

ANALISIS SPASIAL TINGKAT KERENTANAN BANJIR DI KABUPATEN KAMPAR, PROVINSI RIAU BERDASARKAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG)

Etika Sihaini, Supriyono, Mirna Yunita, Muhammad Alfi & Dedi Guntar

Pendidikan Geografi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,

Universitas Prof. Dr. Hazairin, SH Bengkulu, Indonesia

etikasihaini12@email.com, supriunihaz@gmail.com, mirnayunita434@gmail.com,

muhammadalfi299@gmail.com, dediguntar@gmail.com

ABSTRACT

Flooding is a frequent hydrometeorological disaster in Kampar Regency, Riau Province, causing significant environmental and socio-economic impacts. Lowland topography, high rainfall intensity, and the presence of the Kampar River are the main factors contributing to flood occurrence in this area. This study aims to analyze flood susceptibility levels in Kampar Regency using a Geographic Information System (GIS) approach. A quantitative spatial analysis was conducted using weighted overlay techniques combined with the Geomorphic Flood Index (GFI), incorporating rainfall, slope, elevation, land use, soil type, and distance from rivers as key parameters. The results show that flood susceptibility in Kampar Regency is classified into four zones: flood-free zones, low flood susceptibility zones, moderate flood susceptibility zones, and high flood susceptibility zones. High flood susceptibility zones are mainly located in low-lying areas along the Kampar River and residential areas, while flood-free zones are dominated by upland and forested regions. This study concludes that physical land characteristics play a significant role in determining the spatial distribution of flood susceptibility. The findings are expected to support spatial planning and flood mitigation strategies in Kampar Regency.

Keywords: *Flood Susceptibility, Spatial Analysis, GIS, Kampar Regency*

ABSTRAK

Banjir merupakan bencana hidrometeorologi yang sering terjadi di Kabupaten Kampar, Provinsi Riau, yang menyebabkan dampak lingkungan dan sosial-ekonomi yang signifikan. Topografi dataran rendah, intensitas curah hujan yang tinggi, dan keberadaan Sungai Kampar merupakan faktor utama yang berkontribusi terhadap terjadinya banjir di daerah ini. Studi ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kerentanan banjir di Kabupaten Kampar menggunakan pendekatan Sistem Informasi Geografis (SIG). Analisis spasial kuantitatif dilakukan menggunakan teknik overlay berbobot yang dikombinasikan dengan Indeks Banjir Geomorfik (GFI), dengan memasukkan curah hujan, kemiringan, elevasi, penggunaan lahan, jenis tanah, dan jarak dari sungai sebagai parameter kunci. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerentanan banjir di Kabupaten Kampar diklasifikasikan menjadi empat zona: zona bebas banjir, zona kerentanan banjir rendah, zona kerentanan banjir sedang, dan zona kerentanan banjir tinggi. Zona kerentanan banjir tinggi sebagian besar terletak di daerah dataran rendah di sepanjang Sungai Kampar dan daerah pemukiman, sedangkan zona bebas banjir didominasi oleh daerah dataran tinggi dan berhutan. Studi ini menyimpulkan bahwa karakteristik fisik lahan memainkan peran

penting dalam menentukan distribusi spasial kerentanan banjir. Temuan ini diharapkan dapat mendukung perencanaan tata ruang dan strategi mitigasi banjir di Kabupaten Kampar.

Kata-Kata Kunci: Kerentanan Banjir; Analisis Spasial; GIS; Kabupaten Kampar

PENDAHULUAN

Banjir merupakan salah satu bentuk bencana hidrometeorologi yang berdampak besar pada kehidupan manusia, lingkungan fisik, dan pembangunan ekonomi di berbagai belahan dunia, terutama di daerah dataran rendah yang rawan terhadap limpasan sungai dan peningkatan curah hujan ekstrem akibat perubahan iklim global (Islam, 2025). Di Indonesia sendiri, banjir merupakan ancaman serius yang terjadi hampir setiap tahun, dengan faktor penyebab yang kompleks mulai dari intensitas curah hujan yang tinggi, perubahan penggunaan lahan yang meningkatkan limpasan permukaan, hingga karakteristik hidrologi sungai dan sedimentasi yang mengurangi kapasitas saluran sungai (Chan, 2022).

Dampak banjir tidak hanya terbatas pada kerusakan fisik, seperti infrastruktur dan lahan pertanian, tetapi juga menyebabkan kerugian sosial ekonomi yang signifikan melalui gangguan mobilitas, hilangnya mata pencaharian, dan peningkatan risiko kesehatan akibat genangan air (Islam, 2025). Oleh karena itu, mitigasi banjir berdasarkan pemetaan kerentanan spasial telah menjadi bagian penting dari strategi pengurangan risiko bencana dan perencanaan spasial adaptif di berbagai wilayah administratif, termasuk di tingkat kabupaten di Indonesia. Metode spasial dalam penelitian bencana, khususnya dengan bantuan Sistem Informasi Geografis (SIG), telah dikembangkan untuk memetakan dan mengukur tingkat kerentanan suatu wilayah terhadap banjir (Chan, 2022).

