

Analisis Tingkat Kerawanan Banjir Bandang Menggunakan Metode *Flash Flood Potential Index* (Studi Kasus: Sub DAS Cipeles, DAS Cimanuk)

*Analysis of the Flash Flood Vulnerability Level Using the Flash Flood Potential Index Method
(Case Study: Cipeles Sub-watershed, Cimanuk Watershed)*

Dede Suryadi^{1*}, Chay Asdak², Dwi Rustam Kendarto²

¹Mahasiswa Sarjana Teknologi Pertanian, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran, Sumedang 45363, Indonesia

²Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran, Sumedang 45363, Indonesia

*E-mail: suryadidede85@gmail.com

Diterima: 25 Januari 2024; Disetujui: 23 Desember 2024

ABSTRAK

Sub DAS Cipeles merupakan wilayah yang secara rutin mengalami kejadian banjir bandang setiap tahun pada musim penghujan. Dampak-dampak yang ditimbulkan dari banjir bandang tersebut mencakup korban jiwa, kerusakan pada lahan pertanian, fasilitas umum, dan permukiman penduduk. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis mendalam dan pemetaan tingkat kerawanan terhadap banjir bandang di Sub DAS Cipeles, serta untuk menjelaskan dan menggambarkan kondisi wilayah ini berdasarkan faktor-faktor yang berperan dalam terjadinya banjir bandang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode FFPI (Flash Flood Potential Index), sebuah metode analisis tingkat kerawanan terhadap banjir bandang yang menggunakan lima faktor. Faktor-faktor yang digunakan mencakup kemiringan lereng, nilai curve number (CN), indeks curah hujan sebelumnya (API), potensi pergerakan tanah, dan jenis litologi batuan. Setiap parameter diberi bobot dan skor menggunakan metode penilaian (weighting and scoring method), kemudian ditumpang tindihkan (overlay) untuk menghasilkan nilai FFPI. Hasil utama dari penelitian ini adalah peta kerawanan banjir bandang yang merinci tingkat kerawanan di berbagai wilayah di Sub DAS Cipeles. Peta ini dapat digunakan sebagai alat mitigasi bencana yang efektif untuk mengurangi dampak yang mungkin timbul akibat banjir bandang.

Kata kunci: Banjir Bandang; DAS Cimanuk; FFPI; Sub DAS Cipeles

ABSTRACT

The Cipeles Sub-Watershed is an area that consistently experiences flash floods every year during the rainy season. The impacts of these flash floods encompass loss of life, damage to agricultural land, public infrastructure, and residential areas. This research aims to conduct a comprehensive analysis and mapping of the vulnerability to flash floods in the Cipeles Sub-Watershed. Furthermore, it seeks to elucidate and describe the conditions of this region based on factors contributing to the occurrence of flash floods. The methodology employed in this study is the FFPI (Flash Flood Potential Index) method, which is an analysis of flash flood vulnerability using five key factors. These factors include slope gradient, curve number (CN) values, antecedent precipitation index (API), potential soil movement, and rock lithology type. Each parameter is assigned weights and scores using a weighting and scoring method, and then overlaid to generate the FFPI value. The primary outcome of this research is a map illustrating the flash flood vulnerability levels in various areas within the Cipeles Sub-Watershed. This map can serve as an effective disaster mitigation tool to minimize the potential impacts of flash floods.

Keywords: Flash Floods; Cimanuk Watershed; FFPI; Cipeles Sub-Watershed

PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu kesatuan sungai dan anak-anak sungainya yang memiliki fungsi untuk menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari hujan dan sumber air lainnya dari wilayah hulu ke wilayah hilir (Rahayu, Widodo, Noordwijk, Suryadi, & Verbist, 2009). Suatu DAS dibatasi oleh punggung bukit yang menerima dan mengumpulkan air hujan. DAS memegang peranan yang sangat penting dalam siklus hidrologi. DAS yang terawat akan meminimalisir kerusakan alam karena lingkungannya yang terjaga dan begitupun sebaliknya DAS yang tidak terawat akan mengganggu siklus hidrologi dan dapat menyebabkan terjadinya bencana (Atmajayani, 2022). Bencana banjir bandang merupakan salah satu bencana hidrometeorologi yang berpotensi terjadi karena

terganggunya siklus hidrologi pada suatu DAS. Siklus Hidrologi sendiri merupakan sebuah pergerakan air dari laut menuju atmosfer kemudian menuju permukaan tanah dan kembali lagi ke laut yang tidak akan pernah berhenti (Asdak, 2022)

Secara umum, banjir bandang terjadi ketika laju presipitasi melebihi laju infiltrasi tanah (Shehata & Mizunaga, 2018). Peristiwa Banjir bandang lebih dari 85% disebabkan karena intensitas hujan yang tinggi dengan durasi yang kurang dari 34 jam yang jatuh pada DAS dengan daerah tangkapan air yang kecil dan didorong oleh kondisi topografi yang curam sehingga mempercepat aliran (Kuksina & Golosov, 2020). Hasil kajian oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) pada tahun 2015 menunjukkan bahwa risiko bencana banjir bandang di Indonesia sangat tinggi dengan jumlah jiwa yang terpapar

risiko melebihi 9 juta jiwa dan nilai aset yang terpapar risiko sebesar Rp. 44 Triliun. Provinsi Jawa Barat merupakan provinsi dengan risiko tertinggi dengan hampir 2 juta jiwa yang terpapar risiko dan nilai aset fisik yang mencapai Rp. 2 Triliun.

