, meliputi keadaan denudasional, perkembangan jaringan sungai, dan kondisi limpahan banjir air sungai (Bhat dkk., 2019).

Tingginya gradien perubahan ketinggian pada lereng cekungan serta kemiringan lereng yang cukup terjal pada daerah aliran berpengaruh pada tingkat akumulasi air permukaan yang cepat pada suatu daerah aliran sungai seperti yang terdapat pada daerah penelitian (Nugraha dan Cahyadi, 2012).

Profil penampang topografi daerah aliran sungai tersebut dibuat berdasarkan garis sayatan pada peta *basin relief* (Gambar 2). Pada beberapa titik, dapat terlihat bahwa gradien perubahan elevasi titik tertinggi ke titik terendah pada profil topografi daerah aliran sungai Air Manna terhitung cukup tinggi (Gambar 3),



Gambar 1 Peta *stream order* daerah penelitian

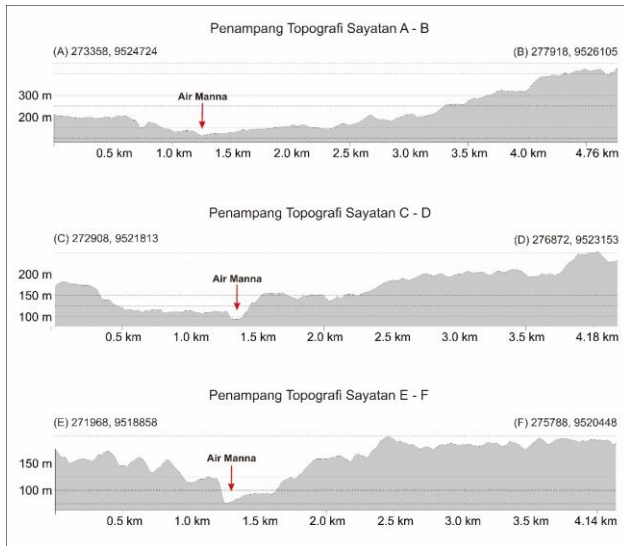


Gambar 2 Peta *basin relief* daerah penelitian

4.2 Parameter Morfometri

Parameter morfometri dapat digunakan untuk memahami karakteristik fisik suatu daerah aliran sungai, kondisi hidrologi, dan karakteristik erosi suatu daerah aliran sungai (Prabowo, 2022). Kajian morfometri suatu DAS mencakup variabel morfologi yang dibentuk oleh jaringan drainase. Parameter morfometri memiliki kaitan erat dalam penentuan

kerentanan banjir pada suatu daerah aliran sungai. Parameter-parameter morfometri yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah *drainage density* (Dd), *bifurcation ratio* (Rb), *length of overland flow* (LoF), *main channel slope* (Sc), dan *ruggedness number* (Rn) (Tabel 1). Kelima parameter tersebut digunakan karena memiliki keterkaitan dengan faktor-faktor yang mempengaruhi potensi terbentuknya banjir pada suatu daerah aliran sungai.



Gambar 3 Penampang topografi daerah aliran sungai

Drainage density (Dd) adalah parameter morfometri areal yang bervariasi berdasarkan total panjang jaringan sungai per satuan luas (Horton, 1932). *Drainage density* mencerminkan efektivitas perbandingan antara aliran permukaan dan tingkat infiltrasi di suatu daerah. Oleh karena itu, Dd memiliki korelasi positif terhadap tingkatan limpasan air pada daerah penelitian. Selain itu, nilai Dd dapat menjadi indikasi resistensi batuan. Nilai Dd rendah, alur sungai melewati batuan dengan resistensi keras, maka material sedimen yang terikut aliran lebih kecil jika dibandingkan pada alur sungai yang melewati batuan dengan resistensi lunak. Nilai Dd yang sangat tinggi, berarti alur sungainya melewati batuan yang tidak meloloskan air (*impermeable*). Keadaan ini menunjukkan bahwa air hujan yang menjadi *direct runoff* juga makin besar.

Bifurcation ratio (Rb) merupakan parameter morfometri linier yang bervariasi sesuai dengan jumlah orde aliran sungai dan rasio percabangannya (Schumm, 1956). Dalam menentukan potensi banjir, suatu daerah aliran sungai yang berbentuk melingkar dengan *bifurcation ratio* rendah dan panjang jalur aliran air yang hampir seragam akan tinggi tingkatan kemungkinan banjirnya, sedangkan DAS berbentuk memanjang dengan *bifurcation ratio* tinggi dan panjang jalur aliran yang sangat tidak seragam akan memiliki grafik kerentanan yang lebih rendah tetapi

aliran permukaannya lebih berkelanjutan (Bhat dkk., 2019). Oleh karena itu nilai *bifurcation ratio* (Rb) yang rendah dinilai memiliki potensi timbulnya banjir yang lebih tinggi.

