

Analisis Spasial Potensi Banjir Bandang Menggunakan Metode *Flash Flood Potential Index* di Sub DAS Cikamiri

Spatial Analysis of Flash Flood Potential Using the Flash Flood Potential Index Method in the Cikamiri Sub-Watershed

Sarah Fitri Soerya*, Rizal Nur Febrian, Dwi Rustam Kendarto, Chay Asdak

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

*E-mail: sarah.f.soerya@unpad.ac.id

Diterima: 5 Februari 2026; Disetujui: 6 Agustus 2026

ABSTRAK

Kabupaten Garut merupakan salah satu wilayah yang secara periodik mengalami banjir bandang akibat luapan Sub DAS Cikamiri yang dipicu intensitas hujan tinggi. Bencana tersebut menimbulkan berbagai dampak, baik dalam bentuk kerugian materil, terganggunya aktivitas ekonomi masyarakat, kerusakan fasilitas umum, maupun korban jiwa. Penelitian ini bertujuan menganalisis tingkat kerawanan banjir bandang di Sub DAS Cikamiri menggunakan metode *Flash Flood Potential Index* (FFPI) berbasis analisis spasial GIS. Parameter fisik yang digunakan meliputi tutupan lahan, kemiringan lereng, pergerakan tanah, nilai CN dan API yang diintegrasikan dengan teknik *overlay* berbobot untuk menghasilkan peta potensi banjir bandang. Hasil analisis menunjukkan wilayah dengan potensi banjir bandang tertinggi berada di bagian hulu hingga tengah Sub DAS, terutama di Kecamatan Samarang dan Pasirwangi dengan kelas sedang seluas 3.070,2 ha atau 49% dan kelas tinggi 1.994,4 ha atau 31,8%. Faktor dominan pemicu adalah kombinasi lereng curam (>25%) dan tutupan lahan terbuka. Wilayah tersebut direkomendasikan sebagai prioritas dalam upaya mitigasi melalui reboisasi pada kawasan hulu dan pengembangan sistem peringatan dini berbasis data spasial. Temuan ini dapat menjadi dasar dalam pengelolaan dan rehabilitasi DAS sesuai kaidah konservasi tanah dan air untuk mengurangi risiko banjir bandang di Kabupaten Garut hulu, khususnya di Sub DAS Cikamiri.

Kata kunci: Banjir bandang; FFPI; mitigasi bencana; sistem informasi geografis; Sub DAS Cikamiri

ABSTRACT

Garut Regency is one of the areas that periodically experiences flash floods caused by the overflow of the Cikamiri Sub-Watershed, triggered by heavy rainfall. These disasters have various impacts, including material losses, disruption of community economic activities, damage to public facilities, and loss of life. This study aims to analyze the level of flash flood vulnerability in the Cikamiri Sub-Watershed using the Flash Flood Potential Index (FFPI) method based on GIS spatial analysis. The physical parameters used include land cover, slope gradient, landslide activity, and CN and API values, which are integrated using a weighted overlay technique to produce a flash flood potential map. The analysis results indicate that the areas with the highest flash flood potential are located in the upper to middle reaches of the sub-watershed, particularly in the Samarang and Pasirwangi subdistricts, with a moderate-risk area covering 3,070.2 ha (49%) and a high-risk area covering 1,994.4 ha (31.8%). The dominant triggering factors are a combination of steep slopes (>25%) and open land cover. These areas are recommended as priorities for mitigation efforts through reforestation in the upstream regions and the development of a spatial-data-based early warning system. These findings can serve as a basis for watershed management and rehabilitation in accordance with soil and water conservation principles to reduce the risk of flash floods in the upper Garut Regency, particularly in the Cikamiri Sub-Watershed.

Keywords: Cikamiri sub-watershed; disaster mitigation; flash floods; FFPI; geographic information system

PENDAHULUAN

Banjir bandang merupakan suatu bencana hidrometeorologi yang terjadi akibat adanya perubahan cuaca dan iklim pada musim hujan dan patut diwaspadai. Banjir bandang di Kabupaten Garut disebabkan oleh beberapa kombinasi dari tingginya curah hujan, curamnya topografi, dan pemanfaatan lahan oleh manusia yang tidak memenuhi metode dan kaidah konservasi tanah dan air (FORDA & Prov. Jabar, 2017). Stasiun curah hujan mengukur debit air sejak 4 jam sebelum bencana mencapai 1.140 m³/detik pada hulu DAS Cimanuk yang disebabkan oleh curah hujan ekstrem (Trinugroho & Nguyen, 2021). Faktor pendorong lain terjadinya peristiwa banjir bandang

ialah kondisi hulu yang rusak akibat alih fungsi lahan (Munggaran et al., 2019).

Kabupaten Garut memiliki riwayat banjir bandang periodik yang destruktif dengan intensitas yang tinggi, yang terjadi pada 2011, 2016 dan 2024. Puncaknya terjadi pada tahun 2016, luapan sungai Cimanuk berdampak pada 7 kecamatan dan mengakibatkan 24 korban jiwa, 19 orang hilang dan mengakibatkan 2.525 jiwa mengungsi. Bencana ini mengakibatkan kerusakan masif pada infrastruktur dan permukiman dengan total kerugian ekonomi mencapai Rp288 miliar (Yuniati, 2016). Salah satu sub DAS yang berada di DAS Cimanuk adalah sub DAS Cikamiri. DAS Cikamiri diduga menjadi penyebab bencana banjir bandang di Kabupaten Garut (Soerya & Hanifah, 2025).

Sub DAS Cikamiri memiliki luas lahan kritis yang mencapai 3,572 ha. Keadaan tersebut disebabkan karena kerusakan hutan pada daerah hulu DAS Cikamiri. Penggunaan lahan dan pola pertanian lahan kering yang tidak sesuai aturan konservasi tanah dan air dan bertambahnya permukiman (Dibaba et al., 2020). Pertanian lahan kering tanpa konservasi tanah-air juga meningkatkan erosi, sedimentasi, penurunan kesuburan tanah dan memperburuk kualitas air (Dibaba et al., 2020). Peningkatan tinggi muka air di Sub DAS Cikamiri tak terlepas dari buruknya kondisi yang dialami.

Perubahan tutupan lahan dalam DAS dapat menyebabkan terjadinya perubahan karakteristik hidrologi meliputi menurunnya kapasitas infiltrasi tanah dan peningkatan limpasan aliran permukaan (Sugianto et al., 2022). Peningkatan permukiman dan lahan terbuka menghambat infiltrasi setelah hujan dan meningkatkan bahaya banjir mencapai 68% (Guzha et al., 2018). Perubahan tutupan lahan mempengaruhi jumlah asupan air, peningkatan limpasan permukaan (*runoff*) dan jika hal ini terus berlanjut dapat menyebabkan krisis air dan kerusakan lahan yang menyebabkan erosi dan penumpukan sedimen (Asdak & Sudrajat, 2017). Sub DAS Cikamiri yang berada di hulu DAS Cimanuk memiliki peranan penting sebagai penyerap yang menyimpan pasokan air dalam tanah, dibuktikan pada penelitian, akuifer hulu menyumbang >40-75% aliran sungai musim kemarau yang menentukan ketersediaan air di hilir DAS (Hayashi, 2020). Tutupan lahan pada Sub DAS Cikamiri harus dijaga karena mempengaruhi kondisi tata air hulu hingga ke hilirnya. Sehingga penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi potensi banjir bandang sebagai dasar dalam pengelolaan dan rehabilitasi DAS sesuai kaidah konservasi tanah dan air untuk mengurangi risiko banjir bandang di Kabupaten Garut hulu, khususnya di Sub DAS Cikamiri.

Pemetaan kerawanan banjir bandang di Sub DAS Cikamiri yang mengintegrasikan secara komprehensif data *Antecedent Precipitation Index* (API) dengan CHIRPS dan karakteristik *Curve Number* (CN) berdasarkan tutupan lahan pada metode *Flash Flood Potential Index* (FFPI). FFPI dihasilkan dari pengumpulan data teknologi GIS untuk mengklasifikasi dan menyatukan data dengan memperhitungkan tutupan lahan, tekstur tanah, dan penggunaan lahan (Shawaqfah, 2020). Faktor-faktor atau parameter FPPI yang telah digunakan oleh beberapa peneliti guna memprediksi banjir bandang dengan kecuraman sebagai parameter utama dibandingkan dengan vegetasi (Zulhisman & Sadek, 2023). Potensi banjir di daerah aliran sungai digunakan untuk memberi informasi kuantitatif yang diberi skor 1 hingga 10 pada indeks yang ditentukan dengan 1 sebagai probabilitas terendah dan 10 sebagai probabilitas tertinggi (Mohd Yassin et al., 2023).

