

## Penilaian Risiko Banjir dengan Pendekatan Rasio Frekuensi dan AHP di Sub-DAS Jompo, Jember Jawa Timur

Dai Agus Muttaqin<sup>1</sup>, Entin Hidayah<sup>1,\*</sup>, Gusfan Halik<sup>1</sup>

Prodi Magister Teknik Sipil, Universitas Jember, Jember<sup>1</sup>

Koresponden\*, Email: [entin.teknik@unej.ac.id](mailto:entin.teknik@unej.ac.id)

Info Artikel		Abstract
Diajukan	24 Oktober 2022	<i>Flood risk-prone areas really need to be identified to reduce the level of flood risk. The level of flood risk is a function of hazard and vulnerability. The purpose of this study was to assess flood risk based on a spatial analysis process using a Geographic Information System (GIS). The flood hazard map is built from remote sensing-based data in the form of Digital Elevation Models (DEM), land use, historical daily rainfall, river networks, and satellite imagery data which are applied using the frequency ratio (FR) weighting techniques. Vulnerability maps are generated from social, economic, physical, and environmental data applied through a weighted overlay techniques using Analytical Hierarchy Process (AHP). The resulting risk map shows that 21,93% and 6,40% of the total area are at very high and high level of flood risk. Flood risk assessment becomes a reference in taking flood disaster mitigation actions, both structural and non-structural mitigation.</i>
Diperbaiki	27 Desember 2022	
Disetujui	05 Januari 2023	

*Keywords: flood, geographic information system, risk*

**Abstrak**  
Daerah rawan risiko banjir sangat perlu dilakukan identifikasi untuk mengurangi tingkat risiko banjir. Tingkat risiko banjir merupakan fungsi dari bahaya dan kerentanan. Penelitian ini bertujuan untuk menilai risiko banjir berdasarkan hasil analisis spasial dengan Sistem Informasi Geografis (SIG). Peta bahaya banjir dibangun dari data berbasis penginderaan jauh berupa model elevasi digital (DEM), penggunaan lahan, curah hujan harian historis, jaringan sungai, dan data citra satelit yang diterapkan dengan teknik bobot rasio frekuensi (FR). Peta kerentanan dihasilkan dari data sosial, ekonomi, fisik, dan lingkungan yang diterapkan melalui teknik *overlay* berbobot menggunakan proses hierarki analitik (AHP). Peta risiko yang dihasilkan menunjukkan bahwa 21,93% dan 6,40% dari tota wilayah berada pada tingkat risiko banjir yang sangat tinggi dan tinggi. Penilaian risiko banjir menjadi acuan dalam pengambilan tindakan mitigasi bencana banjir secara struktural dan non-struktural.

Kata kunci: banjir, sistem informasi geografis, risiko

### 1. Pendahuluan

Salah satu dampak perubahan iklim yang menyebabkan bencana alam yang paling merusak adalah banjir. Dampak dari banjir tersebut mengancam sistem sosial, ekonomi dan. Terjadinya risiko banjir ini merupakan kombinasi dari faktor alam dan antropogenik [1]. Dampak banjir dapat dikurangi secara signifikan melalui pendekatan manajemen risiko banjir yang komprehensif [2]. Penilaian risiko banjir tidak boleh terbatas pada mempelajari proses fisik tetapi juga harus mempertimbangkan kriteria sosial dan ekonomi, termasuk kemiskinan, ketidaksetaraan, tata kelola, dan kebijakan [3]. Namun, indikator kerentanan bergantung pada situasi aplikasi aktual, jenis bahaya, tingkat spasial, dan ketersediaan data [4].

Beberapa teknik pemetaan risiko banjir telah dilakukan di berbagai daerah. Pemetaan dengan pendekatan konvensional seringkali terbatas karena kurangnya data yang memadai dan tidak ekonomis. Kelangkaan data, terbatasnya aksesibilitas, medan yang bervariasi, dan proses yang tidak memadai dapat

menyulitkan penilaian risiko banjir. Sistem informasi geografis (SIG) memungkinkan pemrosesan data dari berbagai sumber seperti peta dan citra satelit secara efisien. SIG juga mampu melakukan analisis spasial berdasarkan kriteria yang telah ditentukan, sehingga akan meningkatkan ketepatan penilaian risiko banjir [5]. Oleh karena itu, penilaian risiko banjir dapat dilakukan dengan mengintegrasikan GIS dengan metode pembobotan faktor yang digunakan [6]–[8].