Length of overland flow (LoF) merupakan jumlah kumulatif air hujan yang mengalir di atas permukaan Daerah Aliran Sungai (Horton, 1945). Semakin rendah nilai LoF, berarti panjang aliran air yang dilalui semakin pendek sehingga waktu tempuh agar keseluruhan air mencapai sungai juga singkat. Kondisi ini menyebabkan daerah tersebut rentan terhadap tingginya aliran permukaan (Bhat dkk., 2019). Banyaknya aliran permukaan yang terjadi akan menyebabkan banjir. Semakin rendah nilai LoF, maka semakin tinggi resiko banjir daerah tersebut.

Main channel slope (Sc) merupakan salah satu parameter morfometri variatif yang bergantung pada perbedaan relief aliran utama sungai terhadap total panjangnya, dengan tingginya perbedaan relief dan tingginya kemiringan lereng suatu aliran maka akan terjadi penurunan waktu berkumpulnya aliran permukaan sehingga potensi banjir akan semakin meningkat (Ozdemir dan Akbas, 2023). Tingginya gradien perubahan ketinggian pada lereng cekungan serta kemiringan lereng yang cukup terjal pada daerah aliran berpengaruh pada tingkat akumulasi air permukaan yang cepat pada suatu daerah aliran sungai.

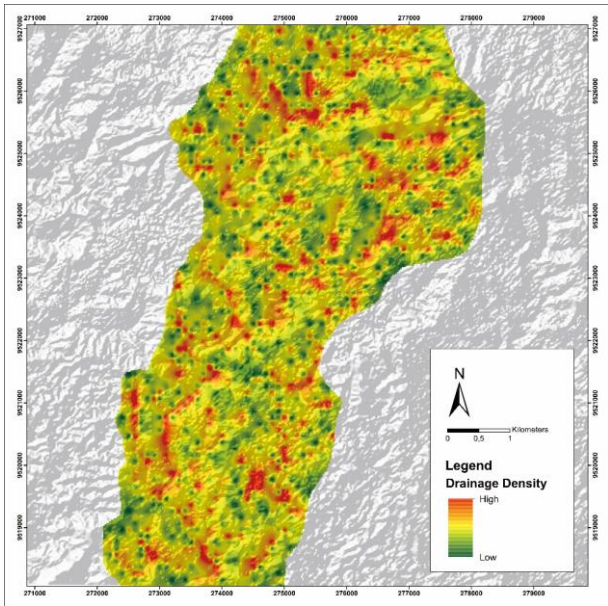
Ruggedness number (Rn) adalah parameter morfometri relief yang bervariasi sesuai dengan perkalian antara *basin relief* dan *drainage density* suatu DAS. Nilai Rn yang tinggi umumnya berhubungan dengan tingkat pelepasan air atau *discharge* yang tinggi pada suatu DAS. Apabila nilai Rn tinggi pada suatu daerah aliran sungai dengan lereng-lereng berbentuk memanjang yang curam, maka hal tersebut akan mendukung erosi, aliran permukaan yang cepat dan menimbulkan tingginya potensi banjir.

4.3 Parameter Morfometri dan Potensi Banjir

Berdasarkan hasil analisis parameter morfometri, dilakukan analisis penentuan tingkat kerentanan banjir pada daerah penelitian. Analisis tersebut didasarkan pada peta-peta yang menyajikan tingkatan nilai suatu parameter morfometri (Manjare dkk., 2018).

Parameter morfometri pertama adalah *drainage density* (Dd). *Drainage density* menunjukkan hubungan berupa perbandingan antara aliran permukaan dengan tingkat infiltrasi pada suatu daerah aliran sungai. Oleh karena itu, nilai Dd memiliki korelasi positif terhadap tingkatan limpasan air pada daerah penelitian (Dwangga dan Farida, 2022). Seperti yang dapat dilihat dari peta *drainage density*, tingkat nilai Dd pada subDAS air Manna dominan berada pada tingkatan menengah (Gambar

4) hingga tinggi, yang dapat diartikan bahwa daerah aliran sungai tersebut memiliki tingkat kerentanan banjir yang cukup tinggi apabila terjadi peningkatan debit aliran sungai saat terjadi hujan dengan intensitas tinggi.