Belum adanya kajian mengenai prediksi potensi terjadinya banjir bandang menggunakan metode *Flash Flood Potential Index* (FFPI) di lokasi ini, penulis akan melakukan prediksi potensi banjir bandang guna menganalisis tingkat

potensi banjir pada Sub DAS Cikamiri menggunakan metode *Flash Flood Potential Index* (FFPI). Pemberitahuan potensi banjir bandang akan digunakan untuk mengevaluasi lahan dan merehabilitasi sesuai dengan kaidah konservasi tanah dan air yang bertujuan untuk memberikan informasi, pengetahuan, danantisipasi untuk masyarakat, pihak terkait dan Sub DAS Cikamiri.

METODOLOGI

Alat dan Bahan

Penelitian di Sub DAS Cikamiri dengan luas 6.258,68 hektar. Sub DAS Cikamiri merupakan salah satu anak dari DAS Cimanuk Hulu yang berada di Kecamatan Pasirwangi, Samarang, Tarogong Kidul, dan Tarogong Kaler. Bahan atau data sekunder yang digunakan dalam penelitian analisis tingkat kerawanan banjir bandang dengan metode *Flash Flood Potential Index* (FFPI) dengan studi kasus Sub DAS Cikamiri ialah sebagai berikut:

Prosedur Penelitian

- Langkah pertama menentukan nilai curah hujan dengan analisis API. Analisis API dilakukan dengan mengonversi data curah hujan *Climate Hazard Group InfraRed Precipitation with Station Data* (CHIRPS). Persamaan API ditunjukkan dalam persamaan (Nguyen-Huy et al., 2022).

$$API = KP_{t1} + KP_{t2} + KP_{t3} + \dots \quad (1)$$

Keterangan:

API = Nilai *Antecedent Precipitation Index*

K = Faktor Hidrologi (0,9)

P = Curah hujan hari ke-N (mm)

Nilai API yang didapatkan akan diinterpolasi menggunakan metode *Inverse Distance Weighted* (IDW) untuk mendapatkan sebaran nilai API pada setiap wilayah Sub DAS Cikamiri.

- Penentuan nilai *Curve Number* (CN) pada penelitian ini dilakukan melalui integrasi data tutupan lahan dan kelompok hidrologi tanah. Tahapan pengolahan data, mulai dari konversi raster ke poligon, pemotongan berdasarkan batas Sub DAS Cikamiri, hingga proses overlay dan koreksi nilai CN sesuai kondisi kelembaban tanah.
- Nilai indeks FFPI dari setiap parameter kemudian diolah menggunakan *Software ArcGIS 10.4* dengan metode *Weighted Overlay Analysis* menggunakan persamaan nilai FFPI yang ditunjukkan pada persamaan (2) berdasarkan dari nilai pembobotan masing-masing parameter. Pembobotan setiap parameter yang ditunjukkan pada Tabel 2 : (Azizah et al., 2022).

Tabel 1. Parameter penelitian

Parameter	Sumber Data	Tahun Data	Resolusi/Skala	Proses GIS	Output
DEM	BIG/Nasional	2025	30 m	Fill sink, slope extraction	Peta kemiringan
Curah hujan	CHIRPS	2024	0,05°	API 15 hari, resampling	Peta API
Tutupan lahan	ESRI/ digitasi	2025	10/30m atau 1:25.000	Reclassification	Input CN
HSG	BBSDLP	2025	1:50.000	Overlay dengan tutupan lahan	CN
Litologi	ESDM	2024	1:100.000	Reclassification	Skor litologi
Gerakan tanah	ESDM/PVMBG	2024	1:50.000	Reclassification	Skor pergerakan tanah

Tabel 2. Klasifikasi nilai API

Nilai Sebaran API (mm)	Klasifikasi
<100	Rendah
100-150	Sedang
>150	Tinggi

Sumber: (Azizah et al., 2022)

Tabel 3. Kelas dan bobot FFPI

Faktor	Bobot	Kelas	Nilai FFPI
Kelerengan	16	0-8%	1
		8-15%	2
		15-25%	3
		25-40%	4
		>40%	5
API	34,1	0-100 mm	1
		100-150 mm	3
		>150 mm	5
Curve Number	34,9	0-30	1
		30-60	3
		60-100	5
Pergerakan Tanah	8,4	Rendah	1
		Menengah	3
		Tinggi	5
Litologi Batuan	6,5	Beku	1
		Metamorf	3
		Sedimen	5

Sumber: (Azizah et al., 2022)

Tabel 4. Klasifikasi tingkat kerawanan banjir bandang

Nilai FFPI	Klasifikasi Kerawanan Banjir
1	Sangat Rendah
2	Rendah
3	Sedang
4	Tinggi
5	Sangat Tinggi

Sumber: (Azizah et al., 2022)

$$FFPI = \frac{(16 \times FKL) + (34,1 \times FAPI) + (34,9 \times FCN) + (8,4 \times FRGT) + (6,5 \times FL)}{100} \quad (2)$$

Keterangan:

- FFPI = Nilai *Flash Flood Potential Index*
- FKL = Nilai FFPI Kemiringan Lereng
- FAPI = Nilai FFPI API
- FCN = Nilai FFPI *Curve Number*
- FRGT = Nilai FFPI Rawan Gerakan Tanah
- FL = Nilai FFPI Litologi Batuan

Hasil analisis disajikan dalam bentuk peta tingkat kerawanan banjir bandang dengan skala dan warna tertentu untuk memperjelas unsur-unsur yang ditampilkan. Klasifikasi penilaian *Flash Flood Potential Index* (FFPI) ini ditunjukkan pada Tabel 4.

Setiap faktor penyusun *Flash Flood Potential Index* (FFPI) diberi bobot sesuai tingkat pengaruhnya terhadap potensi terjadinya banjir bandang. Nilai bobot tersebut selanjutnya digunakan dalam proses penilaian kuantitatif masing-masing parameter, sebagaimana ditunjukkan pada tabel penilaian FFPI. Hasil perhitungan nilai FFPI kemudian diklasifikasikan ke dalam lima tingkat kerawanan banjir bandang, mulai dari sangat rendah hingga sangat tinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sub-DAS Cikamiri terletak pada zona Universal Transverse Mercator (UTM) 48S, dengan koordinat antara 7°10' hingga 7°20' Lintang Selatan dan 107°50' hingga 108°00' Bujur Timur. Topografi Sub-DAS Cikamiri didominasi oleh lahan bergelombang hingga berbukit dengan kemiringan lereng bervariasi antara 15% hingga lebih dari 40%. Wilayah hulu Sub-DAS ini berada di kawasan yang memiliki ketinggian antara 1.000 hingga 1.800 meter di atas permukaan laut (mdpl), termasuk lereng Gunung Cikuray dan sekitarnya. Kondisi fisiografis ini menyebabkan Sub-DAS Cikamiri menjadi daerah yang memiliki potensi aliran permukaan tinggi, terutama pada musim hujan.

Kemiringan Lereng

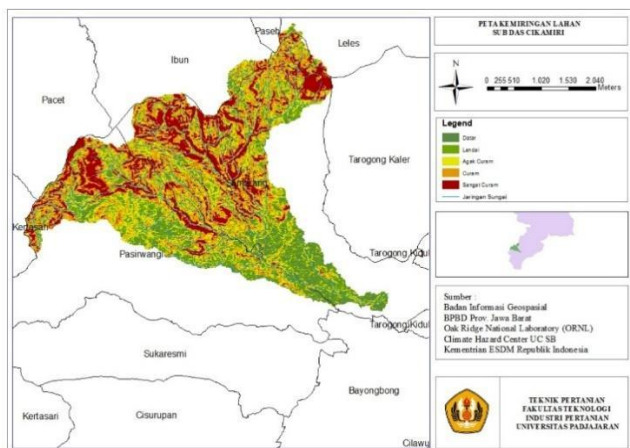
Hasil analisis kemiringan lereng di Sub DAS Cikamiri menunjukkan bahwa kelas kemiringan lereng datar sebesar 10,6% dengan kemiringan 0-8% yang menjadi hasil persentase kemiringan paling kecil dengan total luasan 661,05 hektar. Wilayah dengan kemiringan lereng 0-8% tersebut tersebar di seluruh wilayah Sub DAS Cikamiri yang mayoritas terletak di bagian selatan Sub DAS Cikamiri. Hasil analisis juga menunjukkan bahwa nilai kemiringan curam atau 25-40% dengan kelas FFPI 4 dengan skornya adalah 0,64, menjadikan nilai kemiringan yang paling banyak menyebar di Sub DAS Cikamiri dengan luas lahan 1.658,78 Hektar atau setara dengan persentase 26,5% dari luasan total lahan Sub DAS Cikamiri. Wilayah dengan kelas kemiringan lereng curam dan sangat curam terkonsentrasi pada wilayah hulu sub DAS Cikamiri yang merupakan wilayah gunung. Hal tersebut mengindikasikan bahwa wilayah tersebut merupakan wilayah yang rentan menjadi penyebab banjir bandang. Rincian nilai kemiringan lereng di Sub DAS Cikamiri ditunjukkan pada Tabel 5.