Penyebab lain terjadinya banjir bandang adalah karena tersumbatnya aliran sungai oleh sedimentasi dan material longsor lereng di sepanjang sungai. Longsor lereng terjadi disebabkan karena keadaan geologi batuan/tanah pembentuk lereng, pepohonan, kemiringan lereng, tata guna lahan dan struktur geologi daerah tersebut. Material longsor tersebut akan menciptakan sebuah bendungan alami yang akan menahan air hujan. Volume air yang terus bertambah akan menyebabkan bendungan alami yang terbentuk tidak akan mampu menahan jumlah air yang terakumulasi sehingga air akan tumpah dengan volume yang sangat besar dan membawa material-material longsor lereng (Amri, et al., 2016). Bencana banjir bandang juga dapat terjadi karena terdegradasinya vegetasi pada daerah resapan air DAS sehingga air hujan akan langsung mengalir tanpa adanya hambatan dari vegetasi (Ismiyah, Nawayanto, & Sumardianti, 2013).

Sub DAS Cipeles merupakan bagian dari DAS Cimanuk yang memiliki potensi mengalami bencana banjir bandang. Potensi terjadinya banjir bandang pada daerah ini adalah pada musim penghujan dengan intensitas hujan yang tinggi. Data dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Sumedang menunjukkan bahwa dalam empat tahun terakhir banjir bandang merupakan bencana tahunan yang terjadi di Sub DAS Cipeles. Peristiwa-peristiwa banjir bandang tersebut diantaranya terjadi pada tanggal 26 Januari 2020 di Sungai Cipicung, tanggal 25 Maret 2021 dan 5 Mei 2022 di satu areal Sungai yang meliputi Sungai Cihonje, Sungai Citengah, Sungai Cibingbin, dan Sungai Citundun, tanggal 4 Mei 2023 di Sungai Citundun dan Sungai Cileuleuy.

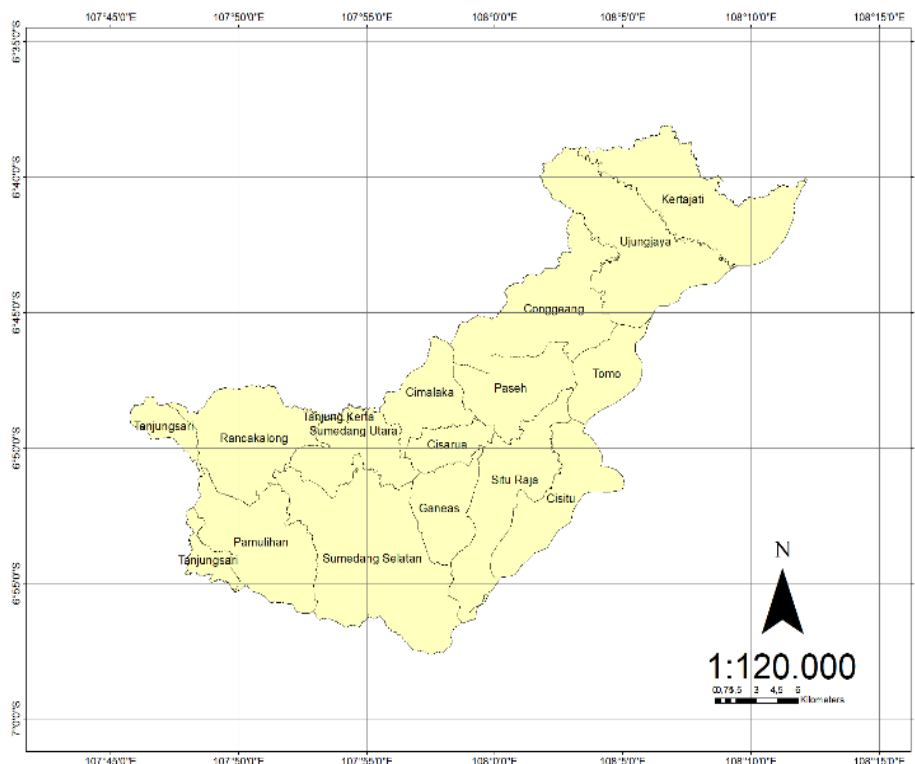
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan memetakan tingkat kerawanan banjir bandang di Sub DAS Cipeles dengan menggunakan metode *Flash Flood Potential*

Index (FFPI) serta menjelaskan dan menggambarkan kondisi Sub DAS Cipeles berdasarkan faktor-faktor yang memiliki peranan terhadap terjadinya banjir bandang. Pemetaan potensi bencana merupakan salah satu Upaya mitigasi yang dilaksanakan untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan dari bencana yang terjadi (Bui, Tsangaratos, Ngo, Pham, & Pham, 2019).

METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan di Sub DAS Cipeles yang merupakan bagian dari DAS Cimanuk (Gambar 1). Sub DAS Cipeles secara administrasi berada di dua wilayah Kabupaten, yaitu Kabupaten Sumedang dan Kabupaten Majalengka. Penelitian ini didasarkan pada data sekunder, diantaranya adalah:

- Citra Landsat 8 OLI bersumber dari website *United States Geological Survey* (USGS);
- Data curah hujan *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation With Station Data* (CHIRPS) resolusi 0,05° dari Climate Hazards Center UC Santa Barbara;
- Data kejadian banjir bandang di Sub DAS Cipeles didapatkan dari Badan Penanggulangan Bencana (BPBD) Kabupaten Sumedang dan Survei di wilayah Sub DAS Cipeles;
- Peta *Digital Elevation Model* (DEM) resolusi 0.27-arcsecond tersedia di website Badan Informasi Geospasial;
- Peta Jenis Litologi Batuan Sub DAS Cipeles skala 1:100.000 tersedia di website Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia;
- Peta Raster Kelompok Hidrologi Tanah (HSG) resolusi 250 m atau skala 1:500.000 didapatkan dari Oak Ridge National Laboratory (ORNL); dan
- Peta Rawan Pergerakan Tanah Sub DAS Cipeles 1:100.000 tersedia di website Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.



Gambar 1. Peta Sub DAS Cipeles

Tabel 1. Nilai Index dan Pembobotan Faktor Yang Berperan Terhadap Kejadian Banjir Bandang

Faktor	Bobot	Kelas	Nilai FFPI
Kelerengan	16	0-8%	1
		8-15%	2
		15-25%	3
		25-40%	4
		>40%	5
<i>Antecedent Precipitation Index</i> (API)	34,1	0-100 mm	1
		100-150 mm	3
		>150 mm	5
<i>Curve Number</i>	34,9	0-30	1
		30-60	3
		60-100	5
Pergerakan Tanah	8,4	Rendah	1
		Menengah	3
		tinggi	5
Jenis Litologi Batuan	6,5	Beku	1
		Metamorf	3
		Sedimen	5

Tabel 2. Luasan Wilayah Sub DAS Cipeles Berdasarkan Kecamatan

Kecamatan	Luas Wilayah Sub DAS (ha)	Persentase
Sumedang Selatan	9.677	14,98%
Ujungjaya	6.947	10,76%
Kertajati	6.263	9,70%
Conggeang	5.847	9,05%
Rancakalong	4.943	7,65%
Pamulihan	4.900	7,59%
Situ Raja	4.853	7,51%
Cisitu	3.750	5,81%
Paseh	3.352	5,19%
Sumedang Utara	3.142	4,86%
Cimalaka	2.597	4,02%
Ganeas	2.558	3,96%
Tomo	2.305	3,57%
Tanjungsari	1.902	2,94%
Cisarua	1.434	2,22%
Tanjungkerja	118	0,18%
Total	64.588	100%

Analisis tingkat kerawanan banjir bandang dengan menggunakan metode FFPI dilakukan dengan mengalkulasi nilai index FFPI dari setiap faktor yang berperan terhadap kejadian banjir bandang dan disesuaikan pembobotannya. Adapun nilai index dan pembobotan setiap faktor yang berperan terhadap kejadian banjir bandang tersebut ditunjukkan pada Tabel 2 (Azizah, Pawitan, Dasano, & Ridwansyah, 2022).

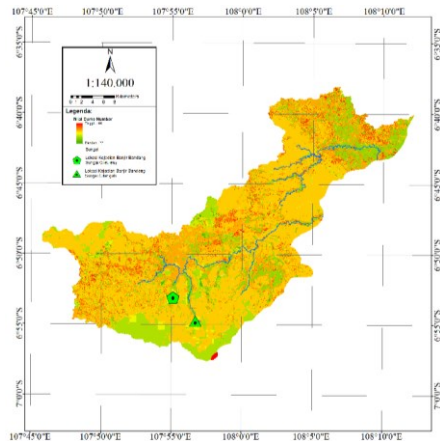
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Umum Sub DAS Cipeles