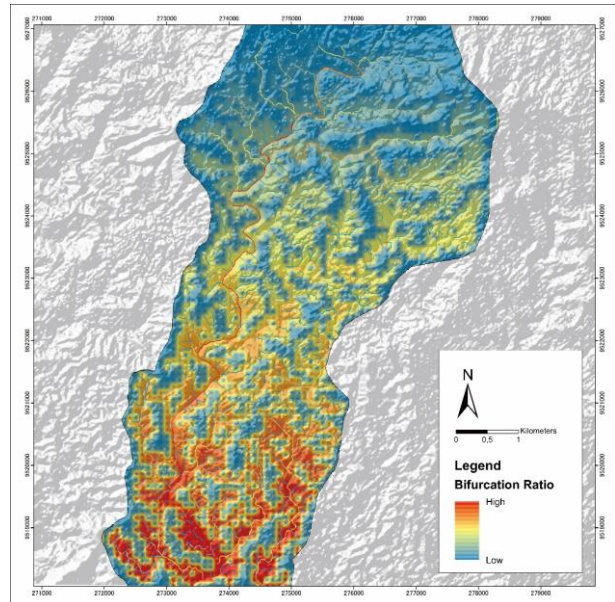


Gambar 4 Peta *drainage density* (Dd) daerah penelitian

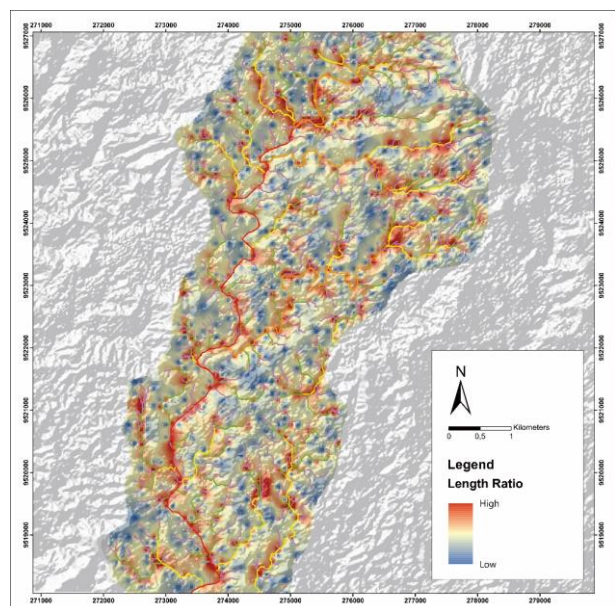
Parameter morfometri selanjutnya yang memiliki kaitan erat terhadap tingkat potensi banjir adalah *bifurcation ratio*. Dalam menentukan tingkatan potensi banjir menggunakan nilai *bifurcation ratio* suatu DAS, haruslah dianalisis terlebih dahulu bentuk cekungan dan panjang alirannya (Bhat dkk., 2019). Jika dilihat pada Gambar 5, maka daerah yang memiliki nilai *bifurcation ratio* rendah adalah daerah bagian utara subDAS Air Manna, pada daerah ini juga daerah aliran sungainya berbentuk melingkar atau tidak memanjang serta panjang jalur alirannya hampir seragam. Daerah utara subDAS merupakan daerah hulu aliran sungai utama yang mengalir di sepanjang subDAS. Apabila pada daerah utara memiliki aliran limpasan permukaan yang tinggi, maka dapat diinterpretasikan bahwa daerah aliran sungai Air Manna memiliki potensi limpasan air banjir yang cukup tinggi pada sungai utamanya.

Semakin rendah nilai *length of overland flow*, berarti panjang aliran air yang dilalui semakin pendek sehingga waktu tempuh agar keseluruhan air mencapai sungai juga singkat. Kondisi ini menyebabkan daerah tersebut rentan terhadap tingginya aliran permukaan (Bhat dkk., 2019). Apabila nilai LoF suatu daerah rendah maka panjang aliran yang dilalui air semakin pendek, sehingga waktu tempuh agar keseluruhan aliran air mencapai sungai utama relatif lebih singkat. Kondisi ini menyebabkan daerah tersebut rentan terhadap

tingginya aliran permukaan. Banyaknya aliran permukaan yang terjadi akan menyebabkan banjir. Dari peta *length of overland flow* (Gambar 6) daerah penelitian, dapat dilihat bahwa hampir seluruh bagian subDAS Air Manna ini memiliki tingkat LoF tergolong rendah, sehingga potensi bahaya banjir tergolong tinggi.