Jenis Litologi Batuan

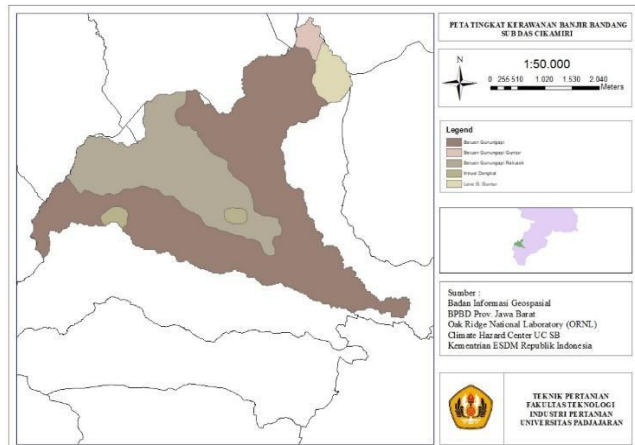
Dominasi batuan beku yang tersebar di seluruh wilayah Sub DAS Cikamiri memiliki karakteristik yang cukup mudah terbawa air dikarenakan memiliki nilai porositas rendah. Terjadinya hujan di wilayah tersebut akan menyebabkan air tidak dapat meresap kedalam lapisan tanah hingga menjadi aliran permukaan atau limpasan yang cepat dan kuat. Pelapukan batuan yang terjadi juga menjadi faktor di wilayah Cikamiri. Iklim tropis menyebabkan batuan mengalami pelapukan yang lebih cepat dan membentuk material lepas seperti tanah, pasir, maupun kerikil. Peta jenis litologi batuan ditampilkan pada gambar 2. Peta kemiringan lereng ditampilkan pada Gambar 1.

Tabel 5. Kelas kemiringan lahan Sub DAS Cikamiri tahun 2025

No	Nilai Kemiringan Lereng	Kelas Kemiringan	Luas Wilayah (Ha)	Persentase Luas Wilayah
1	0-8%	Datar	666,55 1.109,0	10,65%
2	8-15%	Landai	4	17,72%
3	15-25%	Sedang	1531,50 1.673,5	24,47%
4	25-40%	Curam Sangat	7 1.278,0	26,74%
5	>40%	Curam	2	20,42%



Gambar 1. Peta kelas kemiringan lahan Sub DAS Cikamiri tahun 2025



Gambar 2. Peta litologi batuan Sub DAS Cikamiri tahun 2025

Tabel 6. Hasil analisis peta litologi batuan Sub DAS Cikamiri tahun 2025

N o	Formasi Batuan	Jenis Litologi Batuan	Luas (Hektar)
1	Batuan Gunungapi	Batuan Ekstrusif: Intermediate	4036,10
2	Batuan Gunungapi Guntur	Batuan Ekstrusif: Intermediate	99,18
3	Batuan Gunungapi Rakutak	Batuan Ekstrusif: Intermediate	1802,01
4	Intrusi Dangkal	Batuan Intrusif: Intermediate	101,60
5	Lava G. Guntur	Batuan Ekstrusif: Intermediate	219,79

Kelas FFPI 1 yang melekat pada batuan ini menunjukkan bahwa batuan beku memiliki tingkat resistensi yang relatif tinggi terhadap proses pelapukan dan erosi, yang berdampak pada kestabilan lereng dan pola aliran air di wilayah Sub DAS Cikamiri. Rincian hasil analisis peta litologi batuan di Sub DAS Cikamiri ditunjukkan pada tabel 6.

Rawan Pergerakan Tanah

Hasil pengamatan tingkat kerawanan pergerakan tanah pada Sub DAS Cikamiri didominasi oleh kerawanan pergerakan tanah menengah dan rendah yang ditunjukkan pada Gambar 3.

Kerawanan pergerakan tanah pada Sub DAS Cikamiri didominasi oleh kerawanan pergerakan tanah menengah dan rendah yang ditunjukkan pada Gambar 3. Hasil analisis memaparkan bahwa kerawanan pergerakan tanah kelas menengah memiliki luas sebesar 3.192,4 Hektar dengan persentase sebesar 51% dari total keseluruhan wilayah Sub DAS Cikamiri yang menyebar dari wilayah utara hingga selatan. Sebaran kelas menengah yang luas ini umumnya ditemukan mulai dari wilayah hulu hingga bagian selatan DAS, menandakan bahwa sebagian besar wilayah memiliki potensi kerawanan pergerakan tanah yang cukup signifikan namun belum berada pada tingkat kritis. Kondisi ini sesuai dengan teori bahwa daerah dengan kemiringan lereng sedang dan karakteristik tanah tertentu berisiko mengalami pergerakan tanah moderat atau sedang (Mumayyizah et al., 2023).

Tingkat kerawanan yang mendominasi setelah kelas menengah ialah kelas rendah yang memiliki luasan wilayah

sebesar 2499 hektar atau sebesar 39,9 % dari total wilayah Sub DAS Cikamiri. Tingkat kerawanan pergerakan tanah tinggi memiliki luas wilayah sebesar 119,5 ha atau 1,91 % dari total luas wilayah Sub DAS Cikamiri dan kelas sangat tinggi sebesar 194,6 ha atau 3,11 % dari wilayah sub DAS Cikamiri yang tersebar secara menyeluruh dari wilayah hilir hingga hulu sungai di Sub DAS Cikamiri. Kerawanan pergerakan tanah di daerah penelitian erat kaitannya dengan faktor geologi, kemiringan lereng, penggunaan lahan, dan jenis tanah. Wilayah Sub DAS Cikamiri didominasi oleh jenis tanah Podsol merah kuning. Podsol Merah Kuning berkontribusi signifikan terhadap kerawanan ini karena sifatnya yang mudah jenuh air, kurang kohesif, dan mudah terlapuk. Saat curah hujan tinggi, tanah ini dengan cepat mencapai titik jenuh, sehingga kohesi partikel menurun dan memicu longsor dangkal (*shallow landslides*) (Sihaloho et al., 2024).

Penyebab teknis pergerakan tanah di lokasi prioritas Samarang-Pasirwangi dipicu oleh keberadaan lapisan kedap air di bawah solum tanah Podsolik Merah Kuning. Ketika air hujan berinfiltrasi ke dalam tanah, air tertahan di atas lapisan kedap dan berakumulasi, akibatnya beban massa tanah basah bertambah dan gaya pendorong akhirnya melampaui gaya penahan geser tanah. Alih fungsi lahan dari hutan lindung menjadi pertanian di atas ketinggian 1.200 mdpl memperparah tingkat kerawanan pergerakan tanah, karena tanaman semusim tidak memiliki sistem perakaran dalam dan kuat seperti pohon hutan untuk mengikat agregat tanah.