Beberapa metode pembobotan telah dikembangkan, seperti *Analytical Hierarchy Process* (AHP), rasio frekuensi, model evaluasi komprehensif fuzzy, analisis komponen utama, analisis pasangan himpunan dan metode kumpulan variabel [9]–[11]. Diantara metode tersebut, metode rasio frekuensi digunakan dalam pembobotan kerawanan banjir dan metode AHP digunakan dalam pembobotan kerentanan banjir. Metode rasio frekuensi dipilih dalam pemetaan kerawanan banjir dapat memberikan nilai akurasi sebesar 86,61% [12]. Sedangkan metode AHP dipilih untuk

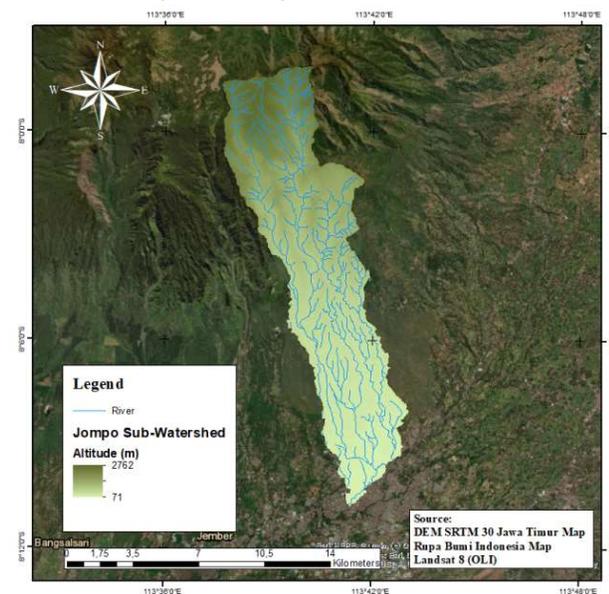
pembobotan kerentanan banjir karena mampu menilai kerentanan banjir dengan cara memperbaiki metode penilaian terkait dengan kebutuhan untuk meningkatkan prosedur pengambilan keputusan [13].

Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi dan memetakan daerah risiko banjir di sub-DAS Jompo. Proses penilaian risiko banjir dilakukan dengan menggabungkan kerawanan banjir menggunakan metode rasio frekuensi yang didasarkan pada beberapa parameter yang relevan dengan kejadian banjir dan kerentanan yang menggunakan metode AHP, dimana pengolahan data dilakukan menggunakan SIG. selanjutnya, penilaian risiko digunakan sebagai acuan dalam pengambilan tindakan mitigasi.

## 2. Data dan Metode

### 2.1 Wilayah Studi

Penelitian dilakukan di sub-DAS Jompo yang berada di Kabupaten Jember, Jawa Timur. Sub-DAS Jompo terletak diantara 7°58'-8°11' LS dan 113°37'-113°43' BT dan memiliki luas sekitar 97,8531 km<sup>2</sup> pada **Gambar 1**. Wilayah ini mencakup 6 kecamatan, yaitu Kecamatan Panti, Jelbuk, Sumpersari, Arjasa, Patrang dan Kaliwates.



**Gambar 1.** Wilayah Studi

### 2.2 Metodologi

Risiko banjir merupakan fungsi dari ancaman dan kerentanan terhadap banjir. Pendekatan risiko banjir (R) dalam penelitian ini dinilai dengan menggabungkan komponen bahaya (H) dan kerentanan banjir (V)[14], seperti yang ditunjuk pada persamaan 1.

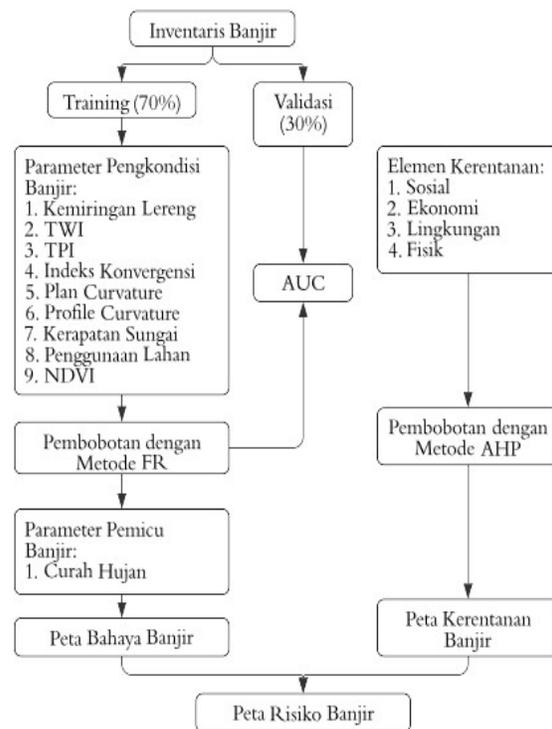
$$R = H \times V \quad (1)$$

Sedangkan formula kerentanan disajikan dalam persamaan 2.

$$V = \frac{E \times S}{CA} \quad (2)$$

Kerentanan banjir merupakan kemungkinan suatu wilayah mendapatkan dampak negatif akibat bencana banjir. Kerentanan banjir dipengaruhi oleh keterpaparan (E), sensitivitas (S) dan minimnya kapasitas adaptasi (CA). Keterpaparan banjir merupakan adanya manusia, mata pencaharian, ekosistem, fungsi lingkungan hidup, infrastruktur, sosial, ekonomi, dan budaya yang berada dalam area yang terancam bencana banjir. Sensitivitas banjir adalah potensi tingkat kerusakan dan kehilangan suatu sistem bila mengalami bencana banjir. Kapasitas adaptasi banjir bermanfaat dalam menurunkan atau mencegah potensi kerusakan bencana.