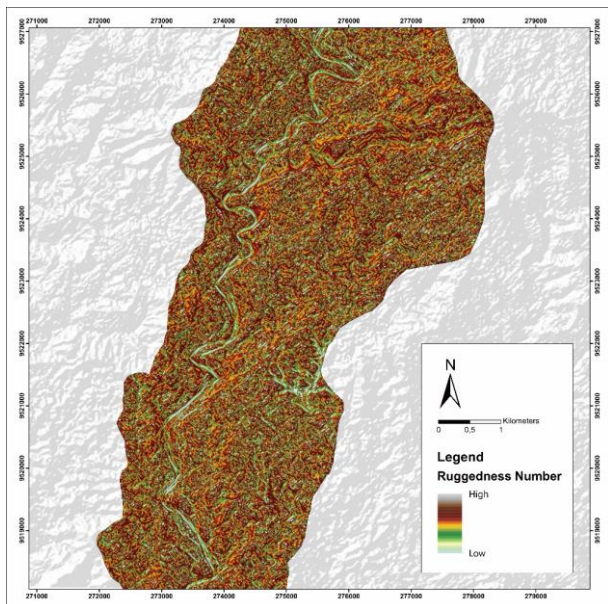
Gambar 5 Peta *bifurcation ratio* daerah penelitian



Gambar 6 Peta *length of overland flow* daerah penelitian

Parameter morfometri selanjutnya adalah *ruggedness number* (Rn). Nilai Rn yang tinggi umumnya berhubungan dengan tingkat pelepasan (*discharge*) air yang tinggi pada suatu DAS (Ozdemir dan Akbas, 2023). Berdasarkan analisis nilai *ruggedness number* (Rn) DAS Air Manna, subDAS Air Manna dapat digolongkan memiliki tingkatan potensi banjir yang tergolong tinggi, karena hampir pada

seluruh bagian subDAS memiliki tingkatan *ruggedness number* yang tinggi (**Gambar 7**). Apabila nilai Rn tinggi pada suatu daerah aliran sungai dengan lereng-lereng berbentuk memanjang yang curam seperti pada daerah di sekitar sungai-sungai utama pada DAS Air Manna, maka hal tersebut akan berpotensi menghasilkan aliran permukaan yang cepat dan menimbulkan tingginya potensi banjir pada daerah aliran sungai Air Manna.



Gambar 7 Peta *ruggedness number* daerah penelitian

4.4 Normalised Morphometric Flood Index (NMFI) terhadap Potensi Banjir subDAS Air Manna

Normalised morphometric flood Index (NMFI) merupakan metode yang dikembangkan untuk menganalisis kapasitas kerawanan banjir dari subDAS berdasarkan parameter morfometri yang digunakan dengan cara menyederhanakan nilai bobot parameter morfometri menjadi rentang 0 – 1 (**Ozdemir dan Akbas, 2023**). Penyederhanaan nilai parameter morfometri menggunakan *NMFI* bertujuan untuk mengurangi tingkat kesalahan dan meningkatkan ketelitian nilai dalam menganalisis potensi banjir suatu daerah aliran sungai.

Pembuatan peta potensi banjir daerah penelitian menggunakan metode *overlay* dari data hasil analisis tiap parameter morfometri yang digunakan (**Tabel 1**), sebelum dilakukan pembuatan *overlay* peta, nilai-nilai hasil analisis parameter morfometri tersebut terlebih dahulu dinormalisasi menggunakan rumus NMFI yang dapat dilihat pada **Pers. 1**.

Overlay peta potensi banjir subDAS Air Manna ini merupakan hasil pengolahan nilai-nilai NMFI yang dikonversi menjadi poligon. Poligon merupakan salah satu jenis data vektor yang digunakan untuk