Curve Number

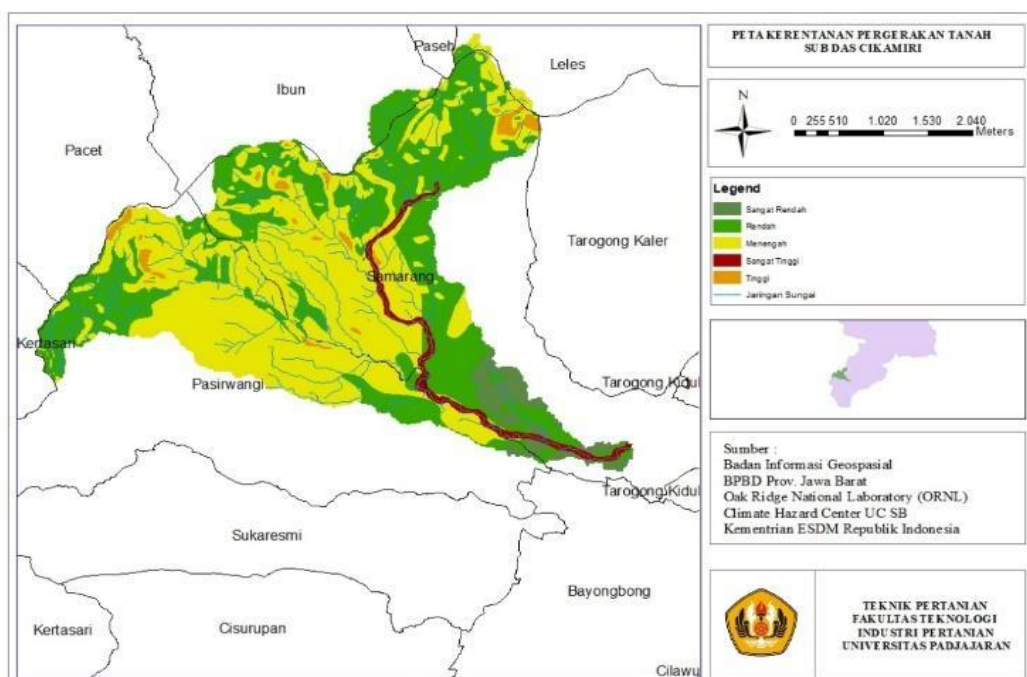
Klasifikasi tutupan lahan yang mendominasi wilayah Sub DAS Cikamiri dengan luas wilayah sebesar 2.447,6 Hektar atau setara dengan 39,1% dari luas wilayah Sub DAS Cikamiri. Tegalan atau pertanian lahan kering menyebar di bagian utara hingga bagian tengah dari wilayah Sub DAS Cikamiri yang meliputi wilayah administrasi Kecamatan Samarang dan Kecamatan Pasirwangi. Hutan menjadi salah satu wilayah yang mendominasi setelah pertanian lahan kering atau tegalan. Hutan memiliki luasan sekitar 2.315 Hektar atau setara dengan 34,1% dari luasan total sub DAS Cikamiri. Wilayah hutan tersebar secara luas dibagian utara

Sub DAS Cikamiri diantaranya Kecamatan Pasirwangi, Kecamatan Ibum, Kecamatan Samarang, dan Kecamatan Leles.

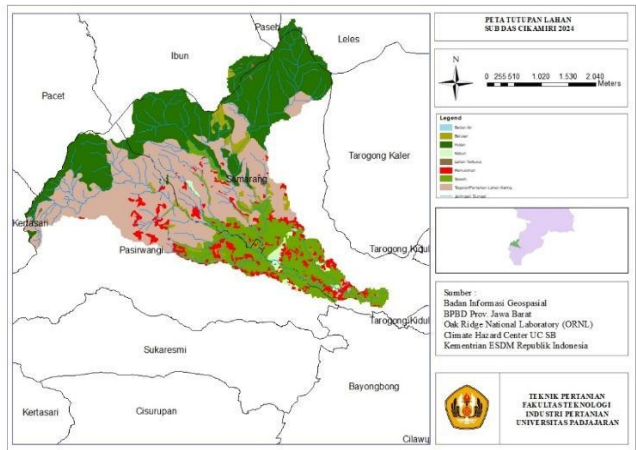
Kelompok hidrologi tanah diklasifikasikan berdasarkan daya infiltrasi tanah atau kemampuan tanah dalam menyerap air yang dibagi menjadi empat kelompok utama yaitu A, B, C dan D dengan spesifikasi A; infiltrasi paling tinggi dan kapasitas drainase baik, D memiliki infiltrasi rendah dan limpasan permukaan air tinggi (Abraham et al., 2019). Kelompok hidrologi tanah mempengaruhi nilai *Curve Number*. Tabel kelompok hidrologi tanah ditunjukkan secara rinci pada tabel 7.

Hasil pengamatan kelompok hidrologi tanah Sub DAS Cikamiri memiliki daya infiltrasi tanah yang rendah. Pada Sub DAS Cikamiri, dominasi HSG berada pada kelompok C, D, dan kombinasi CD serta DD. Peta *Curve Number* ditunjukkan pada Gambar 5.

Skor *curve number* di Sub DAS Cikamiri memiliki rentang skor 75-100. Hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa nilai *curve number* pada wilayah hulu didominasi oleh nilai *curve number* berkisar 75-80 sedangkan wilayah hilir tersebar beberapa titik yang memiliki nilai *curve number* 91 -95. Nilai paling rendah untuk *curve number* ada pada kebun dengan kelas hidrologi tanah C yang memiliki nilai 77, dan untuk nilai terbesar ada pada badan air yang memiliki nilai 100 (Alcober & Macuha, 2024). Pemukiman mendapatkan nilai yang cukup besar pada analisis tabel CN tersebut, karena pemukiman dengan nilai HSG D mendapatkan nilai 91. HSG. Nilai *curve number* merupakan parameter penting dalam metode SCS (*Soil Conservation Service*) untuk estimasi limpasan permukaan. CN dipengaruhi oleh penggunaan lahan, kondisi tutupan lahan, dan kelompok hidrologi tanah. Kelompok tanah C dan D memiliki nilai CN yang tinggi karena kemampuannya yang rendah dalam menyerap air. CN untuk HSG C dapat berada pada kisaran 79–89, sedangkan untuk HSG D bisa mencapai 90–95 tergantung pada jenis tutupan lahan (Mishra & Singh, 2003). Oleh karena itu, keberadaan HSG C dan D di Sub DAS Cikamiri mengindikasikan tingginya potensi limpasan dan rendahnya infiltrasi air hujan, yang berkontribusi terhadap terbentuknya banjir bandang.



Gambar 3. Peta rawan pergerakan tanah Sub DAS Cikamiri tahun 2025



Gambar 4. Peta tutupan lahan Sub DAS Cikamiri tahun 2025

Tabel 7. Hasil analisis HSG Sub DAS Cikamiri tahun 2025

No	HSG	Luasan (Ha)	Persentase (%)
1	C	2223,60	35,5
2	D	2107,70	33,7
3	C/D	879,89	14,1
4	D/D	1047,49	16,7

Tahun 2016 didominasi oleh kriteria klasifikasi *curve number* 81-85 sebesar 41,8% dari total luasan lahan. Klasifikasi *curve number* dengan skor 91-95 meningkat dikarenakan adanya pemukiman di wilayah tengah dari Sub DAS Cikamiri dimana hal tersebut berpengaruh besar terhadap limpasan yang dihasilkan dalam peristiwa banjir bandang. Pada tahun 2016, Sub DAS Cikamiri didominasi oleh penggunaan lahan permukiman sehingga nilai *Curve Number* berada pada kisaran 91–95. Namun, pada tahun 2025 terjadi penurunan nilai *Curve Number*. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya luasan permukiman dan meningkatnya area dengan vegetasi, seperti kebun campuran dan hutan sekunder, yang memiliki kemampuan infiltrasi lebih tinggi.

Antecedent Precipitation Index

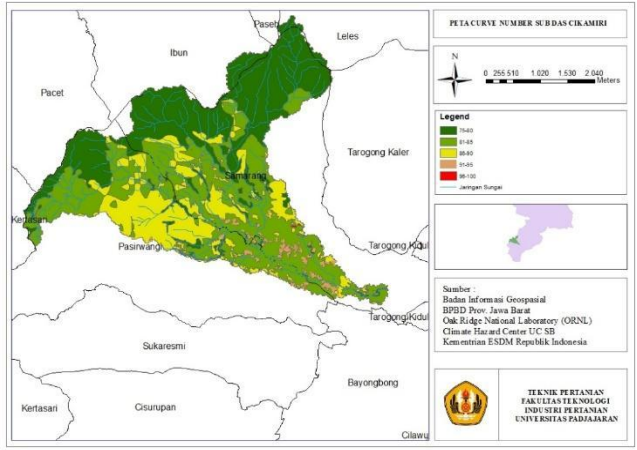
API berfungsi sebagai indikator utama dalam menilai seberapa besar kapasitas tanah untuk menyerap hujan yang baru turun dan seberapa besar kemungkinan terjadinya limpasan permukaan (*runoff*) yang berpotensi menyebabkan banjir bandang (W. Li et al., 2021). Nilai *Antecedent precipitation index* di Sub DAS Cikamiri dianalisis menggunakan data curah hujan ekstrem pada 15 hari sebelum curah hujan tertinggi pada tahun tersebut. Data yang digunakan ialah data curah hujan pada tanggal 16 November 2024 dengan curah hujan tertinggi dalam kurun waktu 1 tahun. Data yang digunakan diantaranya ialah data curah hujan dari *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations* (CHIRPS) dengan resolusi 0,05 pada tanggal 1 November hingga 15 November 2024. Hasil analisis dari nilai *Antecedent precipitation index* di Sub DAS Cikamiri menampung akumulasi air lebih dari 150-200 mm pada tanggal 1 hingga 15 November 2024. Nilai API tersebar secara merata yang menggambarkan bahwa curah hujan relatif tinggi terjadi diseluruh area Sub DAS Cikamiri pada 15 hari terakhir.