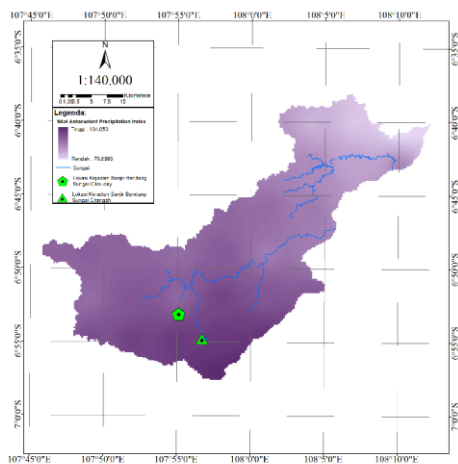
Sub DAS Cipeles merupakan bagian dari DAS Cimanuk. Secara geografis Sub DAS ini terletak di zona UTM 48 S

diantara koordinat 107°45'0" – 108°15'0" Bujur Timur dan 6°35'0" – 7°0'0" Lintang Selatan. Luas Sub DAS Cipeles adalah sebesar 64.588 hektar yang secara administrasi wilayahnya meliputi 15 Kecamatan di Kabupaten Sumedang dan 1 Kecamatan di Kabupaten Majalengka. Kecamatan terbesar yang wilayahnya masuk ke dalam Sub DAS Cipeles adalah Kecamatan Sumedang Selatan dengan luas wilayah sebesar 9.677 hektar atau sebesar 99,34% wilayah Kecamatan Sumedang Selatan masuk ke dalam wilayah Sub DAS Cipeles. Luas wilayah tersebut mencakup 14,98% dari luas wilayah Sub DAS Cipeles. Sedangkan, Kecamatan Tanjungkerta merupakan kecamatan dengan luas wilayah terkecil yang masuk ke dalam Sub DAS Cipeles, yaitu sebesar 118 hektar atau sebesar 2,7% dari luas wilayah kecamatannya. Luas tersebut hanya mencakup 0,18% dari

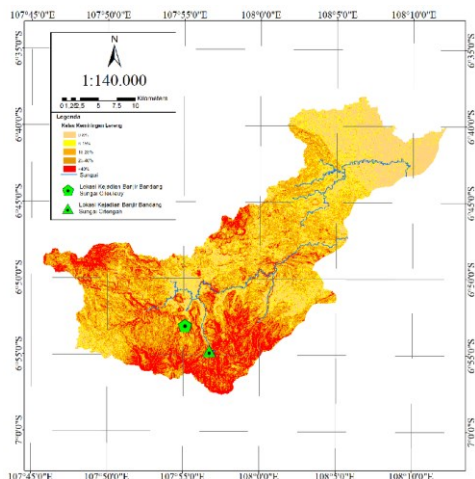
luas wilayah Sub DAS Cipeles. Luasan wilayah Sub DAS Cipeles berdasarkan administrasi kecamatan lebih rinci ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 2. Peta Sebaran Nilai CN Sub DAS Cipeles



Gambar 3. Peta Sebaran Nilai API Sub DAS Cipeles



Gambar 4. Peta Kemiringan Lereng Sub DAS Cipeles

Faktor-Faktor Terjadinya Banjir Bandang Curve Number (CN)

Hasil analisis nilai CN menunjukkan bahwa nilai CN di Sub DAS Cipeles relatif tinggi, dengan nilai berkisar antara 77 sampai dengan 100 (Gambar 2). Berdasarkan luasnya, nilai CN 86 mendominasi wilayah Sub DAS Cipeles dengan luasan mencapai 34.768,67 hektar atau sebesar 53,83% dari

luas wilayah Sub DAS Cipeles. Nilai CN yang tinggi tersebut mengindikasikan bahwa Sub DAS Cipeles memiliki karakteristik wilayah yang kurang mampu menyerap air. Tingginya nilai CN Sub DAS Cipeles disebabkan oleh tekstur tanah Sub DAS Cipeles yang termasuk ke dalam kelompok hidrologi tanah yang memiliki daya infiltrasi yang sangat rendah. Kapasitas infiltrasi tanah yang rendah dapat menambah volume aliran limpasan yang dapat menyebabkan terjadinya bencana banjir bandang (Bisht, Chaudhry, Sharma, & Soni, 2018).

Kemiringan Lereng

Kelas kemiringan lereng Sub DAS Cipeles dikategorikan ke dalam lima kelas, yaitu: Datar (0-8%), Landai (8-15%), Sedang (15-25%), Curam (25-40%), dan sangat Curam (>40%) (Gambar 4). Kelas kemiringan lereng datar (0-8%) merupakan kelas kemiringan dengan persentase wilayah paling besar dengan luas 14.792 hektar atau 22,9% dari luas wilayah Sub DAS Cipeles. Kelas kemiringan lereng sangat curam (>40%) merupakan nilai kemiringan dengan persentase wilayah yang terkecil, yaitu dengan luas 10.362 hektar atau sebesar 16,0% dari luas wilayah Sub DAS Cipeles. Kelas kemiringan lereng curam dan sangat curam terkonsentrasi di wilayah hulu, hal tersebut mengindikasikan bahwa wilayah hulu tersebut merupakan daerah yang paling berpotensi mengalami kejadian banjir bandang. Semakin curam kemiringan lereng suatu wilayah maka semakin tinggi laju aliran limpasan wilayah tersebut (Zhang, et al., 2015).

