# PEMETAAN GEOSPASIAL RISIKO BANJIR DI SUB-DAS GUNTING, JOMBANG JAWA TIMUR

Arbi Tri Kuswardhana<sup>1</sup>, Entin Hidayah<sup>\*2</sup> dan Retno Utami Agung Wiyono<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Magiter Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Jember

<sup>2</sup>Dosen Program Studi Magiter Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Jember

Korespondensi: entin.teknik@unej.ac.id

#### ABSTRACT

Floods are the most recurring natural disasters and impact human life, causing a severe economic downturn. The level of flood risk is a function of hazard and vulnerability. Flood risk-prone areas need to be identified to reduce the flood risk level. This study aims to assess flood risk based on spatial analysis results with Geographic Information Systems (GIS). The flood hazard map is built from remote sensing-based data in the form of a digital elevation model (DEM) applied using the frequency ratio weighting (FR) technique. Vulnerability maps are generated from social, economic, physical, and environmental data applied through techniques overlays weighted using the analytical hierarchy process (AHP). The resulting risk map shows that 21.93% and 6.40% of the total area are at a very high and high level of flood risk. This map is very useful for planning flood management.

Keyword : Banjir, Kerawanan, Kerentanan, Risiko, Sistem Informasi Geografis.

#### **1. PENDAHULUAN**

Banjir dianggap sebagai fenomena paling umum dan bencana alam yang terjadi di manamana di seluruh dunia dibandingkan dengan bencana lainnya seperti tanah longsor, tsunami, gempa bumi, letusan gunung berapi, dan lainlain[1]. Banjir juga salah satu bencana alam yang paling berulang dan merusak, berdampak pada kehidupan manusia dan menyebabkan kerusakan ekonomi yang parah[2]. Akibat dari bencana alam semacam ini kerusakan berupa infrastruktur dan properti, serta ratusan nyawa manusia hilang setiap tahun[3].

Belakangan ini, perubahan iklim merupakan faktor yang cukup besar dalam kejadian banjir ekstrem[4]. Risiko banjir di suatu daerah dapat dipengaruhi secara signifikan oleh perubahan yang disebabkan oleh iklim, dan dapat mengubah pola penggunaan lahan dan menciptakan permukaan yang kedap air, yang dapat meningkatkan kecepatan aliran[5]. Selain iklim, beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya banjir adalah karakteristik ketinggian suatu wilayah, kemiringan lereng, kedekatan dari saluran utama, kelengkungan topografi, dan banyak lagi[6]. Untuk memitigasi dampak buruk banjir, desain dan implementasi strategi manajemen risiko diperlukan. Penilaian risiko banjir memainkan peran penting dalam manajemen bencana banjir dan pengambilan keputusan[7].

Faktor-faktor yang diprediksi memicu terjadinya banjir antara lain kemiringan lereng, Topographic Wetness Index (TWI), Topographic Position Index (TPI), indeks konvergensi, plan curvature, profile curvature, river density, curah hujan, tata guna lahan, dan Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)[8]–[10]. Berdasarkan faktor-faktor tersebut, perlu dilakukan pengkajian untuk membuat peta kerawanan banjir. Salah satu caranya dengan memanfaatkan sistem informasi geografis (SIG) untuk memetakan kawasan yang rawan terjadi banjir[11]. Metode dalam menentukan tingkat kerawanan banjir adalah metode Frequency Ratio (FR). Metode Frequency Ratio (FR) dapat dianggap sebagai metode signifikan yang menggunakan persepsi sederhana dan dapat dimengerti[10]. Di antara model statistik bivariat, model FR dianggap sebagai salah satu metode paling akurat, yang mudah diterapkan dan dapat menghasilkan analisis dan pemetaan risiko yang dapat diterima [12]. Oleh karena itu, FR dipilih dari kumpulan metode statistik bivariat untuk penelitian ini.

Kerentanan diperlukan untuk menentukan analisis yang tepat yang diperlukan untuk memetakan potensi banjir atau banjir bandang[13]. Metode yang digunakan untuk menilai kerentanan suatu wilayah dapat dikembangkan bertujuan untuk menilai kondisi yang mendukung keruskan akibat banjirdi berbagai tingkat seperti pada sub-DAS dan area perkotaan[14]. Beberapa elemen yang sering digunaan dalam memetakan kerentanan adalah elemen sosial, ekonomi, lingkungan dan fisik. Elemen sosial ekonomi menggambarkan suatu kapasitas, keterampilan, dan pengetahuan kondisi rumah tangga. Pada elemen lingkungan mencakup kondisi alam yang mempengaruhi kerentanan daerah terhadap banjir[15]. Kemudian elemen fisik yang mencakup kondisi fisik buatan manusia yang mempengaruhi kerentanan suatu daerah terhadap banjir[15]. Pembobotan masing masing elemen kerentanan pada umumnya dianalisis dengan menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP)[16]. Metode AHP digunakan dalam penyelesaian masalah yang dilakukan dengan cara menganalisis secara simultan serta saling terintegrasi puntuk tiap parameternya. Nilai parameter yang dihasilkan berupa nilai kuantitatif atau kualitatif sehingga akan menghasilkan kesimpulan yang lebih objektif [16].