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai API pada saat kejadian hujan ekstrem di Sub DAS Cikamiri mencapai 182,2 mm. Berdasarkan klasifikasi nilai API(X. Li et al., 2021), API > 150 mm termasuk dalam kategori tinggi dan menunjukkan bahwa kondisi tanah telah mengalami kejenuhan yang signifikan. Artinya, tanah dalam keadaan tidak mampu lagi menyerap air hujan tambahan secara efektif, sehingga curah hujan yang turun langsung menjadi limpasan permukaan. Tingginya nilai API ini menunjukkan bahwa sebelum terjadinya curah hujan ekstrem, wilayah Sub DAS Cikamiri telah menerima hujan dalam jumlah besar secara berturut-turut selama beberapa hari sebelumnya.

Secara pola spasial, API menunjukkan zonasi yang searah dengan gradien elevasi topografi hulu hingga hilir. Nilai API tinggi (31%) mengelompok secara masif di wilayah hulu yang berketinggian tinggi (>900 mdpl) serta di koridor lembah Sungai Cisarua dan anak sungai di Kecamatan Pasirwangi dan Samarang. Pola akumulasi nilai API tinggi yang ada di wilayah hulu mengindikasikan adanya zona retensi air yang rentan dalam kejenuhan air yang lebih cepat dibandingkan dengan hilir. Hal ini meningkatkan potensi banjir di hilir Cikamiri akibat kemiringan lereng yang cukup curah di daerah hulu dan perubahan tutupan lahan.

Flash Flood Potential Index

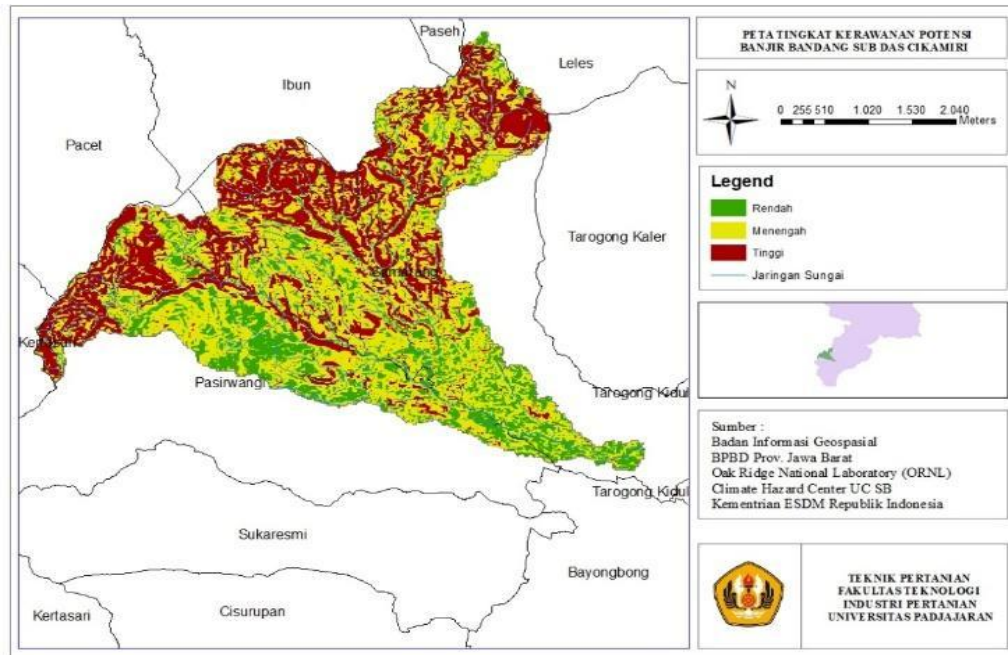
Klasifikasi Tingkat potensi penyebab banjir bandang di Sub DAS Cikamiri tersebut didapatkan dari indeks banjir bandang *Flash Flood Potential Index* (FFPI) berkisar antara 2,3, dan 4, yang masing-masing mewakili klasifikasi potensi penyebab banjir bandang. Indeks potensi penyebab banjir bandang di Sub DAS Cikamiri terdiri atas tiga klasifikasi yaitu, rendah, menengah, dan tinggi yang masing-masing mewakili kelas kerawanan banjir bandang dari FFPI. Hasil analisis Tingkat potensi penyebab banjir banjir bandang di Sub DAS Cikamiri tersebut ditunjukkan pada Gambar 6.



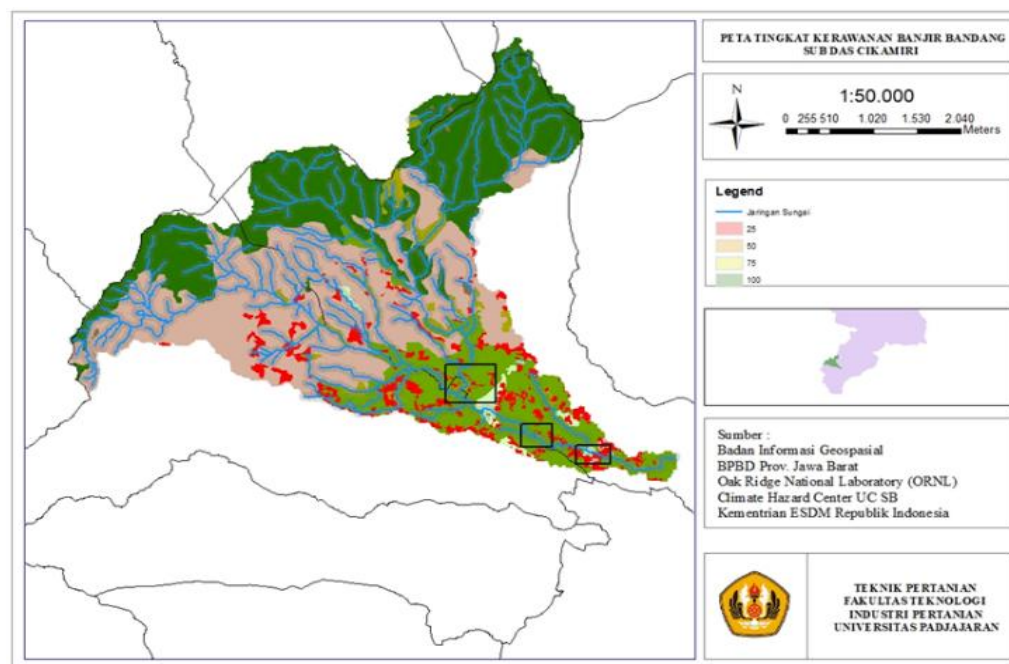
Gambar 5. Peta curve number Sub DAS Cikamiri tahun 2025

Tabel 8. Hasil analisis nilai curve number Sub DAS Cikamiri tahun 2025

No	Klasifikasi CN	Luasan (Ha)	Persentase
1	75-80	2.392,3	38,22%
2	81-85	2.517,24	40,22%
3	86-90	1.045,12	16,70%
4	91-95	301,63	4,82%
5	96-100	2,39	0,04%