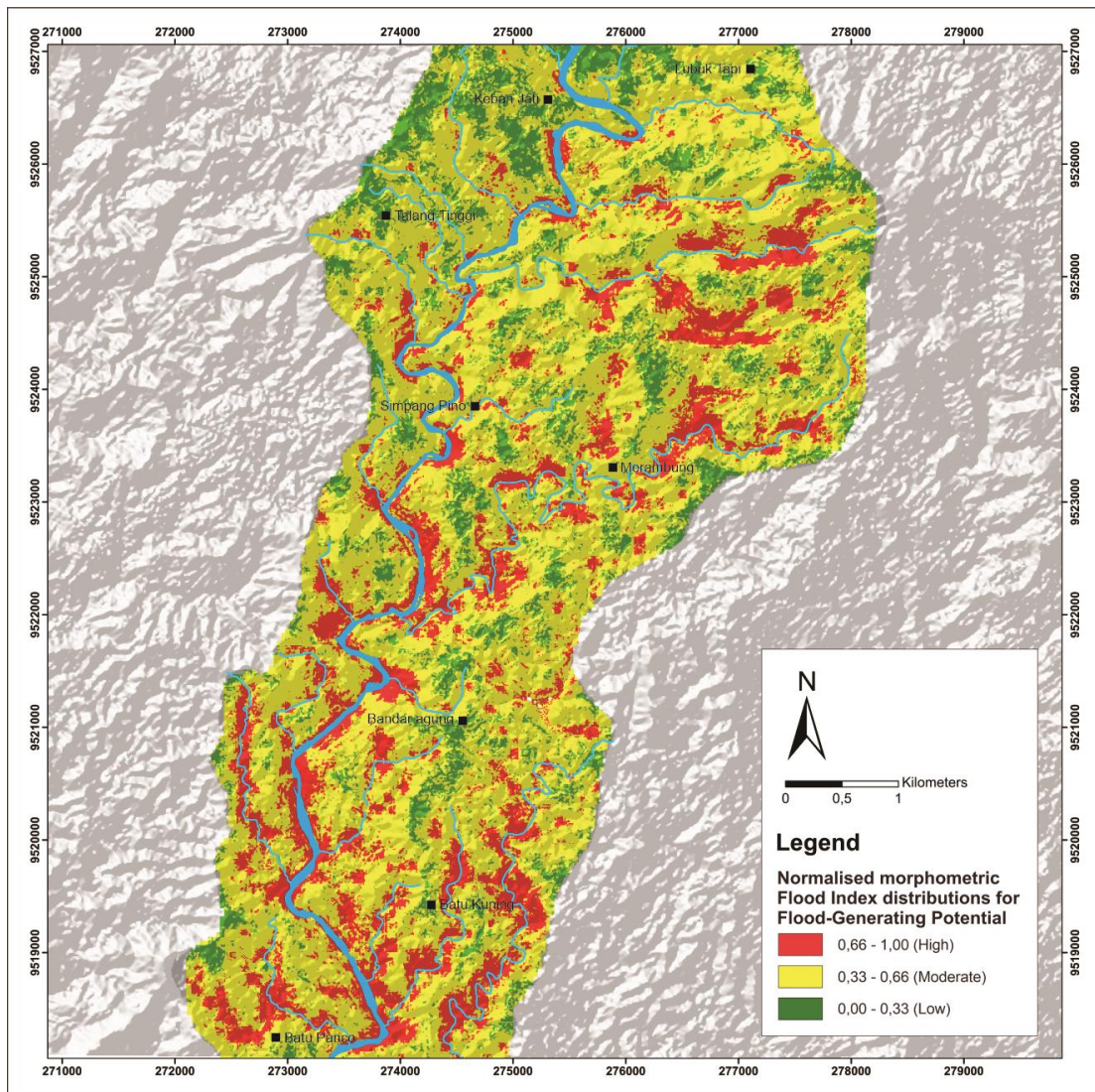
menggambarkan suatu luasan area (**Rochman dkk., 2022**). Area poligon dapat digambarkan sebagai suatu objek tertutup yang memiliki luasan. Umumnya peta tematik dalam GIS selalu menggunakan bentuk geometri poligon, satu objek poligon juga diwakili oleh satu baris pada tabel atribut. Poligon ini untuk menggambarkan kawasan subDAS Air Manna sebagai objek pada peta yang memiliki luasan.

Setelah setiap data-data hasil pengolahan NMFI dikonversi menjadi poligon, kemudian poligon-poligon tersebut dikelompokkan menjadi 3 kelas utama yaitu rendah, menengah, dan tinggi sesuai dengan nilai indeks NMFI yang dimilikinya. Ketiga kelas tingkatan potensi banjir tersebut tersebar secara hampir merata pada daerah penelitian seperti yang dapat dilihat pada peta potensi banjir subDAS Air Manna (**Gambar 8**).