Untuk menangani risiko bahaya banjir yang terkait, sistem informasi geografis menjadi penting untuk mengembangkan alat dalam membantu keputusan tentang kerentanan dan bahaya lokal untuk pencegahan risiko[17]. Strategi mitigasi banjir non-struktural yang meliputi perencanaan penggunaan lahan, prakiraan dan penerapan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan Remote Penginderaan telah mendapatkan lebih banyak perhatian [18]. Tetapi teknik GIS ini juga memiliki kelemahan tertentu karena tidak dapat memodelkan secara signifikansi relatif dari faktor akurat pengkondisian berbeda[19]. yang Untuk mengatasi kelemahan ini, beberapa model telah digabungkan dengan teknik GIS dan salah satunya adalah Model Pengambilan Keputusan Multi Kriteria seperti Analytic Hierarchy Process (AHP)[20], [21].

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan memetakan daerah risiko banjir di sub-DAS Gunting. Proses penilaian risiko banjir dilakukan dengan menggabungkan kerawanan banjir menggunakan metode rasio frekuensi pada beberapa parameter yang relevan dengan kejadian banjir dan kerentanan yang menggunakan metode AHP, dimana pengolahan data dilakukan menggunakan SIG.

#### 2. METODE PENELITIAN 2.1. Wilayah Studi

Penelitian dilakukan di sub-DAS Gunting yang berada di Kabuapten Jombang, Jawa Timur seperti terlihat pada Gambar 1. Wilayah ini mencakup 15 Desa dari 3 Kecamatan, yaitu Desa Wringinpitu dan Desa Catakgayam yang berada pada Kecamatan Mojowarno, Desa Kademangan, Desa Betek, Desa Janti, Desa Mancilan, Desa Karobelah dan Desa Gambiran vang berada pada Kecamatan Mojoagung, Desa Curahmalang, Desa Talun kidul. Desa Madiopuro, Desa Kendalsari, Desa Sumobito, Desa Kedungpapar dan Desa Plemahan yang berada pada Kecamatan Sumobito. Dan wilayah ini memiliki luas sekitar 3316 Hektar.

### 2.2 Metodologi

Risiko banjir merupakan fungsi dari ancaman dan kerentanan terhadap banjir, atau perkembangan suatu daerah selama periode waktu tertentu termasuk konsekuensi dari cedera dan penyakit, kematian, mengancam jiwa, perpindahan, hilangnya rasa aman dan nyaman, kehilangan harta benda dan kerusakan. dari kehidupan masyarakat. Badan Nasional Penanggulangan Bencana menerbitkan pedoman penetapan risiko bencana, khususnya Peraturan Kepala BNPB Nomor 2 Tahun 2012 vang memuat pedoman umum penilaian risiko bencana[22]. Konsep risiko kadang dituliskan dalam bahasa matematika seperti misalnya,

$$= H \times V$$

R

R = Risk (Risiko)

V = Vulnerability (Kerentanan)

Tahapan dalam melakukan penilaian risiko banjir ini dibagi menjadi 3 tahap, yaitu penilaian kerawanan banjir dengan metode rasio frekuensi, penilaian kerentanan banjir dengan model AHP, dan pemetaan risiko banjir. Terlihat pada **Gambar 2**.

(1)



Gambar 1. Wilayah studi



Gambar 2. Diagram alir penelitian

#### 2.3. Persiapan Lapisan Geospasial

Sejumlah data geospasial multi sumber telah digunakan dalam studi ini untuk menyiapkan peta kerawanan banjir, seperti DEM SRTM dengan resolusi 30x30 m, citra Landsat 8 (OLI), Peta Rupa Bumi Indonesia. Penggunaan data spasial dapat dilihat pada **Tabel 1** berikut ini.

		and optional
No	Parameter Banjir	Sumber
1	Elevasi	DEM SRTM 30 m
2	Kemiringan lereng	DEM SRTM 30 m
3	SPI	DEM SRTM 30 m
4	TWI	DEM SRTM 30 m
5	Densitas Sungai	Peta Rupa Bumi Indonesia
6	Flow Accumulation	DEM SRTM 30 m
7	Geologi	Peta Rupa Bumi Indonesia
8	Jenis Tanah	Peta Rupa Bumi Indonesia
9	Penggunaan lahan	Peta Rupa Bumi Indonesia
10	Kerapatan sungai	Peta Rupa Bumi Indonesia
11	Curah hujan	PU SDA Jombang
12	NDVI	Landsat 8 USGS Earth

 Tabel 1. Penggunaan data spasial

Data ini digunakan untuk menghasilkan lapisan tematik pada ArcGis yang melibatkan 12 parameter, sehingga diperoleh peta kerawanan banjir.