Antecedent Precipitation Index (API)

Hasil analisis nilai API Sub DAS Cipeles pada 15 hari sebelum kejadian banjir bandang tanggal 5 Mei 2022 menunjukkan bahwa Sub DAS Cipeles dalam keadaan basah (Gambar 3). Setiap wilayah Sub DAS Cipeles menampung akumulasi air hujan berkisar antara 79,8 mm hingga 134,0 mm. Nilai API paling tinggi terkonsentrasi di wilayah Selatan Sub DAS Cipeles dan nilai API paling rendah terkonsentrasi di wilayah timur laut Sub DAS Cipeles. Semakin besar nilai API suatu wilayah maka semakin basah kondisi wilayah tersebut (Bhardwaj, Wasson, Ziegler, Chow, & Sundriyal, 2019). Kondisi wilayah yang basah menyebabkan tanah menjadi jenuh dan tidak dapat lagi menyerap air. Hal tersebut meningkatkan potensi air tidak terserap tanah karena akumulasi jumlah air yang ada melebihi kapasitas infiltrasi wilayah tersebut. Air yang tidak terserap tanah akan menjadi aliran limpasan yang berpotensi memicu terjadinya banjir bandang.

Rawan Pergerakan Tanah

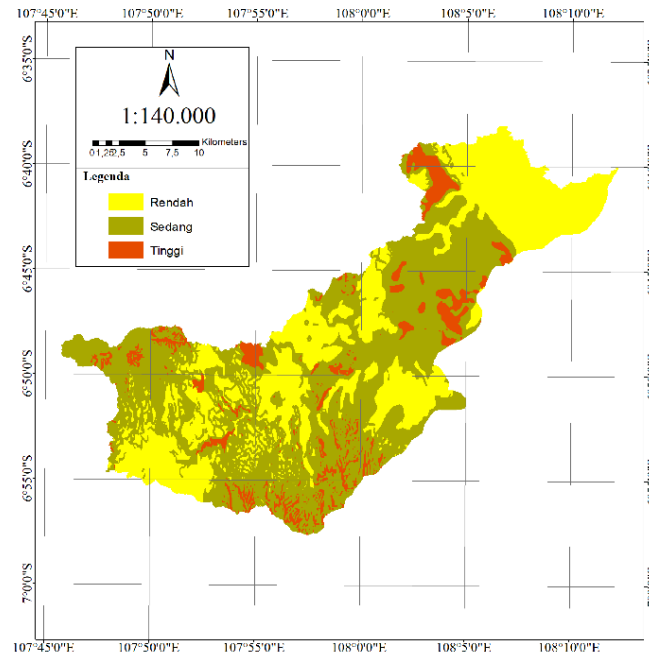
Kerawanan pergerakan tanah Sub DAS Cipeles terdiri dari tiga kelas kerawanan, yaitu rendah, sedang, dan tinggi (Gambar 5). Tingkat kerawanan pergerakan tanah sedang mendominasi Sub DAS Cipeles dengan luas wilayah sebesar 34.204 hektar atau sebesar 53% dari seluruh luas wilayah Sub DAS Cipeles. Tingkat kerawanan pergerakan tanah yang rendah memiliki luas wilayah sebesar 24.981 hektar atau 38,7% dari luas wilayah Sub DAS Cipeles. Tingkat kerawanan pergerakan tanah yang tinggi memiliki luas wilayah sebesar 5.403 hektar atau 8,4% dari luas wilayah Sub DAS Cipeles. Wilayah dengan tingkat kerawanan pergerakan tanah yang tinggi dapat mengalami bencana longsor dan material longsor tersebut dapat menciptakan sebuah bendungan alami yang dapat secara tiba-tiba runtuh karena tidak bisa menampung debit air yang besar sehingga menciptakan aliran banjir bandang.

Jenis Litologi Batuan

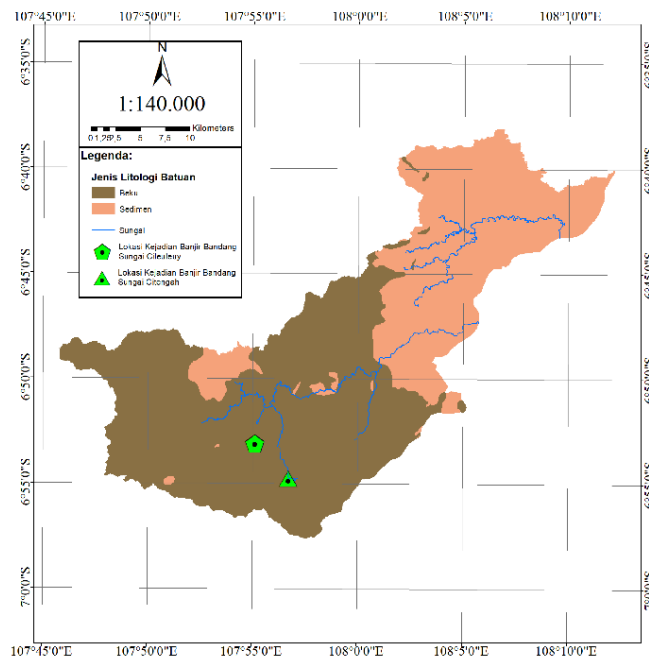
Sub DAS Cipeles terdiri dari jenis batuan beku dan jenis batuan sedimen (Gambar 6). Luas sebaran batuan beku