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 seperti pada **Gambar 2**.



**Gambar 2.** Diagram Alir Penelitian

### 2.3 Persiapan Data Spasial

Data spasial pada penelitian meliputi data DEM SRTM dengan resolusi 30 x 30 m, peta Rupa Bumi Indonesia, dan

citra Landsat 8 (OLI). Penggunaan data spasial dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Penggunaan Data Spasial

No	Jenis Data	Sumber
1	Inventarisasi banjir	UPT PSDA Lumajang
2	Kemiringan lereng	DEM SRTM 30 m
3	Penggunaan lahan	USGS Earth Explorer
4	Kerapatan sungai	Peta Rupa Bumi Indonesia
5	Curah hujan	UPT PSDA Lumajang
6	NDVI	USGS Earth Explorer

#### 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. Pada pemetaan kerawanan banjir, metode ini dapat didefinisikan sebagai perbandingan luasan rawan banjir yang dapat terjadi terhadap total wilayah studi [12]. Nilai rasio frekuensi dihitung menggunakan persamaan 3.

$$FR = \frac{A/B}{M/N} \quad (3)$$

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 [12].

#### 2.5 Proses Pembobotan Kerentanan Banjir dengan AHP

Proses Hierarki Analitik menggunakan struktur hierarki untuk mewakili masalah yang selanjutnya menggunakan prioritas alternative berdasarkan penilaian pengguna dan berdasarkan perbandingan berpasangan[15]. Penentuan kriteria evaluasi dan bobotnya harus disesuaikan dengan kepentingannya. Prosesnya terdiri dari enam langkah: memecah masalah kompleks yang tidak terstruktur menjadi faktor-faktor 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 konsistensi merupakan salah satu poin penting dalam AHP[15]. Persamaan rasio konsistensi ditunjukkan pada persamaan 4. Konsistensi matriks dapat diterima apabila rasio konsistensi (CR) kurang dari 0,1.

$$CR = CI / RI \quad (4)$$

dengan RI merupakan nilai rata-rata dari indeks konsistensi random, dan CI merupakan indeks konsistensi menggunakan persamaan 5 dengan nilai indeks random yang ditampilkan pada Tabel 2.

$$CI = \left( \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n - 1)} \right) \quad (5)$$

**Tabel 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 [16]. Kelima kelas ini dibuat dengan indikator warna berdasarkan tingkat risiko yang berbeda berikut.

- : Sangat tinggi
- : Tinggi
- : Sedang
- : Rendah
- : Sangat rendah

Warna merah mengindikasikan daerah dengan tingkat risiko banjir sangat tinggi, risiko banjir tinggi ditandai dengan warna oranye, warna kuning menunjukkan daerah dengan risiko banjir sedang, daerah dengan risiko banjir rendah ditandai dengan warna hijau muda sedangkan warna hijau tua menandakan daerah dengan risiko banjir sangat rendah.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Implementasi FR untuk Kerawanan Banjir

Terdapat 9 parameter yang digunakan dalam pembuatan peta kerawanan banjir sub-DAS Jompo, yaitu parameter kemiringan lereng, *Topographic Wetness Index* (TWI), *Topographic Position Index* (TPI), indeks konvergensi, *plan curvature*, *profile curvature*, kerapatan sungai, penggunaan lahan dan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). **Tabel 3** menunjukkan korelasi antara masing-masing parameter menggunakan metode FR.

Seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 3**, parameter yang sangat berpengaruh terhadap kejadian banjir adalah parameter penggunaan lahan, *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan *Topographic Wetness Index* (TWI) dengan nilai FR berturut-turut sebesar 10,04, 7,52 dan 6,60. Sedangkan parameter yang tidak terlalu berpengaruh

terhadap kejadian banjir adalah parameter *profile curvature* dengan nilai FR sebesar 1,83 dan parameter *plan curvature* dengan nilai FR sebesar 1,96.

**Tabel 3.** Hasil perhitungan FR

No	Parameter	FR
1	Kemiringan lereng	3,32
2	TWI	6,60
3	TPI	2,47
4	Indeks konvergensi	6,24
5	Plan curvature	1,96
6	Profile curvature	1,83
7	Kerapatan sungai	4,88
8	Penggunaan lahan	10,04
9	NDVI	7,52

Peta kerawanan banjir dibuat dengan menjumlahkan nilai bobot pada setiap parameter yang kemudian direklasifikasi menjadi lima kelas. Kelima kelas tersebut merupakan wilayah dengan tingkat kerawanan banjir sesuai pada **Tabel 4**.