#### 2.4. Proses Pembobotan Kerawanan Banjir dengan Rasio Frekuensi

Rasio frekuensi merupakan model probabilistik sederhana yang mudah dipahami dan diterapkan dengan menentukan rasio kejadian bencana terhadap luas total dan rasio peluang bencana terhadap kejadian bencana untuk setiap parameter pengamatan[23]. Pada pemetaan kerawanan banjir, metode ini dapat didefinisikan sebagai perbandingan luasan rawan banjir yang dapat terjadi terhadap total wilayah studi[23]. Nilai rasio frekuensi dihitung menggunakan persamaan dibawah ini.

$$FR = \frac{A/B}{M/N}$$
(2) dimana:

- A : jumlah piksel kejadian banjir untuk setiap kelas dari setiap parameter
- B : jumlah piksel kejadian banjir di wilayah studi
- M : jumlah piksel untuk setiap kelas parameter
- N : jumlah piksel untuk total wilayah studi

Peta kerawanan banjir dihasilkan dengan menghitung indeks kerawanan banjir. Indeks kerawanan banjir dihitung dengan menjumlahkan nilai rasio frekuensi pada setiap parameternya[23].

# 2.5. Proses Pembobotan Kerentanan Banjir dengan AHP

Proses Hierarki Analitik menggunakan struktur hierarki untuk mewakili masalah yang selanjutnya menggunakan prioritas alternative penilaian berdasarkan pengguna dan berdasarkan perbandingan berpasangan[24]. Penentuan kriteria evaluasi dan bobotnya harus disesuaikan dengan kepentingannya. Prosesnya terdiri dari enam langkah: memecah masalah kompleks yang tidak terstruktur menjadi faktorfaktor komponennya, mengembangkan hierarki AHP. membuat matriks perbandingan berpasangan ditentukan dengan memaksakan penilaian, menetapkan nilai untuk penilaian subjektif dan menghitung bobot relatif dari setiap kriteria, mensintesis penilaian untuk menentukan prioritas variabel, dan memeriksa konsistensi penilaian.

Perhitungan rasio frekuensi merupakan salah satu poin penting dalam AHP[24]. Konsistensi matriks dapat diterima apabila rasio konsistensi (CR) kurang dari 0,1.

$$CR = CI/RI \tag{3}$$

dengan RI merupakan nilai

rata-rata dari indeks konsistensi random, dan CI merupakan indeks konsistensi menggunakan persamaan dibawah ini yang ditampilan pada **Tabel 2**.

$$CI = \binom{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)}$$
(4)

	Г	abel	2.	Nilai	indeks	random	(RI
--	---	------	----	-------	--------	--------	-----

n	1	2	3	4	5
RI	0	0	0,58	0,90	1,12
n	6	7	8	9	10
RI	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

#### 2.6. Penentuan Tingkat Risiko Banjir

Tingkatan risiko banjir dapat dibagi menjadi lima kelas[25].

: Sangat rendah

- : Rendah
  - : Sedang
- : Tinggi
  - : Sangat Tinggi

Kelima kelas ini dibuat dengan indikator warna berdasarkan tingkat risiko dengan menggunakan metode *natural break (jenks)* pada ArcGIS Esri[25]. Analisa yang digunakan dalam penentuan zona risiko adalah map algebra

57

dari rumus fungsi Risiko dengan spatial analyst tool yaitu raster calculator. Raster calculator berguna dalam mathematical calculations dari rumus fungsi risiko. Input data yang di overlay adalah data bahaya (hazards) banjir dan data kerentanan (vulnerability) banjir[26].

### **3. HASIL DAN PEMBAHASAN 3.1. Lapisan tematik pada ArcGIS**

Sejumlah besar data geospasial multisumber telah digunakan untuk menyiapkan peta kerawanan banjir. Kemudian, semua lapisan tematik diubah menjadi resolusi spasial 30 m, dan melibatkan 12 parameter kerawanan banjir pada *software* ArcGIS Esri dengan hasil peta kerawanan banjir. Terdapat 12 parameter yang digunakan dalam pembuatan peta kerawanan banjir sub-DAS Gunting yang terlihat pada **Gambar 3** dan **Gambar 4**, yaitu parameter peta elevasi, peta kemiringan lereng (*slope*), peta *Stream Power Index* (SPI), peta *Topographic Wetness Index* (TWI), peta kerapatan sungai, peta penggunaan lahan, peta jarak ke sungai, peta *Flow Accumulation*, peta curah hujan, peta *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), peta *Soil* dan peta *Geology*.

Peta tematik kerawanan banjir dipersiapkan berdasarkan bobot dan peringkat yang direklasifikasi untuk memvisualisasikan parameter-parameter di seluruh wilayah studi.