Beberapa daerah pada subDAS Air Manna tergolong memiliki potensi aliran banjir yang cukup tinggi. Daerah-daerah tersebut merupakan daerah dengan nilai *drainage density* tinggi, *main channel slope* pada aliran sungai cukup tinggi, *length of overland flow* rendah, *ruggedness number* yang tinggi pada lereng-lereng berbentuk memanjang, serta nilai *bifurcation ratio* rendah pada daerah utara subDAS juga berpengaruh terhadap tingginya aliran air limpasan pada subDAS Air Manna. Hasil analisis parameter morfometri mengindikasikan bahwa daerah-daerah tersebut memiliki potensi aliran banjir yang cukup tinggi akibat aliran limpasan air cukup tinggi.

Hasil analisis parameter morfometri mengindikasikan SubDAS Air Manna memiliki karakteristik morfologi berupa perbukitan rapat, dengan tingkat infiltrasi dan permeabilitas cukup rendah berdasarkan hubungan koefisien permeabilitas tanah terhadap laju infiltrasi. Koefisien permeabilitas tanah merupakan kapasitas tanah untuk meloloskan air. Tanah dengan koefisien permeabilitas tinggi dapat meningkatkan laju infiltrasi serta mengurangi laju air larian. Pada daerah penelitian jenis tanah didominasi pasir halus-pasir sedang dengan koefisien permeabilitas 0,01 – 1,00 cm/detik, nilai koefisien permeabilitas tersebut termasuk ke dalam kelas laju infiltrasi sangat lambat hingga agak lambat (**Anwar dan Amri, 2024**). Laju infiltrasi yang lambat menyebabkan tingginya limpasan air permukaan pada subDAS Air Manna, sehingga menimbulkan potensi banjir yang tergolong tinggi.

Penentuan kelas potensi banjir daerah penelitian merupakan hasil pengelompokan indeks-indeks morfometri yang telah dinormalisasi menggunakan persamaan NMFI. Pembagian kelompok tingkatan potensi banjir dibagi menjadi 3 kelas, yaitu rendah, menengah, dan tinggi (**Tabel 2**).



Gambar 8 Peta Potensi Banjir subDAS Air Manna

Tabel 2 Pembagian kelas potensi banjir subDAS Air Manna berdasarkan nilai NMFI daerah penelitian

Nilai NMFI	Jumlah Poligon	Kelas Bahaya	Warna
0,00 – 0,33	30.686	Rendah	Hijau
0,33 – 0,66	410.940	Menengah	Kuning
0,66 – 1,00	71.454	Tinggi	Merah

Berdasarkan hasil analisis jumlah indeks NMFI, didapat hasil bahwa kelas bahaya menengah dan tinggi pada lokasi penelitian lebih mendominasi dibandingkan dengan tingkatkan rendah, yang berarti daerah-daerah yang ada pada subDAS Air Manna tersebut rata-rata memiliki potensi bahaya banjir yang tergolong menengah-tinggi yakni dengan total 94,01% (Tabel 3). Dalam penyajian hasil pengolahan data, dilakukan pembuatan peta *overlay* pada piranti lunak ArcGis 10.8 untuk mengubah nilai indeks NMFI

menjadi poligon-poligon yang akan menggambarkan kelas bahaya banjir pada daerah penelitian.

Tabel 3 Persentase nilai NMFI pada daerah penelitian

NMFI	Persentase	Kelas Bahaya
0,00 – 0,33	5,98%	Rendah
0,33 – 0,66	80,09%	Menengah
0,66 – 1,00	13,92%	Tinggi

Setelah dilakukan analisis peta potensi banjir SubDAS Air Manna, dapat disimpulkan bahwa daerah yang memiliki indeks potensi banjir yang tergolong tinggi adalah beberapa daerah yang berada di sepanjang aliran Sungai Air Manna, terutama daerah di sepanjang aliran Sungai Air Manna bagian hilir yang ditunjukkan oleh warna merah pada Gambar 8. Daerah yang memiliki titik dengan potensi banjir tinggi antara

lain adalah Desa Simpang Pino, Merambung, Bandar Agung, Batu Kuning, dan Batu Panco.