Gambar 6. Peta *flash flood potential index* Sub DAS Cikamiri tahun 2025

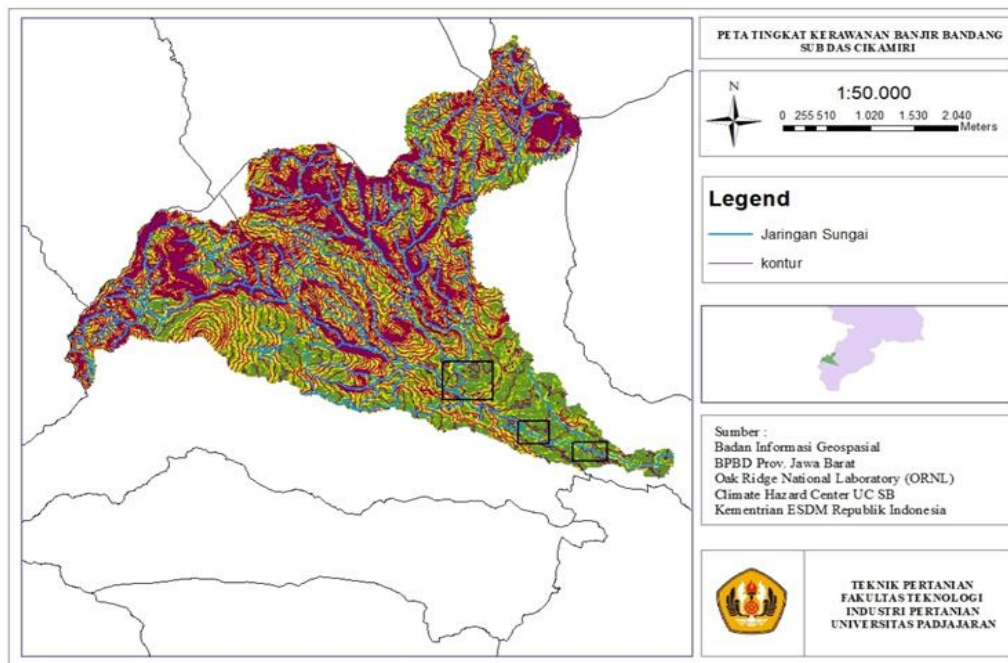


Gambar 7. Peta analisis potensi banjir Sub DAS Cikamiri tahun 2025 berdasarkan buffer

Wilayah Sub DAS Cikamiri didominasi oleh klasifikasi tingkat potensi penyebab banjir bandang sedang atau menengah dengan nilai indeks FFPI 3. Luas wilayah Sub DAS Cikamiri yang termasuk kedalam klasifikasi banjir bandang menengah mencapai 3.070,2 Hektar atau setara dengan 49% dari total luasan lahan. Wilayah dengan tingkat kerentanan banjir bandang tinggi dengan indeks 4 dalam metode FFPI mendominasi di wilayah Utara Sub DAS Cikamiri tepatnya di Kecamatan Samarang dan Kecamatan Pasirwangi. Besaran tingkat potensi penyebab banjir bandang kategori tinggi memiliki total luasan 1.994,4 Hektar atau setara dengan 31,8% dari total luasan Sub DAS Cikamiri.

Berdasarkan hasil analisis spasial menggunakan metode *Flash Flood Potential Index* (FFPI), wilayah yang berpotensi terdampak banjir bandang di Sub DAS Cikamiri terutama

berada pada zona tengah hingga hilir aliran utama sungai Cikamiri, yang menerima kontribusi limpasan dari daerah hulu Kecamatan Samarang dan Pasirwangi. Kondisi tersebut terjadi karena adanya kombinasi faktor morfometri dan tata guna lahan yang saling berkaitan dalam memperbesar potensi aliran permukaan dan energi erosi. Secara geomorfologis, hubungan antara kontur dan kemiringan lahan menunjukkan bahwa daerah dengan pola kontur rapat dan lereng curam berperan sebagai area percepatan aliran air permukaan. Ketika hujan berintensitas tinggi terjadi, air hujan dengan cepat mengalir menuju lembah dan saluran utama tanpa sempat terserap oleh tanah, terutama pada area dengan nilai CN (*Curve Number*) yang tinggi. Kondisi ini menyebabkan debit puncak meningkat secara signifikan dan memicu terbentuknya gelombang banjir bandang di bagian tengah DAS.



Gambar 8. Peta analisis potensi banjir Sub DAS Cikamiri tahun 2025 berdasarkan kontur

Di sisi lain, hubungan antara tutupan lahan dan *buffer* sungai juga berperan penting terhadap tingkat kerentanan wilayah. Pada beberapa segmen sungai, terutama di bagian tengah dan hilir, zona sempadan sungai (*buffer*) telah banyak mengalami alih fungsi lahan menjadi area pertanian intensif dan permukiman, yang mengurangi kapasitas vegetatif dalam menahan dan menyerap aliran permukaan. Hilangnya vegetasi riparian ini menyebabkan air limpasan dari lereng atas mengalir langsung ke badan sungai dengan kecepatan tinggi, memperbesar risiko luapan dan kerusakan di daerah sekitarnya. Peta wilayah yang berpotensi terdampak peristiwa banjir bandang berdasarkan hubungan antara tutupan lahan dan *buffer* sungai dijelaskan dalam peta berikut.

Hasil analisis dari peta tersebut menjelaskan mengenai hubungan erat antara *buffer* dan tutupan lahan. Zona *buffer* sungai berfungsi sebagai wilayah penyangga alami antara badan air dan aktivitas penggunaan lahan di sekitarnya. Secara ekologis, area ini memiliki peran vital dalam menyerap limpasan permukaan, menahan sedimen, dan memperlambat kecepatan aliran air sebelum mencapai sungai utama. Oleh karena itu, kesesuaian lahan terhadap risiko banjir bandang sangat bergantung pada kondisi tutupan lahan di dalam dan sekitar zona *buffer*. Hal tersebut sesuai dengan (Khalit et al., 2025) yang menyatakan perubahan tutupan lahan di sekitar *buffer* sungai, terutama konversi hutan menjadi lahan pertanian dan permukiman, meningkatkan frekuensi dan intensitas banjir karena berkurangnya fungsi penyerapan air di wilayah riparian.

Pada wilayah Sub DAS Cikamiri, hasil overlay antara peta *buffer* sungai dan peta tutupan lahan menunjukkan bahwa semakin besar tingkat perubahan fungsi lahan di dalam zona *buffer*, semakin rendah pula tingkat kesesuaian lahan terhadap potensi banjir bandang. Daerah yang semestinya bervegetasi alami seperti hutan riparian atau semak belukar banyak mengalami konversi menjadi lahan pertanian terbuka, kebun sayuran, dan permukiman, terutama di bagian tengah hingga hilir. Perubahan ini menyebabkan hilangnya kemampuan tanah dalam menahan dan menyerap air hujan, serta meningkatkan volume limpasan langsung ke sungai. Hal tersebut ditunjukkan dengan banyaknya permukiman yang menyebar di wilayah

buffer sungai yang bahkan sangat dekat dengan aliran sungai.

Kondisi kerawanan ditunjukkan oleh dominasi kerawanan banjir bandang di sepanjang koridor penyangga (*buffer*), dengan kelas sedang mencakup luas 3.070,2 ha atau 49% dari total Sub DAS Cikamiri dan kerawanan tinggi mencapai kritis sebesar 1.994,4 ha atau 31,8% dari total luas wilayah. Secara analisis spasial, tingkat konservasi lahan sempadan yang paling parah dan menjadi lokasi prioritas untuk penanganan konservasi. Penyebab utama okupansi zona penyangga ini adalah tingginya desakan kebutuhan masyarakat dalam memanfaatkan lahan aluvial yang subur di tepi sungai untuk pertanian hortikultura tanpa memperhatikan batas aman sungai. Karakter ini erat dengan parameter Curve Number (CN) yang tinggi dan API yang cepat jenuh.

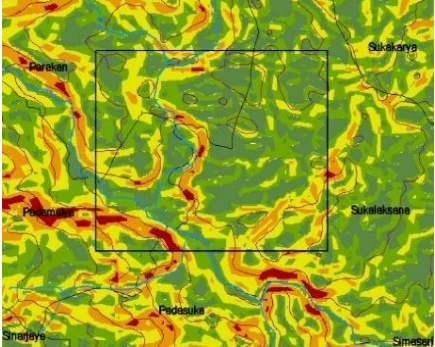
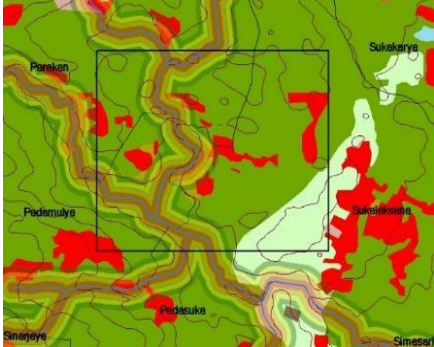
Sebagai langkah mitigasi direkomendasikan pemulihan fungsi zona *buffer* secara vegetatif dengan menggunakan tanaman berakar dalam seperti vetiver dan bambu yang dapat menyerap air dengan baik dan menahan tanah dengan kuat. Aturan sempadan sungai minimum 50 meter dan rekayasa tebing sungai berdekatan dengan permukiman padat untuk meminimalkan risiko bencana.