adalah sebesar 39.743 hektar atau 62% dari luas Sub DAS Cipeles, sedangkan luas sebaran batuan sedimen adalah sebesar 24.840 hektar atau sebesar 38% dari luas wilayah Sub DAS Cipeles. Jenis litologi batuan berperan dalam pergerakan air dalam tanah, arah alirannya, dan lamanya air tinggal (Maxwell, et al., 2016). Jenis batuan beku merupakan jenis batuan yang sulit meloloskan air tanah, sehingga jenis

batuan ini dapat menahan laju air tanah. Sedangkan, jenis batuan sedimen merupakan jenis batuan yang mudah meloloskan air tanah sehingga air tanah berpotensi keluar ke permukaan dan menambah debit aliran di permukaan, hal tersebut menyebabkan jenis batuan sedimen dapat meningkatkan potensi terjadinya banjir bandang.



Gambar 5. Peta Sebaran Rawan Pergerakan Tanah Sub DAS Cipeles

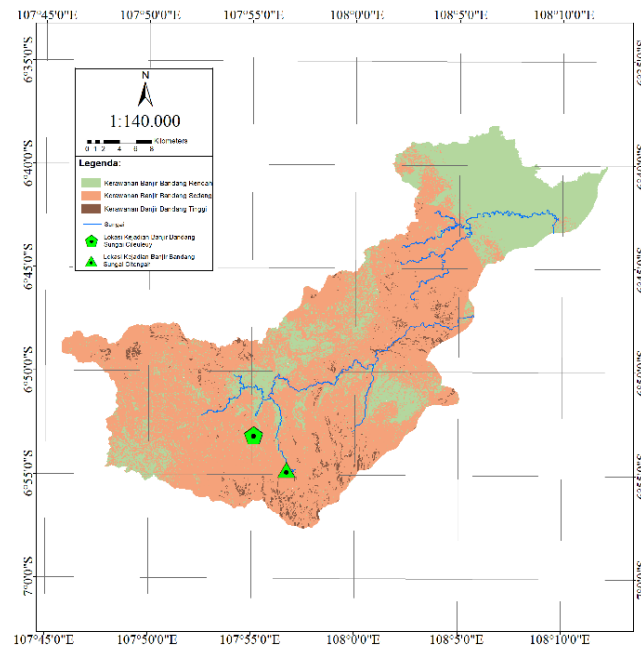


Gambar 6. Peta Sebaran Jenis Litologi Batuan Sub DAS Cipeles

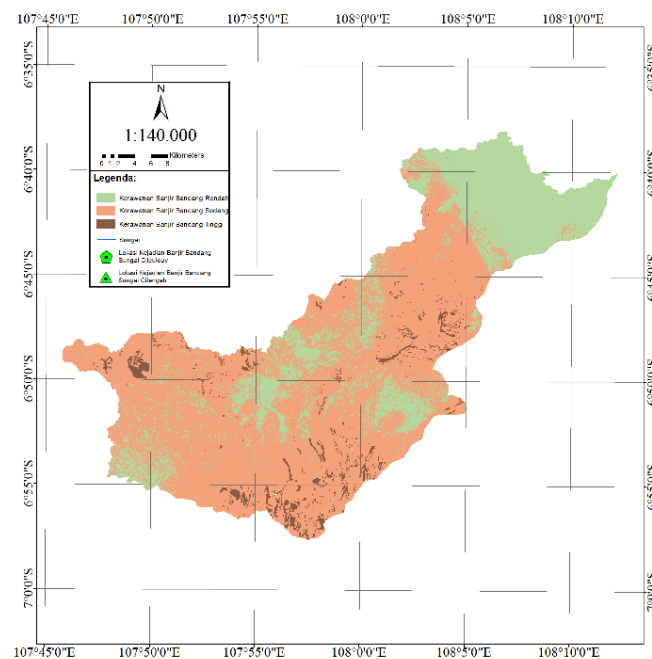
Tingkat Kerawanan Banjir Bandang

Hasil analisis tingkat kerawanan banjir bandang di Sub DAS Cipeles menggunakan metode *Flash Flood Potential Index* (FFPI) menunjukkan bahwa wilayah Sub DAS Cipeles memiliki tingkat kerawanan banjir bandang yang rendah, sedang, dan tinggi (Gambar 7). Klasifikasi tingkat kerawanan

banjir bandang di Sub DAS Cipeles didapatkan karena wilayah Sub DAS Cipeles memiliki nilai indeks FFPI berkisar antara 2, 3, dan 4, yang masing-masing nilai tersebut mewakili klasifikasi kerawanan banjir bandang rendah, sedang, dan tinggi.