Gambar 3. Peta parameter; a. elevasi; b. slope; c. SPI; d. TWI; e. river density; f. flow accumulation



Gambar 4. Peta parameter; a. distance; b. landuse; c. rainfall; d. NDVI; e. soil; f. Goelogy

Metode FR yang diterapkan untuk mengukur kemampuan prediksi dari faktor pendorong banjir terpilih ditunjukkan pada Gambar 5. Pada parameter elevasi menunjukan pembagian kelas dengan range nilai elevasi dari kelas elevasi 21 sampai 55 m, setiap kelas memiliki distribusi data grid yang berbeda-beda, nilai FR pada peta elevasi dengan kelas elevasi 21-26, 26-29, 29-32, 32-35, 35-39, 39-43, 43-47, dan 47-55 berturut-turut sebesar 0,48; 0,84; 0,70; 0,71; 1,84; 1,52; 1,10; dan 0,58. Pada peta parameter slope, yang merupakan peta hasil turunan dari peta elevasi, peta *slope* menunjukan tingkat kelerengan suatu daerah dengan satuan derajat (degree). Pada parameter slope kelas 0 ->57,65, nilai FR berturut-turut sebesar 1,06; 1,12; 0,76; 1,03; 1,11; 1,22; 0; dan 0. Peta parameter SPI, TWI, dan flow accumulation

juga menunjukan peta hasil turunan dari peta elevasi, peta parameter Stream Power Index (SPI) menunjukan tingkat kekuatan aliran air. Pada parameter SPI kelas 0-3,98 memiliki bobot FR 23%. Kelas dua 3,98-14,58 dengan bobot FR 27%. Dan kelas SPI 14,58-30,47; 30,47-53; 53-83,47; 83,47-124,55; 124,55-190,80; dan 190,80-337,87 memiliki bobot FR berturut-turut sebesar 0,99; 1,16; 0,86; 0,37; 0,94; 0; 0; dan 0. Peta parameter Topographic Wetness Index (TWI) menunjukan tingkat kebasahan topografi. Pada parameter TWI kelas 4,73 – 6,3, nilai FR berturut-turut sebesar 0,91 pada kelas satu, 1,01 untuk kelas dua, 0,93 untuk kelas tiga, 1,04 untuk kelas empat, 1,11 untuk kelas lima, 1,05 untuk kelas enam, 1,57 untuk kelas tujuh, dan 0 pada kelas terakhir.



Gambar 5. Variasi nilai FR yang dihitung untuk setiap kelas parameter kerawanan

# **3.2. Penerapan FR untuk Kerawanan Banjir**

Peta parameter flow accumulation merupakan peta yang merepresentasikan kecepatan aliran permukaan, pada parameter flow accumulation kelas pertama, kedua, dan ke empat dengan nilai 0-42; 43-150; dan 319-548 memiliki nilai FR berturut-turut 1,04; 0.75; dan 1.11; sedangkan pada kelas yang lain memiliki nilai FR masing-masing 0. Berbeda dengan peta parameter density, merupakan peta yang di turunkan dari peta jaringan sungai, peta density menunjukan tingkat kepadatan sungai. peta *density* dengan kelas density 0-0,344; 0,345-0,783; 0,784-1,2; 1,21-1,64; 1,65-2,12; 2,13-2,69; 2,7-3,46; dan 3,47-4,87 memiliki bobot FR berturut-turut sebesar 1,32; 1,32; 0,77; 1,10; 0,59; 0,38; 0,31 dan 1,01. Peta parameter *distance* memiliki proses yang sama dengan peta density yaitu dari turunan parameter peta elevasi. Peta density menunjukan tingkat kepadatan sungai pada suatu wilayah. Pada parameter distance kelas 0 - 800 m, nilai FR berturut-turut sebesar 1,31 pada kelas satu, 1,57 untuk kelas dua, 1,10 untuk kelas tiga, 0,73 untuk kelas empat, 0,81 untuk kelas lima, 0,74 untuk kelas enam, 0,21 untuk kelas tujuh, dan 0 pada kelas terakhir.

Peta parameter *landuse*, *soil*, dan *geology*, masing-masing merupakan peta yang didapatkan dari peta Rupa Bumi Indonesia (RBI). Pada peta parameter *landuse* menunjukan tata guna lahan di daerah tersebut.

Pada parameter landuse kelas perkebunan/kebun memiliki nilai FR 0,26; tegalan/ladang dengan nilai FR 0,97; sawah dengan nilai FR 0,21; dan permukiman dengan bobot FR paling tinggi sebesar 3,80; sedangkan pada kelas padang rumput, semak belukar, dan sungai, masing-masing memiliki nilai FR sebesar 0. Peta parameter soil menunjukan sebaran jenis tanah di daerah tersebut. menunjukkan nilai FR pada peta soil dengan soil Tanah Aluvial, Regosol, dan Andosol berturut-turut sebesar 0,78; 1,47; dan 0,86. Terakhir pada peta geology yang menunjukan distribusi batuan pada daerah tersebut dan memiliki kelas tipe batuan aluvial dengan nilai FR sebesar 1,04; sedangkan pada kelas geology yang lain memiliki nilai FR masing-masing 0.