**Tabel 4.** Kerawanan banjir

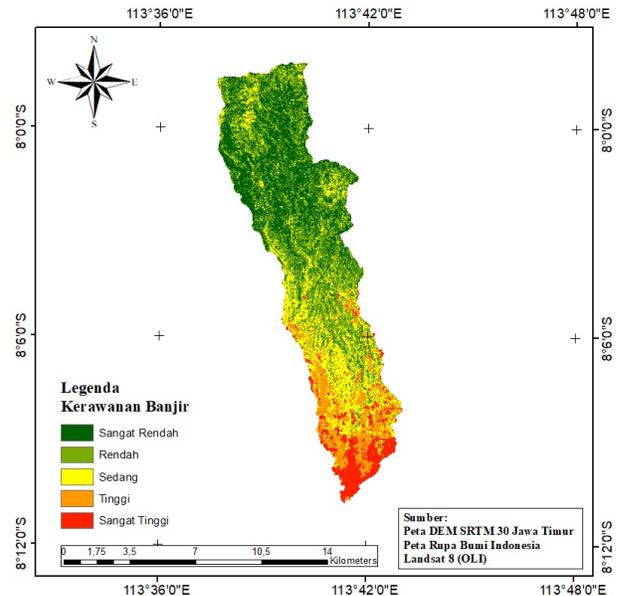
No	Klasifikasi	Luas (piksel)	%
1	Sangat rendah	29890	29,52
2	Rendah	34608	34,18
3	Sedang	18526	18,30
4	Tinggi	10531	10,40
5	Sangat tinggi	7705	7,61
	<b>Total</b>	<b>101260</b>	<b>100</b>

Hasil analisis menunjukkan bahwa sekitar 18% dari total wilayah berada pada zona kerawanan banjir sangat tinggi dan tinggi, sekitar 18% berada di zona sedang dan sekitar 64% berada pada zona aman.

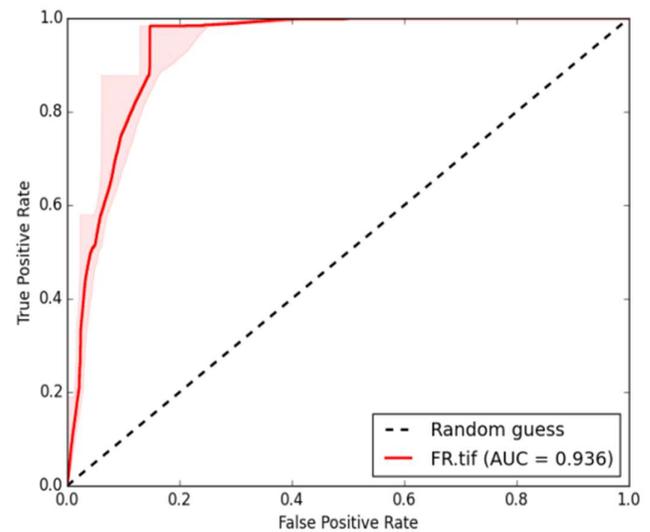
Peta kerawanan banjir yang ditunjukkan pada **Gambar 3** menggambarkan bahwa daerah hilir sub-DAS Jompo memiliki tingkat kerawanan banjir tinggi dan sangat tinggi. Pada wilayah dengan tingkat kerawanan yang tinggi ini ditandai dengan kemiringan lereng yang rendah, kelengkungan yang datar dan penggunaan lahan yang didominasi oleh pemukiman.

Model yang digunakan dalam pemetaan kerawanan banjir divalidasi dengan membandingkan data banjir eksisting dengan peta kerawanan banjir yang terbentuk. Hasil akurasi prediksi dihitung menggunakan dataset validasi yang tidak digunakan dalam proses *training*, yaitu sebesar 30%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peta kerawanan banjir di sub-DAS Jompo memiliki nilai akurasi yang sangat baik,

yaitu sebesar 93,6% ( $AUC = 0,936$ ) ditunjukkan pada **Gambar 4**.



**Gambar 3.** Peta kerawanan banjir



**Gambar 4.** Validasi model

### 3.2 Implementasi AHP untuk Kerentanan Banjir

**Tabel 5** menunjukkan hasil penilaian bobot AHP untuk setiap parameter pada setiap elemen di sub-DAS Jompo. Penilaian bobot AHP ini digunakan untuk perhitungan daerah rentan terhadap bencana banjir.

**Tabel 5.** Nilai bobot AHP

Elemen	Parameter	Bobot AHP
Sosial	Jenis kelamin	0,0048
	Usia	0,0117
	Tingkat pendidikan	0,0403
	Ukuran rumah tangga	0,0135
	Pengalaman banjir	0,0297
Ekonomi	Mata pencaharian	0,0374
	Kesejahteraan keluarga	0,0626
	Elevasi	0,0141
Lingkungan	Penggunaan lahan	0,0432
	Jarak ke sungai	0,0427
	Kepadatan bangunan	0,0837
Fisik	Kedekatan dengan jalan raya	0,0163

Berdasarkan **Tabel 5**, tingkat pendidikan memiliki nilai bobot AHP tertinggi dari elemen sosial, kesejahteraan keluarga memiliki nilai bobot AHP tertinggi dari elemen ekonomi dan penggunaan lahan memiliki nilai bobot AHP tertinggi dari elemen lingkungan. Sedangkan pada elemen fisik, nilai bobot AHP tertinggi adalah parameter kepadatan bangunan.