Karena tingginya indeks potensi terciptanya aliran banjir pada daerah-daerah tersebut, masyarakat diharapkan agar lebih memperhatikan tingkatan debit air aliran Sungai Air Manna terutama saat musim penghujan, karena debit air sungai dapat mengalami kenaikan akibat tingginya curah hujan pada saat musim penghujan. pemerintah setempat juga diharapkan dapat lebih memfasilitasi informasi mengenai kenaikan debit air aliran sungai serta diharapkan agar lebih aktif dalam memberikan pemahaman kepada masyarakat mengenai bahaya mendirikan pemukiman ataupun bahaya melakukan aktivitas sehari-hari seperti kegiatan pertanian dan perkebunan di daerah sepanjang aliran sungai (**Gambar 9**), terutama pada daerah-daerah yang tingkat potensi banjirnya tergolong tinggi.



Gambar 9 Perkebunan Warga di Tepi Sungai Air Manna
48 M 273092 9520809

5 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis parameter-parameter morfometri yang telah dinormalisasi menggunakan metode *Normalised Morphometric Flood Index* (NMFI), dapat disimpulkan bahwa daerah penelitian memiliki indeks potensi banjir dominan pada tingkat menengah hingga tinggi dengan total persentase kelas bahaya sedang-tinggi sebesar 94,01%. Daerah-daerah dengan tingkat kerawanan banjir rendah digambarkan dengan warna hijau, daerah dengan potensi banjir tingkat kerawanan menengah digambarkan dengan warna kuning, dan daerah dengan tingkat potensi banjir tinggi disimbolkan dengan warna merah pada **Gambar 8**.

Daerah-daerah dengan tingkat kerentanan bahaya banjir tinggi tersebut merupakan daerah dengan nilai *drainage density* tinggi, *main channel slope* pada aliran sungai cukup tinggi, *Length of overland flow* rendah, *ruggedness number* yang tinggi pada lereng-lereng berbentuk memanjang, serta nilai *bifurcation ratio* rendah pada daerah utara subDAS juga mempengaruhi terhadap keadaan subDAS Air Manna yang memiliki potensi aliran limpasan air cukup tinggi karena daerah utara subDAS merupakan daerah sumber aliran yang bermuara menuju sungai-sungai utama yang mengalir di sepanjang subDAS.

Referensi

- Amri, K., Ramadhan, M. H. & Fauzi, M. 2021. Analisis Debit Puncak Pada Das Air Manna Bagian Hilir Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (Hss) Snyder Dan Hec-Ras 5.0.7. *Jurnal Teknik Sipil Cendekia (Jtsc)*, 2(2), pp. 35-50. <https://doi.org/10.51988/jtsc.v2i2.32>
- Anwar, S. & Amri, M. A. 2024. Hubungan Laju Infiltrasi terhadap Permeabilitas Tanah dan Muka Airtanah di Daerah Desa Tajur Kecamatan Citeureup. *Journal of Geoscience Engineering & Energy*, 5(1), pp. 50-60. <https://doi.org/10.25105/jogee.v5i1.18939>
- Ashmawy, M. H., El-Wahed, M. A. A., Kamh, S. Z. & Shebl, A. 2018. Comparative study of the drainage basin morphometry extracted from topographic maps and SRTM DEMs: an example from Ghadir watershed, Eastern Desert, Egypt. *Delta Journal of Science*, 39(2), pp. 52-64. <https://doi.org/10.21608/djs.2018.138907>
- 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), pp. 54. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8046-1>
- Bloschl, G., Kiss, A., Viglione, A., Barriendos, M., Bohm, O., Brazdil, R., Coeur, D., Demaree, G., Llasat, M. C., Macdonald, N., Retso, D., Roald, L., Schmockler-Fackel, P., Amorim, I., Belinova, M., Benito, G., Bertolin, C., Camuffo, D., Cornel, D., Doktor, R., Elleder, L., Enzi, S., Garcia, J. C., Glaser, R., Hall, J., Haslinger, K., Hofstatter, M., Komma, J., Limanowka, D., Lun, D., Panin, A., Parajka, J., Petric, H., Rodrigo, F. S., Rohr, C., Schonbein, J., Schulte, L., Silva, L. P., Toonen, W. H. J., Valent, P., Waser, J. & Wetter, O. 2020. Current European flood-rich period exceptional compared with past 500 years. *Nature*, 583(7817), pp. 560-566. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2478-3>