Peta parameter *rainfall* merupakan peta yang di turunkan dari data curah hujan, peta *rainfall* menunjukan tingkat curah hujan di daerah tersebut, nilai FR pada peta *rainfall* dengan kelas 1442,6-1506,46; 1506,46-1563,42; 1563,42-1618,65; 618,65-1665,25; 1665,25-1704,95; 1704,95-1742,29; 1742,92-1792,98 dan 1792,98-1882,73 berturut-turut sebesar 1,57; 0,36; 0,36; 0,82; 0,56; 1,54; 1,51; dan 2,18. Pada peta parameter NDVI menunjukkan tingkat kehiijauan tanaman, nilai FR pada peta NDVI dengan kelas 0,0626 – 0,448, nilai FR berturut-turut sebesar 0,58 pada kelas satu, 0,87 untuk kelas dua, 1,64 untuk kelas tiga, 1,24 untuk kelas empat, 0,44 untuk kelas lima, 0,67 untuk kelas enam, 0,62 untuk kelas tujuh, dan 0 pada kelas terakhir.

Dan berikut **Tabel 3** menunjukkan korelasi antara masing-masing parameter menggunakan metode FR.

**Tabel 3.** Hasil perhitungan FR

I dott e	• mash permuangan i m	
No	Peta Parameter	FR
1	Elevasi	7,76
2	Slope	6,29
3	SPI	4,31
4	TWI	7,62
5	Density	6,81
6	Flow Accumulation	2,90
7	Distance to River	6,46
8	Landuse	5,26
9	Rainfall	8,91
10	NDVI	6,05
11	Soil	3,10
12	Geology	1,04

Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3., parameter yang sangat berpengaruh terhadap kejadian banjir adalah parameter curah hujan elevasi, TWI, density, dan jarak ke sungai dengan nilai FR berturut-turut sebesar 8,91; 7,76; 7,62; 6,81 dan 6,46. Sedangkan parameter yang tidak terlalu berpengaruh terhadap kejadian banjir adalah parameter geology dengan nilai FR sebesar 1,04 dan parameter flow accumulation dengan nilai FR sebesar 2,90.

Peta kerawanan banjir dibuat dengan menjumlahkan nilai pada setiap parameter yang kemudian direklasifikasi menjadi lima kelas. Kelima kelas tersebut merupakan wilayah dengan tingkat kerawanan banjir sesuai pada Gambar 6 berikut.

Dari perhitungan diperoleh peta persebaran kerawanan banjir dengan masingmasing kelas indeks, seperti terlihat pada Gambar 6, yang menunjukkan persentase tingkat kerawanan sangat tinggi 8,93%, diikuti tinggi 12,48%, sedang 20,67%, rendah 35,14%, dan sangat rendah 22,78%.

Peta kerawanan banjir menggambarkan bahwa daerah dengan tingkat kerawanan banjir tinggi dan sangat tinggi dipengaruhi oleh intensitas curah hujan yang tinggi, serta Nilai TWI dan Density tinggi berasosiasi dengan topografi datar dan kerapatan aliran yang tinggi serta jarak dari sungai yang sangat dekat.



Gambar 6. Peta kerawanan banjir



Gambar 7. Validasi model

Model yang digunakan dalam pemetaan baniir divalidasi kerawanan dengan membandingkan data banjir eksisting dengan peta kerawanan banjir yang terbentuk. Hasil akurasi prediksi dihitung menggunakan dataset validasi yang tidak digunakan dalam proses training. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peta kerawanan banjir di sub-DAS Gunting memiliki nilai akurasi yang sangat baik, yaitu sebesar 91,9% (AUC = 0,919).

### 3.3. Penerapan AHP untuk Kerentanan Banjir

Tabel 4 menunjukkan hasil penilaian bobot AHP untuk setiap parameter pada setiap elemen di sub-DAS Gunting. Penilaian bobot AHP ini digunakan untuk perhitungan daerah rentan terhadap bencana banjir.