Pola kontur pada Sub DAS Cikamiri menunjukkan variasi yang signifikan antara bagian hulu, tengah, dan hilir. Kontur yang rapat dan saling berdekatan terkonsentrasi di bagian hulu, terutama pada sisi timur dan barat, yang menandakan adanya kemiringan lereng yang curam dan perbedaan elevasi yang tinggi. Kondisi ini menggambarkan karakteristik wilayah pegunungan yang masih aktif secara morfologis, dimana gaya gravitasi memiliki pengaruh besar terhadap arah dan kecepatan aliran permukaan. Lereng curam pada bagian ini berperan sebagai zona percepatan limpasan air hujan (*runoff acceleration zone*), sehingga sangat berpotensi menjadi daerah penghasil debit puncak (*peak flow*) ketika terjadi hujan berintensitas tinggi. Sementara itu, pada bagian tengah hingga hilir, pola kontur mulai tampak semakin renggang dan melebar, menandakan perubahan topografi menjadi lebih landai. Pola ini sesuai dengan hasil interpretasi peta kemiringan lereng yang menunjukkan penurunan gradien elevasi secara bertahap ke arah hilir. Daerah dengan kontur renggang berfungsi sebagai zona akumulasi limpasan

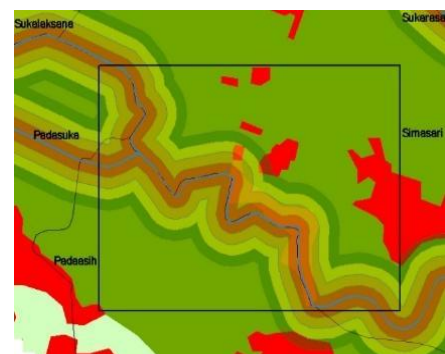
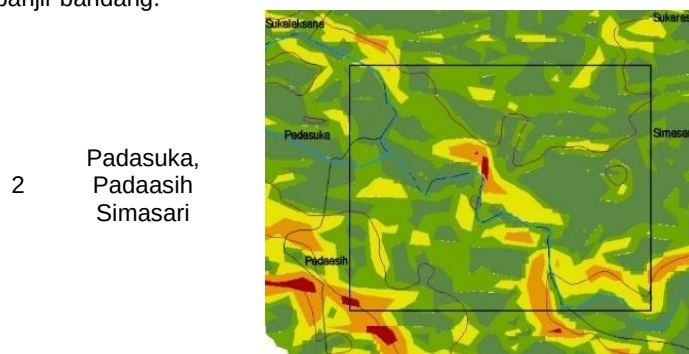
yang menerima aliran dari bagian hulu. Pada wilayah ini, air cenderung melambat dan terfokus mengikuti pola jaringan

aliran sungai utama Cikamiri, yang berfungsi sebagai saluran alami penyalur debit air dari seluruh sub DAS.

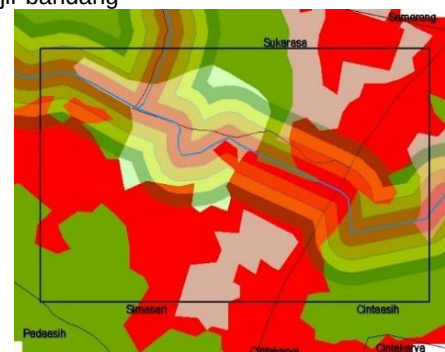
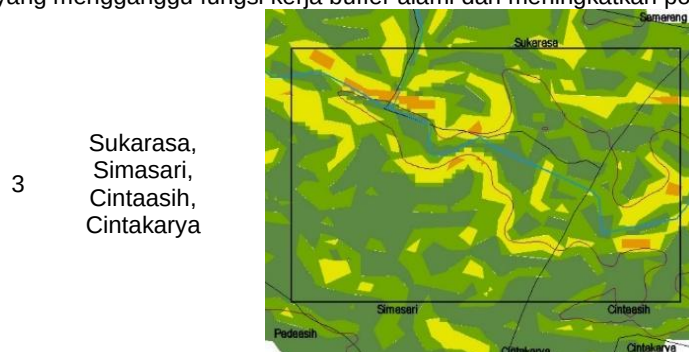
Tabel 8. Hasil analisis potensi banjir bandang melalui hubungan kontur dan *buffer*

No	Desa Berpotensi Tedampak	Peta Kontur	Peta Buffer
1	Sukalaksana, Padamulya, Parakan		

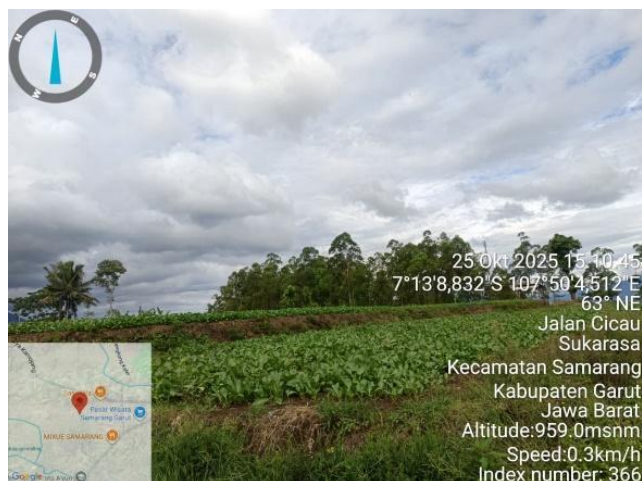
Penyebab: Beberapa desa di wilayah tersebut memiliki pola kontur yang renggang dengan kemiringan lahan relatif landai, sehingga menjadi lokasi yang banyak dimanfaatkan sebagai area permukiman penduduk. Namun, sebagian permukiman tersebut berada di dalam zona buffer sungai, bahkan hingga mencapai zona bahaya dengan jarak kurang dari 25 meter dari tepi sungai. Kondisi ini semakin berisiko karena wilayah tersebut juga menerima aliran dari percabangan sungai yang berasal dari daerah dengan kemiringan tinggi di bagian hulu, sehingga pada saat hujan berintensitas tinggi, aliran air dengan debit besar dan kecepatan tinggi dapat dengan cepat mencapai kawasan permukiman dan meningkatkan potensi banjir bandang.



Penyebab: Wilayah di sekitar percabangan sungai pada Sub DAS Cikamiri memiliki tutupan lahan yang didominasi oleh permukiman dan lahan terbuka, sehingga mengurangi efektivitas fungsi buffer sungai dalam menahan limpasan permukaan dan sedimen. Keberadaan percabangan sungai meningkatkan konvergensi aliran air dari beberapa arah, yang memperbesar potensi tekanan hidrologi terhadap tepian sungai. Zona percabangan sungai cenderung memiliki kerentanan banjir lebih tinggi karena konsentrasi debit dan turbulensi aliran yang lebih besar (Nugraha, 2014). Dengan demikian, kombinasi antara percabangan sungai dan perubahan tutupan lahan di sekitar sempadan sungai menjadi faktor utama yang mengganggu fungsi kerja buffer alami dan meningkatkan potensi banjir bandang



Penyebab: permukiman warga yang dibangun di dalam zona buffer sungai dengan kondisi kemiringan lahan landai dan kontur renggang. Secara morfologis, daerah dengan topografi landai berfungsi sebagai zona akumulasi limpasan air dari bagian hulu, sehingga keberadaan permukiman di area ini meningkatkan risiko genangan dan banjir bandang. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2011 tentang Sungai, sempadan sungai di kawasan perkotaan harus berjarak minimal 50 meter dari tepi sungai, dan area tersebut seharusnya difungsikan sebagai ruang terbuka hijau atau zona lindung riparian, bukan untuk pemukiman. Penelitian (Adidarma, 2013) menunjukkan bahwa perubahan fungsi lahan di sempadan sungai menjadi kawasan terbangun dapat menurunkan kapasitas infiltrasi dan mengganggu fungsi ekologis buffer sungai dalam menahan limpasan dan sedimen.



Gambar 9. Groundcheckutupan lahan Cikamiri



Gambar 10. Groundcheckutupan lahan di buffer Sungai Cikamiri

Validasi

Validasi hasil dilakukan dengan verifikasi lapangan atau *groundcheck* secara langsung yang berfokus pada titik—titik koordinat kritis yang teridentifikasi memiliki tingkat kerawanan tinggi.