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

**Tabel 6.** Kerentanan banjir

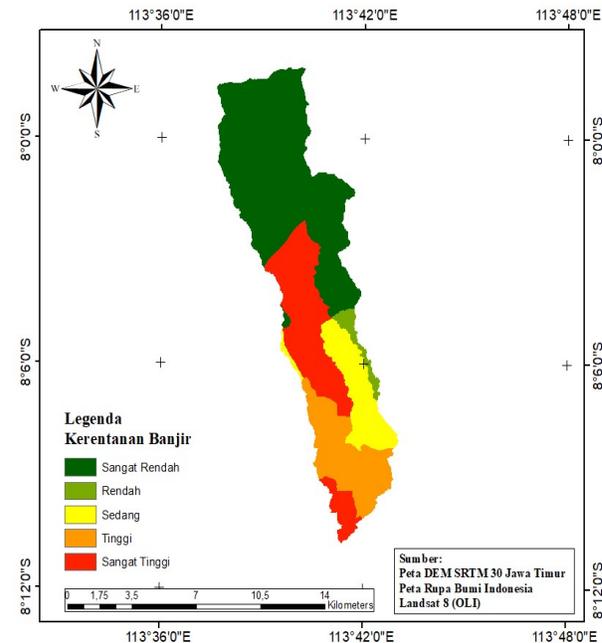
No	Klasifikasi	Luas (piksel)	%
1	Sangat rendah	53933	49,91
2	Rendah	2356	2,18
3	Sedang	12182	11,27
4	Tinggi	16026	14,83
5	Sangat tinggi	23556	21,80
<b>Total</b>		<b>108053</b>	<b>100</b>

Hasil analisis pada **Tabel 6** dan **Gambar 5** menunjukkan daerah dengan tingkat kerentanan banjir sangat tinggi sebesar 21,80%, daerah dengan tingkat kerentanan banjir tinggi sebesar 21,80%, daerah dengan tingkat kerentanan banjir sedang sebesar 11,27%, daerah dengan tingkat kerentanan banjir rendah sebesar 2,18% dan daerah dengan tingkat kerentanan banjir sangat rendah sebesar 49,91%.

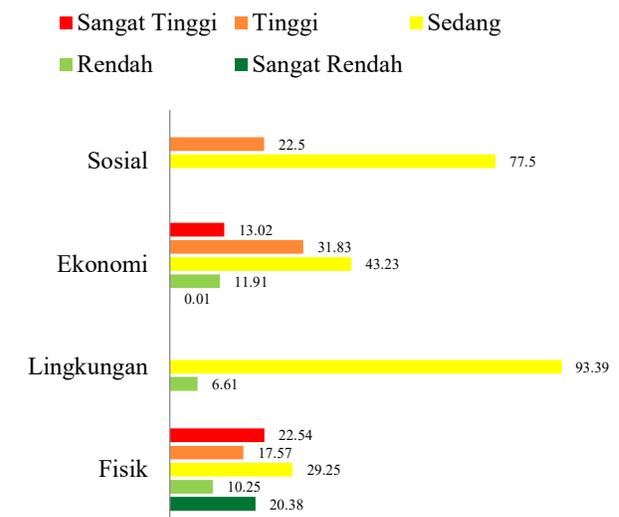
Peta kerentanan banjir menggambarkan bahwa daerah dengan tingkat kerentanan tinggi berada pada dataran rendah yang didominasi oleh lingkungan dengan tingkat kepadatan penduduk yang tinggi.

Perbandingan untuk indeks kerentanan empat elemen terdapat pada **Gambar 6**. Berdasarkan jumlah bobot AHP,

elemen kerentanan sosial menempati urutan tertinggi dibanding tiga elemen lainnya, yaitu elemen kerentanan ekonomi, elemen kerentanan lingkungan dan elemen kerentanan fisik.



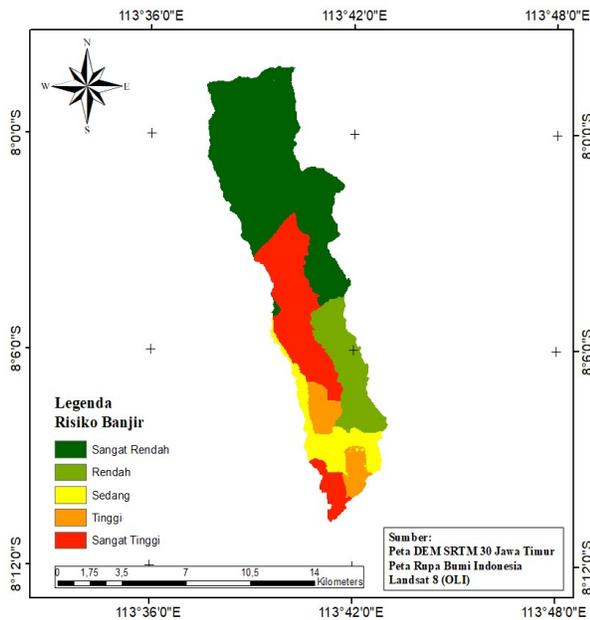
**Gambar 5.** Peta kerentanan banjir



**Gambar 6.** Perbandingan indeks kerentanan

**3.3 Indeks Risiko Banjir**

Peta risiko banjir yang dihasilkan pada **Gambar 7** menggambarkan lima tingkat risiko.