Gambar 7. Peta tingkat kerawanan banjir bandang hasil penilaian FFPI



Gambar 8. Peta tingkat kerawanan banjir bandang hasil justifikasi

Wilayah Sub DAS Cipeles berdasarkan luasnya didominasi oleh klasifikasi tingkat kerawanan banjir bandang sedang atau dengan nilai indeks FFPI 3. Luas wilayah Sub DAS Cipeles yang termasuk ke dalam klasifikasi banjir bandang sedang mencapai 44.106 hektar atau sebesar 68,3% dari luas wilayah Sub DAS Cipeles. Wilayah Sub DAS Cipeles dengan tingkat kerawanan banjir bandang rendah atau yang memiliki nilai indeks FFPI 2 memiliki luas wilayah sebesar 19.052 hektar atau 29,5% dari luas wilayah Sub DAS. Wilayah Sub DAS Cipeles dengan tingkat kerawanan banjir bandang yang tinggi atau memiliki nilai indeks FFPI 4 memiliki luas wilayah sebesar 1.432 hektar atau sebesar 2,2% dari luas Sub DAS Cipeles.

Hasil penilaian FFPI dilaksanakan justifikasi untuk mendapatkan potensi dampak dari kejadian banjir bandang

pada suatu wilayah terhadap wilayah lain (Gambar 8). Justifikasi menunjukkan bahwa terdapat 702,9 hektar wilayah dengan nilai indeks FFPI 2 dan 3 di justifikasi memiliki kerawanan banjir bandang yang tinggi. Penjustifikasian tersebut di dasar karena lokasi wilayah yang dijustifikasi berada dekat dan di arah kemiringan lereng wilayah dengan klasifikasi kerawanan banjir bandang yang tinggi atau memiliki nilai indeks FFPI 4. Penjustifikasian tersebut mengindikasikan bahwa apabila terjadi banjir bandang pada suatu wilayah dengan nilai indeks FFPI 4 maka wilayah di bawahnya yang dijustifikasi memiliki nilai kerawanan banjir bandang tinggi juga akan terdampak. Penjustifikasian juga menunjukkan bahwa sebesar 590,4 hektar wilayah yang memiliki nilai indeks FFPI 1 di justifikasi memiliki kerawanan banjir bandang yang sedang. Sama halnya dengan wilayah

dengan klasifikasi kerawanan banjir bandang yang tinggi, dasar penjustifikasian tersebut karena lokasi wilayah yang dijustifikasi berada dekat dan di arah kemiringan lereng wilayah dengan klasifikasi kerawanan banjir bandang sedang atau memiliki nilai indeks FFPI 3.

Hasil analisis menunjukkan bahwa dari lima faktor yang diperhitungkan dalam penelitian ini, nilai *Curve Number* (CN) dan *Antecedent Precipitation Index* (API) merupakan dua faktor utama yang berperan terhadap terjadinya banjir bandang di wilayah hulu Sub DAS Cipeles. Besarnya nilai CN mengindikasikan bahwa Sub DAS Cipeles memiliki daya infiltrasi yang sangat lambat sehingga sebagian besar air hujan yang turun menjadi aliran limpasan. Kondisi tersebut diperparah dengan nilai API atau akumulasi curah hujan yang tinggi pada saat terjadi banjir bandang, yang disebabkan oleh intensitas curah hujan yang tinggi. Kondisi tersebut menyebabkan jumlah air yang menjadi aliran limpasan sangat banyak, sehingga berubah menjadi aliran banjir bandang yang menyapu wilayah hulu Sub DAS Cipeles. Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian yang sebelumnya dilaksanakan oleh Azizah, Pawitan, Dasano, & Ridwansyah (2022), dimana faktor utama dari kejadian banjir bandang di DAS Tamiang Aceh adalah kedua faktor tersebut.

Peta tingkat kerawanan banjir bandang di Sub DAS Cipeles yang dihasilkan dalam penelitian ini sejalan dengan data kejadian banjir bandang dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Sumedang. Lima kejadian banjir bandang yang terjadi pada periode tahun 2020-2023, empat diantaranya terjadi pada wilayah dengan tingkat kerawanan banjir bandang yang tinggi, serta satu diantaranya terjadi di wilayah dengan tingkat kerawanan bandang sedang.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan maka kesimpulan dalam penelitian ini adalah:

- Peristiwa banjir bandang yang terjadi di wilayah hulu Sub DAS Cipeles diakibatkan oleh tingginya nilai CN dan nilai API wilayah tersebut. Nilai CN yang tinggi mengindikasikan wilayah tersebut memiliki daya infiltrasi yang sangat rendah, sehingga akumulasi curah hujan (API) yang turun sebagian besar berubah menjadi aliran limpasan dan menimbulkan aliran banjir bandang; dan
- Metode *Flash Flood Potential Index* (FFPI) dapat secara jelas menggambarkan peta kerawanan banjir bandang di Sub DAS Cipeles, akan tetapi untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat maka diperlukan justifikasi pada wilayah-wilayah yang terdampak oleh kejadian banjir bandang pada suatu wilayah.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, M. R., Yulianti, G., Yunus, R., Wiguna, S., Adi, A. W., Ichwana, A. N., . . . Septian, R. T. (2016). *Risiko Bencana Indonesia*. Jakarta: Badan Nasional Penanggulangan Bencana. Retrieved November 21, 2022
- Asdak, C. (2022). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Edisi Revisi*. Yogyakarta: UGM Press.
- Atmajayani, R. D. (2022). Analisis Kondisi Lingkungan Fisik dan Sosial Ekonomi Masyarakat di Daerah Aliran Sungai Brantas Akibat Penambangan Pasir (Studi Kasus Kali Brantas Kecamatan Srengat, Kabupaten Blitar). *Jurnal Riset dan Konseptual*, 241-252. doi:http://dx.doi.org/10.28926/briliant.v7i1.728