Elemen	Parameter	Bobot
		AHP
	Jenis kelamin	0,0618
	Usia	0,1572
Sosial	Tingkat pendidikan	0,2716
	Ukuran rumah tangga	0,1447
	Pengalaman banjir	0,3639
Ekonomi	Mata pencaharian	0,3469
EKOĤOMI	Kesejahteraan keluarga	0,6531
	Elevasi	0,1573
Lingkungan	Penggunaan lahan	0,2997
	Jarak ke sungai	0,5431
	Kepadatan bangunan	0,8254
Fisik	Kedekatan dengan jalan	0,1746
	raya	

 Tabel 4. Nilai kerentanan banjir

Berdasarkan **Tabel 4** diatas, tingkat pendidikan memiliki nilai AHP tertinggi pada elemen sosial, kesejahteraan keluarga memiliki nilai AHP tertinggi pada elemen ekonomi dan jarak ke sungai memiliki nilai AHP tertinggi pada elemen lingkungan. Sedangkan pada elemen fisik, nilai AHP tertinggi adalah parameter kepadatan bangunan.

Peta kerentanan banjir dipersiapkan berdasarkan bobot dan peringkat yang di normalisasi dari setiap elemen untuk memvisualisasi banjir di seluruh wilayah studi.

Dari perhitungan diperoleh peta persebaran kerentanan banjir dengan masingmasing kelas indeks, seperti terlihat pada **Gambar 8**. Tingkat kerawanan tersebut menunjukkan bahwa nilai persentase sangat tinggi 11,64%, diikuti tinggi 23,71%, sedang 35,47%, rendah 25,16%, dan sangat rendah 4,03%.

Peta kerentanan banjir menggambarkan bahwa daerah dengan tingkat kerentanan banjir tinggi dan sangat tinggi dipengaruhi oleh daerah lingkungan dengan padat penduduk dan kesejahteraan masyarakat yang memiliki pendapatan yang rendah



Gambar 8. Peta Kerentanan Banjir

Perbandingan untuk indeks kerentanan empat elemen terdapat pada **Gambar 9**. Berdasarkan jumlah bobot AHP, elemen kerentanan ekonomi menempati urutan tertinggi dengan bobot 32%, diikuti elemen kerentanan lingkungan, sosial dan fisik berturut-turut dengan bobot 29%, 20%, dan 18%



Gambar 9. Perbandingan indeks kerentanan

#### 3.4. Indeks Risiko Banjir

Analisis risiko banjir dengan proses penggabungan peta kerawanan dan peta kerentanan menghasilkan peta risiko bencana banjir di lokasi penelitian yang terlihat pada **Gambar 10**. Pendefinisian nilai risiko secara kualitatif (sangat remdah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi) memberikan gambaran secara jelas bagaimana bahaya dan berbagai komponen kerentanan memiliki peran dalam kejadian bencana banjir.



Gambar 10. Peta risiko banjir

Tingkat risiko terhadap bencana banjir di sub-DAS Gunting sekitar 23,1% dan 5,3% dari total wilayah berada pada daerah dengan tingkat risiko banjir tinggi dan sangat tinggi. Berdasarkan wilayah administrasi yang berada di dalam daerah berisiko, di Kecamatan Mojoagung memiliki luasan yang lebih tinggi dibanding dengan 2 Kecamatan lainnya. Desa Mancilan memiliki kelas risiko sangat tinggi dari pada desa/kelurahan yang lainnya, yaitu 99 hektar dari total luas daerah pada sub-DAS Gunting. Kelas risiko tinggi sebagian besar berada di Desa Sumobito dan Desa Janti dengan luas masing-masing sebesar 60 hektar dan 39 hektar.

Wilayah dengan tingkat risiko sangat tinggi dan tinggi digambarkan oleh intensitas curah hujan yang tinggi, serta topografi yang datar dan kerapatan aliran yang tinggi serta jarak dari sungai yang sangat dekat. Selain itu, Desa Mancilan, Sumobito, dan Janti merupakan daerah perkotaan yang didominasi oleh lingkungan dengan tingkat kepadatan penduduk yang tinggi, dan kesejahteraan masyarakat yang memiliki pendapatan yang rendah sehingga tingkat risiko pada wilayah ini bisa dikategorikan tinggi serta sangat tinggi. Oleh karena itu, kegiatan manajemen bencana dan langkah-langkah mitigasi bencana banjir harus ditingkatkan. Mitigasi struktural maupun mitigasi nonstruktural perlu disesuaikan terhadap risiko bencana sub-DAS Gunting. Peningkatan pada kapasitas masyarakat dalam menghadapi dan menanggulangi bencana banjir di daerah yang berisiko juga perlu ditingkatkan agar kerugian, khususnya korban jiwa dapat diminimalisir.

Pada daerah dengan tingkat risiko sedang sekitar 23,2% dari total wilayah, didominasi oleh Desa Curahmalang, Desa Kendalsari dan Desa Kademangan. Wilayah ini berada di zona dataran rendah yang dicirikan dengan tingkat kepadatan penduduk yang tinggi namun memiliki intensitas hujan yang sedang dan topografi datar serta kerapatan aliran yang rendah. Wilayah dengan tingkat risiko rendah dan sangat rendah masing-masing sekitar 20,8% dan 27,7% dari total wilayah penelitian yang mencakup Desa Catakgayam, Desa Wringinpitu Desa Karobelah, Desa Plamahan, Desa Gambiran dan Desa Kedungpapar.