**Gambar 7.** Peta risiko banjir

Sekitar 21,93% dan 6,40% dari total wilayah berada pada daerah dengan tingkat risiko banjir sangat tinggi dan tinggi. Wilayah yang diidentifikasi berisiko sangat tinggi terhadap bencana banjir di sub-DAS Jompo adalah Desa Klungkung, Kelurahan Gebang, Kelurahan Kepatihan dan Kelurahan Jember Kidul. Sedangkan wilayah yang diidentifikasi berisiko tinggi adalah Desa Jumerto dan Kelurahan Jember Lor. Wilayah dengan tingkat risiko sangat tinggi dan tinggi digambarkan dengan topografi datar dan jaringan sungai yang terkonsentrasi, sehingga rentan terhadap banjir selama peristiwa hujan yang intens. Selain itu, Kelurahan Jember Kidul, Gebang dan Kepatihan merupakan daerah perkotaan yang didominasi oleh lingkungan dengan tingkat kepadatan penduduk yang tinggi, sehingga tingkat risiko pada wilayah ini tinggi. Luas wilayah dengan tingkat risiko sedang sekitar 8,85% dari total wilayah yang meliputi Kelurahan Patrang, Desa Slawu dan Desa Banjarsengon. Wilayah ini berada di zona transisi antara pegunungan dan daratan yang dicirikan dengan tingkat kepadatan penduduk yang cukup rendah namun memiliki intensitas hujan yang tinggi. Wilayah dengan tingkat risiko rendah dan sangat rendah masing-masing luasnya sekitar 12,95% dan 49,87% dari total wilayah dan mencakup Desa Bintoro, Desa Kemuning Lor, Desa Panduman, Desa Sucopangepok, Desa Kemiri, Desa Suco Lor, dan Desa Suci. Wilayah ini terkonsentrasi di bagian hulu sub-DAS Jompo, yang mana ekonominya terbelakang dan tingkat kepadatan penduduknya rendah.

### 3.4 Strategi Mitigasi Banjir

Wilayah sub-DAS Jompo merupakan kawasan yang rentan terhadap banjir. Untuk menanggulangi bencana banjir yang rutin terjadi setiap tahunnya, dilakukan mitigasi baik mitigasi struktural maupun mitigasi non-struktural. Mitigasi struktural yang dilakukan berdasarkan tiga faktor utama yang menyebabkan kerawanan banjir yaitu tata guna lahan, NDVI dan TWI.

1. Berdasarkan faktor tata guna lahan eksisting dan lahan terbangun di sepanjang kawasan tepian sungai Jompo perlu dibuatkan jaringan drainase yang memadai guna menurunkan limpasan. Kondisi sempadan di bagian hilir sungai Jompo yang memprihatinkan karena Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang sangat sedikit dan banyak dilakukan pengkerasan, bisa diatasi dengan pembuatan RTH sebagai sumber *ground recharge*. Selain itu, kegiatan normalisasi juga dapat dilakukan di sungai Jompo untuk mengembalikan ukuran lebar dan kedalaman sungai. Sehingga sungai masih mampu menampung luapan air ketika intensitas hujan cukup tinggi. Pada wilayah dengan lahan yang miring, dibuat terasering sebagai daerah resapan air hujan yang juga berfungsi untuk mencegah erosi yang dapat mengakibatkan sedimentasi di sungai.
2. Analisis NDVI perlu dilakukan monitoring sebelum musim hujan datang untuk meningkatkan indeks kehijauan. NDVI yang lebih tinggi dan vegetasi yang lebat mengurangi dan memperlambat aliran air. Vegetasi yang rapat memberikan waktu bagi air untuk meresap ke dalam tanah, sehingga volume air berkurang dan kemungkinan terjadinya banjir lebih kecil [17]. Pelaksanaan program tebang pilih dan reboisasi, yaitu menebang pohon yang sudah berkayu dan menanam kembali tunas pohon yang baru. Hal ini bertujuan untuk menghambat laju air permukaan dan mengoptimalkan infiltrasi di daerah hulu, sehingga limpasan menurun dan mengurangi laju erosi [18], [19].
3. TWI berkaitan dengan *flow accumulation* dan *slope* yang dapat mampu meningkatkan tingkat kelembaban tanah, sehingga TWI yang tinggi memicu terjadinya tanah longsor [20]. Untuk menurunkan risiko banjir, pada daerah dengan TWI tinggi tidak perlu dibuatkan biopori atau sumur resapan untuk menurunkan kadar kelembaban tanah di wilayah DAS sungai Jompo bagian hulu.

Mitigasi non-struktural yang dilakukan berdasarkan tiga faktor utama yang menyebabkan kerentanan banjir yaitu kepadatan bangunan, kesejahteraan keluarga dan penggunaan lahan.