- BNPB. 2019. Infografis Banjir Longsor Bengkulu Tahun 2019 [Online]. Badan Nasional Penanggulangan Bencana. URL: <https://bnpb.go.id/infografis/infografis-bencana-banjir-dan-longsor-bengkulu> [diakses pada Juni- 2023].
- BNPB. 2020. Bengkulu Kembali Alami Bencana Hidrometeorologi, Waspada Dampaknya [Online]. Badan Nasional Penanggulangan Bencana. URL: <https://bnpb.go.id/index.php/berita/> [diakses pada Januari- 2024].
- Dwangga, M. & Farida, A. 2022. Potensi Banjir Bandang Menggunakan Analisis Morfometri di Daerah Aliran Sungai Klagison Kota Sorong. *ECOTROPIC : Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)*, 16(1), pp. 71-80. <https://doi.org/10.24843/EJES.2022.v16.i01.p07>
- Eryani, I. G. A. P. 2021. Aplikasi Sistem Informasi Geografis untuk Pengelolaan DAS Terpadu. Surabaya, Scopindo Media Pustaka.
- Handayani, D., Soelistijadi, R. & Sunardi 2005. Pemanfaatan Analisis Spasial untuk Pengolahan Data Spasial Sistem Informasi Geografi. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*, 10(2), pp. 108-115.
- Heryanto, R. 2007. Karakteristik batubara di Cekungan Bengkulu. *Indonesian Journal on Geoscience*, 2(4), pp. 247-259. <https://doi.org/10.17014/ijog.vol2no4.20075>
- Horton, R. E. 1932. Drainage-basin characteristics. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 13(1), pp. 350-361. <https://doi.org/10.1029/TR013i001p00350>
- Horton, R. E. 1945. Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins; Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology. *Geological Society of America Bulletin*, 56(3). [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)
- Manjare, B. S., Khan, S., Jawadand, S. A. & Padhye, M. A. 2018. Watershed Prioritization of Wardha River Basin, Maharashtra, India Using Morphometric Parameters: A Remote Sensing and GIS-Based Approach. *In: Singh, V. P., Yadav, S. & Yadava, R. N., eds. Hydrologic Modeling*, Singapore. Springer Singapore. pp. 353-366.
- Munoz, S. E., Giosan, L., Therrell, M. D., Remo, J. W. F., Shen, Z., Sullivan, R. M., Wiman, C., O'Donnell, M. & Donnelly, J. P. 2018. Climatic control of Mississippi River flood hazard amplified by river engineering. *Nature*, 556(7699), pp. 95-98. <https://doi.org/10.1038/nature26145>
- Nugraha, H. & Cahyadi, A. 2012. Analisis morfometri menggunakan sistem informasi geografis untuk penentuan SubDas prioritas (Studi kasus mitigasi bencana banjir bandang di Das Garang Jawa Tengah). Seminar Nasional Informatika Yogyakarta. UPN Veteran Yogyakarta. pp. E22-E28.
- 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, pp. 129926. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129926>
- Prabowo, A. 2022. Identifikasi Morfometri DAS Serang dari Citra SRTM. *Kurvatek*, 7(1), pp. 25-30. <https://doi.org/10.33579/krvtk.v7i1.2762>
- Prahasta, E. 2002. Sistem Informasi Geografis: Konsep-Konsep Dasar Informasi Geografis. Informatika Bandung.
- Rochman, H. N., Andawayanti, U. & Fidari, J. S. 2022. Aplikasi Sistem Informasi Geografis Untuk Evaluasi Sistem Jaringan Drainase Di Sub DAS Kota Malang. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 2(2), pp. 117-127. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2022.002.02.10>
- Schumm, S. A. 1956. Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological Society of America Bulletin*, 67(5), pp. 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)
- Strahler, A. N. 1964. Quantitative geomorphology of drainage basin and channel networks. *In: Chow, V. T. (ed.) Handbook of applied hydrology*. McGraw-Hill. pp. 39-76.
- Sutisna, A. S. & Putro, H. 2019. Evaluasi Tingkat Akurasi Digital Elevation Model (DEM) SRTM dan ASTER GDEM dalam Pemodelan Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciliwung. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 24(2), pp. 105-112. <https://doi.org/10.14710/mkts.v24i2.17541>
- Tanoue, M., Taguchi, R., Alifu, H. & Hirabayashi, Y. 2021. Residual flood damage under intensive adaptation. *Nature Climate Change*, 11(10), pp. 823-826. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01158-8>
- Wibowo, K. M., Kanedi, I. & Jumadi, J. 2015. Sistem Informasi Geografis (SIG) Menentukan Lokasi Pertambangan Batubara di Provinsi Bengkulu Berbasis Website. *Jurnal Media Infotama*, 11(1), pp. 51-60. <https://doi.org/10.37676/jmi.v11i1.252>