- Azizah, C., Pawitan, H., Dasano, B. D., & Ridwansyah, I. (2022). Risk Assessment Of Flash Flood Potential In The Humid Tropics Indonesia: A Case Study In Tamiang River Basin. *Int. J. Hydrology Science and Technology*, 17(1), 57-73. doi:https://doi.org/10.1504/IJHST.2022.119236
- Bhardwaj, A., Wasson, R. J., Ziegler, A. D., Chow, W. T., & Sundriyal, Y. P. (2019). Characteristics of rain-induced landslides in the Indian Himalaya: A case study of the Mandakini Catchment during the 2013 flood. *Geomorphology*, 330, 100-115. doi:https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.01.010
- Bisht, S., Chaudhry, S., Sharma, S., & Soni, S. (2018). Assessment of flash flood vulnerability zonation through Geospatial technique in high altitude Himalayan watershed, Himachal Pradesh India. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 12, 35-47. doi:https://doi.org/10.1016/j.rsase.2018.09.001
- Bui, D. T., Tsangaratos, P., Ngo, P.-T. T., Pham, T. D., & Pham, B. T. (2019). Flash Flood Susceptibility Modeling Using An Optimized Fuzzy Rule Based Feature Selection Technique And Tree Based Ensemble Methods. *Science of the Total Environment*, 668, 1038-1054. doi:https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.422
- Ismiyah, W., Nawiyanto, & Sumardianti, .. S. (2013). Bencana Banjir Bandang Di Kecamatan Panti Kabupaten Jember Pada Tahun 2006. *Artikel Hasil Penelitian Mahasiswa*, 1(1), 1-8. Retrieved November 22, 2022, from https://repository.unej.ac.id/bitstream/handle/123456789/60682/Wilda%20Ismiyah.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Kuksina, L., & Golosov, V. (2020). Flash floods: formation, study and distribution. *E3S Web of Conferences* (p. 6). Moscow: EDP Sciences. doi:https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016302005
- Maxwell, R. M., Condon, L. E., Kollet, S. J., Maher, K., Haggerty, R., & Forrester, M. M. (2016). The Imprint of Climate and Geology on the Residence Times of Groundwater. *Geophysical Research Letters*, 43(2), 701-708. doi:10.1002/2015GL066916
- Panoto, D., Irawan, L. Y., Dahlia, S., Herlambang, G. A., & Rasyidah, A. N. (2020). Pemetaan Kerawanan Banjir Bandang di Kecamatan Dau, Kabupaten Malang Menggunakan Metode Analytic Hierarchy Process. *Jurnal Georafflesia*, 5(2), 143-154. doi:https://doi.org/10.32663/georaf.v5i2.1630.
- Rahayu, S., Widodo, R. H., Noordwijk, M. v., Suryadi, I., & Verbist, B. (2009). *Monitoring Air di Daerah Aliran Sungai*. Bogor: World Agroforestry Centre - Southeast Asia. Retrieved November 18, 2022
- Ramadan, A. N., Nurmayadi, D., Sadili, A., Solihin, R. R., & Sumardi, Z. (2020). Studi Penentuan Nilai Curve Number DAS Pataruman berdasarkan Satuan Peta Tanah Indonesia. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 26(2), 258-266. doi:doi: mkts.v26i2.26563
- Shehata, M., & Mizunaga, H. (2018). Flash Flood Risk Assessment for Kyushu Island, Japan. *Environmental Ea Environmental Earth Sciences*, 13. doi:https://doi.org/10.1007/s12665-018-7250-8
- Widiyatmoko, W., Wicaksono, D., Afza Afgani, S. A. F., & H., M. N. (2015). Penentuan Zona Kerawanan Banjir Bandang Dengan Metode Flash Flood Potential Index (FFPI) Di Perbukitan Menoreh Kabupaten Kulonprogo Daerah Istimewa Yogyakarta. *Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) Ke-2 Ikatan Ahli Kebencanaan*

Indonesia (IABI). Yogyakarta: Ikatan Ahli
Kebencanaan Indonesia (IABI).

Zhang, D., Quan, J., Zhang, H., Wang, F., Wang, H., & He,
X. (2015). Flash flood hazard mapping: A pilot case
study in Xiapu River Basin, China. *Water Science and
Engineering*, 8(3), 195-204.
doi:10.1016/j.wse.2015.05.002