Berdasarkan hasil *groundcheck* membuktikan adanya hubungan sebab-akibat antara perubahanutupan lahan, pergerakan tanah dan kondisi eksisting lahan yang menyebabkan potensi banjir di sekitar *buffer* dan kontur.

KESIMPULAN

Analisis menyimpulkan potensi banjir bandang di Sub DAS Cikamiri dipengaruhi secara signifikan oleh tingginya *Antecedent Precipitation Index*, nilai *curve number* sebagai koefisien resapan air dan karakteristik kemiringan lereng yang curam di wilayah hulu Sub DAS Cikamiri. Kondisi tersebut mengakibatkan rendahnya kapasitas infiltrasi dan tingginya akumulasi limpasan permukaan ekstrem. Dengan kelas kerawanan sedang seluas 3.070,2 ha atau 49% dan kelas kerawanan tinggi seluas 1.994,4 ha atau 31,8% dari total wilayah. Wilayah yang berpotensi terdampak banjir bandang di Sub DAS Cikamiri yang utama berada pada zona tengah hingga hilir aliran utama sungai Cikamiri, yang menerima kontribusi limpasan dari daerah hulu Kecamatan Samarang dan Pasirwangi. Temuan ini menegaskan urgensi pengelolaan DAS yang berfokus pada pemulihan fungsi hidrologis lahan untuk meminimalisir risiko bencana di masa depan dengan Kecamatan Samarang dan Kecamatan

Pasirwangi sebagai lokasi prioritas utama penanganan di bagian hulu.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program *Academic Leadership Grant* Universitas Padjadjaran untuk bantuan dana dan data sehingga penelitian bisa dilaksanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abraham, S., Huynh, C., & Vu, H. (2019). Classification of Soils into Hydrologic Groups Using Machine Learning. *Data*, 5(1), 2. <https://doi.org/10.3390/data5010002>
- Adidarma, W. K. (2013). Teknik Perhitungan Banjir Desain untuk Bendungan Menggunakan Metode NRCS. *Jurnal Teknik Hidraulik*.
- Alcober, C. A., & Macuha, R. (2024). DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF A GIS-BASED CURVE NUMBER MAP OF THE PHILIPPINES. *ASEAN Engineering Journal*, 14(2), 173–181. <https://doi.org/10.11113/aej.v14.21013>
- Asdak, C., & Sudrajat, S. (2017). Hydrological Implication of Traditional Farming Systems: A Case Study un the Upper Citarum and Cimanuk Watersheds, West Java. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12(17), 4415–4419.
- Azizah, C., Pawitan, H., Dasanto, B. D., Ridwansyah, I., & Taufik, M. (2022). Risk assessment of flash flood potential in the humid tropics Indonesia: a case study in Tamiang River basin. *International Journal of Hydrology Science and Technology*, 13(1), 57. <https://doi.org/10.1504/IJHST.2022.119236>
- Dibaba, W. T., Demissie, T. A., & Miegel, K. (2020). Drivers and Implications of Land Use/Land Cover Dynamics in Finchaa Catchment, Northwestern Ethiopia. *Land*, 9(4), 113. <https://doi.org/10.3390/land9040113>
- FORDA, & Prov. Jabar. (2017, April). *Bersama-sama Cegah Bencana Banjir dan Longsor*. www.Forda-Mof.Org/Index.Php/Berita/Post/3517.
- Guzha, A. C., Rufino, M. C., Okoth, S., Jacobs, S., & Nóbrega, R. L. B. (2018). Impacts of land use and land cover change on surface runoff, discharge and low flows: Evidence from East Africa. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 15, 49–67. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2017.11.005>
- Hayashi, M. (2020). Alpine Hydrogeology: The Critical Role of Groundwater in Sourcing the Headwaters of the World. *Groundwater*, 58(4), 498–510. <https://doi.org/10.1111/gwat.12965>
- Khalit, S. I., Ayob, N., Azid, A., Md Rejab, M. R., Lananan, F., & Hassan, A. (2025). Analyzing Seasonal Changes in Water Quality Indicators of Sungai Chantek, Pasir Akar Farm: Implications for Environmental Chemistry and Ecosystem Health. *Malaysian Journal of Applied Sciences*, 10(2), 45–62. <https://doi.org/10.37231/myjas.2025.10.2.422>

- Li, W., Li, L., Chen, J., Lin, Q., & Chen, H. (2021). Impacts of land use and land cover change and reforestation on summer rainfall in the Yangtze River basin. *Hydrology and Earth System Sciences*, 25(8), 4531–4548. <https://doi.org/10.5194/hess-25-4531-2021>
- Li, X., Wei, Y., & Li, F. (2021). Optimality of antecedent precipitation index and its application. *Journal of Hydrology*, 595, 126027. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126027>
- Mohd Yassin, N. A., Adnan, N. A., & Md Sadek, E. S. S. (2023). ANALYSIS OF FLASH FLOOD POTENTIAL INDEX (FFPI) AND SCENARIOS ASSESSMENT IN SHAH ALAM USING GIS APPROACH. *PLANNING MALAYSIA*, 21. <https://doi.org/10.21837/pm.v21i26.1255>
- Mumayyizah, M., Candra, A. I., Iskindaria, A., Mufaidah, F., & Aldiansyah, M. R. (2023). Investigation and Slope Improvement of Landslides on Bodor River Slopes. *UKaRsT*, 7(2), 160–173. <https://doi.org/10.30737/ukarst.v7i2.5031>
- Munggaran, G., Hidayat, Y., Tarigan, S. D., & Baskoro, D. P. T. (2019). Analisis Respon Hidrologi dan Simulasi Teknik Konservasi Tanah dan Air Sub DAS Cimanuk Hulu. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*, 19(1), 26–32. <https://doi.org/10.29244/jitl.19.1.26-32>
- Nguyen-Huy, T., Kath, J., Nagler, T., Khaung, Y., Su Aung, T. S., Mushtaq, S., Marcussen, T., & Stone, R. (2022). A satellite-based Standardized Antecedent Precipitation Index (SAPI) for mapping extreme rainfall risk in Myanmar. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 26, 100733. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100733>
- Nugraha, M. A. (2014). Analisis Hidrograf Banjir pada DAS Boang. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 2(4), 638–641.
- Shawaqfah, M. (2020). Mapping Flash Flood Potential and Risk Level Using GIS Techniques and the Flash Flood Potential Index (FFPI) in Amman Zarqa Basin of Jordan. *JORDANIAN JOURNAL OF ENGINEERING AND CHEMICAL INDUSTRIES (JJECI)*, 3(3), 81–90. <https://doi.org/10.48103/jjeci3102020>
- Sihaloho, E. P. B., Afany, M. R., & Peniwiratri, L. (2024). KAJIAN BEBERAPA SIFAT KIMIA TANAH PODSOLIK MERAH KUNING PADA LAHAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT BERBEDA UMUR DI SEI DAUN, KABUPATEN LABUHANBATU SELATAN, SUMATERA UTARA. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 11(1), 151–160. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2024.011.1.17>
- Soerya, S. F., & Hanifah, A. (2025). Analisis Penentuan Prioritas Pengelolaan Sub DAS Cikamiri Menggunakan Metode AHP. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 13(2), 241–252.
- Sugianto, S., Deli, A., Miswar, E., Rusdi, M., & Irham, M. (2022). The Effect of Land Use and Land Cover Changes on Flood Occurrence in Teunom Watershed, Aceh Jaya. *Land*, 11(8), 1271. <https://doi.org/10.3390/land11081271>
- Trinugroho, M. W., & Nguyen, D. H. (2021). Assessing freshwater water balance in Cimanuk River Basin. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 648(1), 012094. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/648/1/012094>
- Yuniati, N. (2016, 21 September). Banjir Bandang Garut Karena Alih Fungsi Lahan di Hulu Sungai Cimanuk. *Pikiran Rakyat*. <http://www.pikiran-rakyat.com/jawa-barat/2016/09/21/banjir-bandang-garut-karena-alih-fungsi-lahan-di-hulu-sungai-cimanuk-380448>.
- Zulhisman, N. A., & Sadek, E. S. S. (2023). Employing the Flash Flood Potential Index (FFPI) with Physical Environmental Factors in Baling, Kedah through GIS Analysis. *International Journal of Geoinformatics*, 19–29. <https://doi.org/10.52939/ijg.v19i5.2653>

Halaman ini sengaja dikosongkan