1. Kepadatan bangunan menyebabkan hilangnya area resapan air dan ruang terbuka hijau pada kawasan [21]. Posisi dan orientasi bangunan juga tidak jelas karena berkembang secara sporadis. Maka dari itu, dapat diusulkan perencanaan ulang lahan untuk bangunan yang sudah tidak layak bangun di daerah sempadan sungai agar dapat dibangun Ruang Terbuka Hijau (RTH) di sepanjang sisi sungai dengan konsep *river-front/waterfront settlement*. Sistem *land sharing* juga dapat dilakukan agar menambah ketersediaan lahan untuk RTH. Selain itu, pada kawasan padat bangunan tidak ada jalur-jalur evakuasi bencana banjir. Sehingga diperlukan pembuatan jalur evakuasi yang dibarengi dengan penentuan titik kumpul sementara maupun titik pengungsian untuk meminimalisir korban saat terjadi bencana banjir.
2. Kesejahteraan keluarga berkaitan dengan kapasitas adaptasi yang dimiliki dalam menghadapi kondisi akibat bencana banjir. Hal ini menandakan bahwa masyarakat di sekitar kawasan penelitian masih kurang adaptif dalam menghadapi kondisi yang tidak terduga akibat bencana banjir yang terjadi. Alternatif yang bisa dilakukan untuk mengatasi hal ini adalah dilakukan pendidikan kebencanaan yang berbasis kearifan lokal. Pendidikan kebencanaan dapat dilakukan dengan sosialisasi manajemen bencana untuk membangun pengetahuan, pemahaman dan tindakan yang mendorong kesiapsiagaan, pencegahan, serta pemulihan untuk meminimalisir dampak dan kerugian dari bencana banjir. Kegiatan ini dilakukan dengan membawa kearifan lokal masyarakat sekitar agar mampu mempersiapkan individu-individu yang siaga bencana[22]. Kegiatan mitigasi bencana melalui pendidikan kebencanaan berbasis kearifan lokal ini perlu dikembangkan bukan hanya untuk membangun sistem peringatan dini saja, tetapi juga dapat menjadi sebuah budaya dalam perilaku masyarakat.
3. Banjir dengan tingkat risiko sangat tinggi terjadi di kawasan dengan penggunaan lahan berupa pemukiman, ladang dan sawah. Pada kawasan pemukiman, tindakan mitigasi dapat dilakukan penambahan ruang terbuka hijau seperti pada poin 1 diatas. Selain itu, masyarakat juga perlu menjaga lingkungan sekitar seperti membuang sampah pada tempatnya dan rajin membersihkan saluran air agar tidak tersumbat. Sedangkan pada kawasan ladang dan sawah, masyarakat harus rajin mengecek saluran air dan membersihkannya dari kotoran yang dapat menghambat aliran air.

#### 4. Simpulan

Pendekatan analisis multi kriteria yang digunakan dalam pemetaan risiko banjir memerlukan peta kerawanan banjir dan peta kerentanan banjir. Peta risiko yang dihasilkan menunjukkan bahwa 21,93% dari total wilayah berada pada tingkat risiko sangat tinggi, 6,40% berada pada tingkat risiko tinggi, 8,85% berada pada tingkat risiko sedang, 12,95% berada pada tingkat risiko rendah dan 49,87% berada pada tingkat risiko sangat rendah. Peta yang dihasilkan dapat digunakan sebagai acuan dalam pengambilan tindakan mitigasi. Bentuk mitigasi yang diterapkan adalah mitigasi struktural dan non-struktural. Mitigasi struktural dapat berupa pembuatan jaringan drainase yang memadai, pembuatan RTH, normalisasi sungai, pembuatan terasering dan reboisasi. Sedangkan mitigasi non-struktural yang dapat dilakukan berupa penerapan sistem *land sharing*, pembuatan jalur evakuasi dan sistem peringatan dini, pendidikan kebencanaan berbasis kearifan lokal, dan meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya menjaga lingkungan sekitar.

#### Daftar Pustaka

- [1] J. H. Danumah *et al.*, "Flood risk assessment and mapping in Abidjan district using multi-criteria analysis (AHP) model and geoinformation techniques, (cote d'ivoire)," *Geoenvironmental Disasters*, vol. 3, no. 1, 2016, doi: 10.1186/s40677-016-0044-y.
- [2] J. Ryu, E. J. Yoon, C. Park, D. K. Lee, and S. W. Jeon, "A flood risk assessment model for companies and criteria for governmental decision-making to minimize hazards," *Sustain.*, vol. 9, no. 11, 2017, doi: 10.3390/su9112005.
- [3] A. K. Gain, V. Mojtabed, C. Biscaro, S. Balbi, and C. Giupponi, "An integrated approach of flood risk assessment in the eastern part of Dhaka City," *Nat. Hazards*, vol. 79, no. 3, pp. 1499–1530, 2015, doi: 10.1007/s11069-015-1911-7.
- [4] A. K. Gain, C. Giupponi, and F. G. Renaud, "Climate change adaptation and vulnerability assessment of water resources systems in developing countries: A generalized framework and a feasibility study in Bangladesh," *Water (Switzerland)*, vol. 4, no. 2, pp. 345–366, 2012, doi: 10.3390/w4020345.
- [5] S. Liao and J. Sun, "GIS Based Spatialization of Population Census Data in Qinghai-Tibet Plateau," *ACTA Geogr. Sin. Ed.*, vol. 58, no. 1, pp. 25–33, 2003.
- [6] Z. Banoo, A. Amineh, S. Jamal, A. Hashemian, and A. Magholi, "Integrating Spatial Multi Criteria Decision Making (SMCDM) with Geographic Information