# 4. KESIMULAN DAN SARAN

# 4.1. Kesimpulan

- 1. Hasil analisis pembobotan menggunakan metode *Frequency Ratio* (FR) menunjukkan bahwa parameter yang paling berpengaruh terhadap kejadian banjir adalah faktor curah hujan dengan nilai FR sebesar 8,91, diikuti oleh *Topographic Wetness Index* (TWI) dengan nilai 7,62, dan Densyty serta jarak ke sungai berturut-turut sebesar 6,81 dan 6,46.
- 2. Berdasarkan jumlah bobot AHP pada indeks kerentanan, elemen kerentanan ekonomi menempati urutan tertinggi dengan bobot 32% dibandingkan dengan tiga elemen elemen yang lain.
- 2. Pendekatan analisis multi kriteria yang digunakan dalam pemetaan risiko banjir memerlukan peta kerawanan banjir dan peta kerentanan banjir. Peta risiko yang dihasilkan menunjukkan bahwa 5,3% dari total wilayah berada pada tingkat risiko sangat tinggi, 23,1% berada pada tingkat risiko tinggi, 23,2% berada pada tingkat risiko sedang, 20,8% berada pada tingkat risiko rendah dan 27,7% berada

pada tingkat risiko sangat rendah.

#### 4.2. Saran

Perlu dilakukan mitigasi pada 15 Desa di sepanjang sub-DAS Gunting dan mitigasi dapat dalam bentuk peraturan (non-struktural) maupun dalam bentuk fisik (struktural).

#### **5. DAFTAR PUSTAKA**

- S. Das, "Geospatial mapping of flood susceptibility and hydro-geomorphic response to the floods in Ulhas basin, India," *Remote Sens Appl*, vol. 14, pp. 60– 74, Apr. 2019, doi: 10.1016/j.rsase.2019.02.006.
- [2] C. Salazar-Briones, J. M. Ruiz-Gibert, M. A. Lomelí-Banda, and A. Mungaray-Moctezuma, "An integrated urban flood vulnerability index for sustainable planning in arid zones of developing countries," *Water (Switzerland)*, vol. 12, no. 2, Feb. 2020, doi: 10.3390/w12020608.
- [3] P. V. N. Araújo, V. E. Amaro, R. M. Silva, and A. B. Lopes, "Delimitation of flood areas based on a calibrated a DEM and geoprocessing: Case study on the Uruguay River, Itaqui, southern Brazil," *Natural Hazards and Earth System Sciences*, vol. 19, no. 1, pp. 237–250, Jan. 2019, doi: 10.5194/nhess-19-237-2019.
- [4] C. C. Sampson, A. M. Smith, P. B. Bates, J. C. Neal, L. Alfieri, and J. E. Freer, "A high-resolution global flood hazard model," *Water Resour Res*, vol. 51, no. 9, pp. 7358–7381, Sep. 2015, doi: 10.1002/2015WR016954.
- [5] S. Das, "Geographic information system and AHP-based flood hazard zonation of Vaitarna basin, Maharashtra, India," *Arabian Journal of Geosciences*, vol. 11, no. 19, Oct. 2018, doi: 10.1007/s12517-018-3933-4.
- [6] J. Lim and K. seock Lee, "Investigating flood susceptible areas in inaccessible regions using remote sensing and geographic information systems," *Environ Monit Assess*, vol. 189, no. 3, Mar. 2017, doi: 10.1007/s10661-017-5811-z.
- [7] Deepak S, Gopika Rajan, and Jairaj P G, "Geospatial Approach For Assessment Of Vulnerability To Flood In Local Self Governments," *Geoenvironmental Disasters*, vol. 7, no. 35, pp. 1–29, 2020, doi: 10.21203/rs.3.rs-22816/v2.

[8] K. Khosravi *et al.*, "A comparative assessment of decision trees algorithms for flash flood susceptibility modeling at Haraz watershed, northern Iran," *Science of the Total Environment*, vol. 627, pp. 744–755,Jun.2018,doi:10.1016/j.scitotenv.201 8.01.266.

[9] M. C. Popa, D. Peptenatu, C. C. Draghici, and D. C. Diaconu, "Flood hazard mapping using the flood and Flash-Flood Potential Index in the Buzau River catchment, Romania," *Water* (*Switzerland*), vol. 11, no. 10, Oct. 2019, doi: 10.3390/w11102116.