- Systems ( GIS ) for delineation of the most suitable areas for aquifer storage and recovery ( ASR ),” *J. Hydrol.*, 2017, doi: 10.1016/j.jhydrol.2017.05.031.
- [7] L. Region, Y. Wang, Z. Li, and Z. Tang, “A GIS-Based Spatial Multi-Criteria Approach for Flood Risk Assessment in the Dongting,” pp. 3465–3484, 2011, doi: 10.1007/s11269-011-9866-2.
- [8] A. M. A. Shamsuddin and S. Ali, “A GIS-based integration of catastrophe theory and analytical hierarchy process for mapping flood susceptibility : a case study of Teeb area , Southern Iraq,” *Environ. Earth Sci.*, 2016, doi: 10.1007/s12665-016-5523-7.
- [9] C. Lai, X. Chen, X. Chen, and Z. Wang, “A fuzzy comprehensive evaluation model for flood risk based on the combination weight of game theory,” pp. 1243–1259, 2015, doi: 10.1007/s11069-015-1645-6.
- [10] F. Zeng, C. Lai, and Z. Wang, “Flood Risk Assessment Based on Principal Component Analysis for Dongjiang River Basin,” 2012.
- [11] Q. Zou, J. Zhou, and C. Zhou, “Comprehensive flood risk assessment based on set pair analysis-variable fuzzy sets model and fuzzy AHP,” pp. 525–546, 2013, doi: 10.1007/s00477-012-0598-5.
- [12] C. Cao, P. Xu, Y. Wang, J. Chen, L. Zheng, and C. Niu, “Flash flood hazard susceptibility mapping using frequency ratio and statistical index methods in coalmine subsidence areas,” *Sustain.*, vol. 8, no. 9, 2016, doi: 10.3390/su8090948.
- [13] H. Nasiri, M. J. M. Yusof, T. A. M. Ali, and M. K. B. Hussein, “District flood vulnerability index: urban decision-making tool,” *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, vol. 16, no. 5, pp. 2249–2258, 2019, doi: 10.1007/s13762-018-1797-5.
- [14] H. Apel, G. T. Aronica, H. Kreibich, and A. H. Thielen, “Flood risk analyses - How detailed do we need to be?,” *Nat. Hazards*, vol. 49, no. 1, pp. 79–98, 2009, doi: 10.1007/s11069-008-9277-8.
- [15] 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.
- [16] 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,” *Nat. Hazards*, vol. 87, no. 3, pp. 1525–1543, 2017, doi: 10.1007/s11069-017-2828-0.
- [17] H. Shafizadeh-Moghadam, R. Valavi, H. Shahabi, K. Chapi, and A. Shirzadi, “Novel forecasting approaches using combination of machine learning and statistical models for flood susceptibility mapping,” *J. Environ. Manage.*, vol. 217, pp. 1–11, 2018, doi: 10.1016/j.jenvman.2018.03.089.
- [18] Z. W. Kundzewicz, R. Konieczny, J. Zawiejska, and A. Radecki-pawlik, “Comprehensive approach to the reduction of river flood risk: Case study of the Upper Vistula Basin,” vol. 632, pp. 1251–1267, 2018, doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.03.015.
- [19] Y. A. Wibowo, L. Ronggowulan, D. A. Arif, R. Afrizal, Y. Anwar, and A. Fathonah, “Perencanaan Mitigasi Bencana Banjir Non-Struktural Di Daerah Aliran Sungai Comal Hilir, Jawa Tengah,” *JPIG (Jurnal Pendidik. dan Ilmu Geogr.)*, vol. 4, no. 2, pp. 87–100, 2019, doi: 10.21067/jpig.v4i2.3632.
- [20] M. Rózycka, P. Migoń, and A. Michniewicz, “Topographic Wetness Index and Terrain Ruggedness Index in geomorphic characterisation of landslide terrains, on examples from the Sudetes, SW Poland,” *Zeitschrift fur Geomorphol.*, vol. 61, no. 2014, pp. 61–80, 2017, doi: 10.1127/zfg\_suppl/2016/0328.
- [21] W. J. Mononimbar, “PENANGANAN PERMUKIMAN RAWAN BANJIR DI BANTARAN SUNGAI, Studi Kasus: Permukiman Kuala Jengki di Kelurahan Komo Luar & Karame, Kota Manado,” *J. Ilm. Media Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 26–31, 2014.
- [22] U. A. Sari, H. L. Yasri, and M. M. Arumawan, “Sosialisasi Mitigasi Bencana Banjir Melalui Pendidikan Kebencanaan Berbasis Kearifan Lokal,” *JMM (Jurnal Masy. Mandiri)*, vol. 4, no. 4, pp. 3–7, 2020.