- [10] K. Ullah and J. Zhang, "GIS-based flood hazard mapping using relative frequency ratio method: A case study of panjkora river basin, eastern Hindu Kush, Pakistan," *PLoS One*, vol. 15, no. 3, 2020, doi: 10.1371/journal.pone.0229153.
- [11] Dennis F. Niode, Yaulie D. Y. Rindengan, and Stanley D. S. Karouw, "Geographical Information System (GIS) untuk Mitigasi Bencana Alam Banjir di Kota Manado," *E-Journal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 5, pp. 14–20, 2016.
- [12] M. S. Tehrany, B. Pradhan, and M. N. Jebur, "Spatial prediction of flood susceptible areas using rule based decision tree (DT) and a novel ensemble bivariate and multivariate statistical models in GIS," *J Hydrol (Amst)*, vol. 504, pp. 69–79, Nov. 2013, doi: 10.1016/j.jhydrol.2013.09.034.
- [13] D. R. Handini, E. Hidayah, and G. Halik, "Flash Flood Susceptibility Mapping at Andungbiru Watershed, East Java Using AHP-Information Weighted Method," *Geosfera Indonesia*, vol. 6, no. 2, pp. 127– 142, 2021, doi: 10.19184/geosi.v6i2.
- [14] B. Stefania Florina, "Development and Application of Flood Vulnerability Indices for Various Spatial Scales UNESCO-IHE INSTITUTE FOR WATER EDUCATION," 2007.
- [15] E. Hidayah, R. U. A. Wiyono, and A. D. Wicaksono, "Development of the flood vulnerability index using a multi-element approach," *Journal of Water and Land Development*, vol. 50, pp. 255–264, 2021, doi: 10.24425/jwld.2021.138181.
- [16] J. Na'am, "Sebuah Tinjauan Penggunaan Metode Analytic Hierarchy Process (AHP) dalam Sistem Penunjang Keputusan (SPK) pada Jurnal Berbahasa Indonesia," 2017.

- [17] V. B. Traore *et al.*, "Detection and Ranking of Vulnerable Areas to Urban Flooding Using GIS and ASMC (Spatial Analysis multicriteria): A Case Study in Dakar, Senegal," *International Journal of* Advanced Engineering, Management and Science (IJAEMS), vol. 2, no. 8, 2016, [Online]. Available: www.ijaems.com
- [18] O.-D. Ugoyibo, O. Enyinnaya, and L. Souleman, "Spatial Assessment of Flood Vulnerability in Anambra East Local Government Area, Nigeria Using GIS and Remote Sensing," *Br J Appl Sci Technol*, vol. 19, no. 5, pp. 1–11, Jan. 2017, doi: 10.9734/bjast/2017/29378.
- [19] A. Tella and A. L. Balogun, "Ensemble fuzzy MCDM for spatial assessment of flood susceptibility in Ibadan, Nigeria," *Natural Hazards*, vol. 104, no. 3, pp. 2277–2306, Dec. 2020, doi: 10.1007/s11069-020-04272-6.
- [20] E. C. Chukwuma, C. C. Okonkwo, J. O. Ojediran, D. C. Anizoba, J. I. Ubah, and C. P. Nwachukwu, "A Gis Based Flood Vulnerability Modelling Of Anambra State Using An Integrated Ivfrn-Dematel-Anp Model," *Heliyon*, vol. 7, no. 9, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e08048.
- [21] R. Costache *et al.*, "Flash-flood susceptibility assessment using multicriteria decision making and machine learning supported by remote sensing and GIS techniques," *Remote Sens (Basel)*, vol. 12, no. 1, Jan. 2020, doi: 10.3390/RS12010106.
- [22] J. P. Wilayah, D. Kota, T. Wijanarko, L. Tondobala, F. Ontang, and P. Siregar, "MITIGASI BENCANA TSUNAMI DI WILAYAH PESISIR KABUPATEN BOLAANG MONGONDOW TIMUR TSUNAMI DISASTER MITIGATION IN THE COASTAL AREA OF EAST BOLAANG MONGONDOW REGENCY," Jurnal Spasial, vol. 9, no. 1, p. 2022, 2022.
- [23] Q. Zou, J. Zhou, C. Zhou, L. Song, and J. Guo, "Comprehensive flood risk assessment based on set pair analysisvariable fuzzy sets model and fuzzy AHP," *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, vol. 27, no. 2, pp. 525– 546, Feb. 2013, doi: 10.1007/s00477-012-0598-5.
- [24] T. L. Saaty, "How to make a decision: the analytic hierarchy process," *Eur J Oper Res*, 1990, doi: 10.1016/0377-2217(90)90057-I.

- [25] S. Hu, X. Cheng, D. Zhou, and H. Zhang, "GIS-based flood risk assessment in suburban areas: a case study of the Fangshan District, Beijing," *Natural Hazards*, vol. 87, no. 3, pp. 1525–1543, Jul. 2017, doi: 10.1007/s11069-017-2828-0.
- [26] B. budi Utomo and R. D. Supriharjo, "Pemintakatan Risiko Bencana Banjir Bandang di Kawasan Sepanjang Kali Sampean, Kabupaten Bondowoso," JURNAL TEKNIK ITS, vol. 1, no. 1, pp. 58–62, 2012.