Pemetaan kerentanan banjir berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) telah menjadi metode yang banyak digunakan untuk mengintegrasikan berbagai variabel fisik yang memengaruhi banjir, seperti kemiringan lereng, elevasi, curah hujan, jenis tanah, penggunaan lahan, dan jarak ke sungai (Sholeh, 2023). SIG memungkinkan integrasi data topografi, penggunaan lahan, curah hujan, dan jaringan sungai untuk menghasilkan peta kerentanan banjir tematik berbasis lokasi (Bubeck, 2012). Penggunaan teknologi ini dan data spasial memungkinkan identifikasi zona dengan berbagai tingkat kerentanan banjir secara akurat, sehingga mendukung pengambilan keputusan mitigasi dan respons bencana yang lebih efektif (Diriba, 2024). Studi spasial tentang kerentanan banjir di Indonesia menunjukkan bahwa daerah dataran rendah, dekat sungai, dan daerah perkotaan mengalami berbagai tingkat kerentanan, tergantung pada kondisi lingkungan dan aktivitas manusia (Zhafira, 2026).

Studi empiris menunjukkan bahwa teknik seperti overlay berbobot dalam GIS dapat menghasilkan peta kerentanan banjir yang secara akurat mencerminkan kondisi fisik suatu daerah, terutama bila dikombinasikan dengan model evaluasi multi-kriteria atau pendekatan statistik lainnya (Fitriani, 2024). Dengan pemetaan kerentanan yang akurat, perencanaan regional dan pembuat kebijakan dapat merancang area aman banjir dan area rawan banjir yang lebih komprehensif serta merencanakan investasi mitigasi yang lebih tepat sasaran.

Pendekatan GIS untuk pemetaan kerentanan banjir telah berkembang pesat selama dekade terakhir dan telah diterapkan dalam berbagai konteks global dan lokal. Pada skala nasional, beberapa studi di Indonesia telah menggunakan metode overlay berbobot untuk menentukan peta kerentanan banjir di berbagai wilayah, termasuk di Kota Malang,

menggunakan enam parameter lingkungan dan klasifikasi kerentanan tiga tingkat (rendah–sedang–tinggi) (Yulaichah, 2025). Lebih lanjut, sebuah studi di Daerah Aliran Sungai Gembong (DAS) menunjukkan penggunaan data curah hujan, kemiringan, jenis tanah, dan zona penyangga sungai dalam model overlay berbobot untuk menghasilkan peta zona rawan banjir untuk tujuan mitigasi (Faradila, 2024). This raises the need for further research that integrates these multiple parameters spatially into a complete GIS model (Mishra, 2020)

Penelitian di Kota Bandar Lampung juga menerapkan teknologi GIS dan overlay untuk pemetaan kerentanan banjir dengan data Landsat dan parameter fisik lingkungan, menunjukkan bahwa variasi bulanan pada parameter lingkungan secara signifikan mempengaruhi kerentanan banjir (Ramadhani, 2023). Secara internasional, integrasi GIS dengan metode penilaian multi-kriteria seperti Analytic Hierarchy Process (AHP) telah diterapkan di wilayah seperti Kaduna, Nigeria, untuk memetakan kerentanan banjir berdasarkan sembilan faktor penyebab banjir, menunjukkan dominasi zona rentan berdasarkan skor AHP tinggi dan klasifikasi ROC (Abubakar, 2025).

Pendekatan MCDA berbasis GIS juga telah diadopsi di Bangladesh, dengan mempertimbangkan delapan faktor penyebab banjir, memberikan wawasan komprehensif tentang zona rawan banjir (2024). Lebih lanjut, pendekatan hibrida yang menggabungkan GIS, AHP, dan model statistik seperti Rasio Frekuensi (FR) telah digunakan untuk menghasilkan peta bahaya banjir dengan validasi ROC tinggi hingga $>0,92$, yang dapat diterapkan di berbagai konteks geografis (Ashfaq, 2025). Perkembangan lainnya termasuk studi yang menggabungkan pembelajaran mesin dengan GIS untuk memetakan bahaya banjir dengan akurasi tinggi, menciptakan peluang untuk mengintegrasikan teknologi baru ke dalam pemetaan bahaya banjir di masa mendatang (Demissie, 2024).

Meskipun beberapa studi telah berhasil memanfaatkan GIS dan berbagai metode analitis untuk memetakan kerentanan banjir, beberapa keterbatasan ilmiah masih ada, sehingga membuka peluang penelitian lebih lanjut. Pertama, banyak studi pemetaan kerentanan banjir masih menggunakan tiga kategori kerentanan (rendah, sedang, dan tinggi), yang cenderung menyederhanakan dinamika spasial banjir dan tidak secara eksplisit membedakan antara zona yang benar-benar bebas banjir dan zona dengan potensi banjir rendah (Yulaichah, 2025). Kedua, meskipun pendekatan GIS-AHP dan MCDA terintegrasi telah diterapkan secara global, jumlah studi yang menerapkannya dalam konteks kabupaten di Indonesia—khususnya yang mengadopsi klasifikasi kerentanan empat zona yang lebih rinci dan operasional—masih terbatas, sehingga memberikan sedikit referensi praktis untuk perencanaan mitigasi di tingkat administrasi kabupaten (Faradila, 2024).

Ketiga, sebagian besar studi lokal belum mengintegrasikan secara komprehensif parameter hidrometeorologi dan lingkungan fisik, yang dapat meningkatkan akurasi peta bahaya banjir dan membantu membedakan antara zona bebas banjir, zona banjir rendah, zona banjir sedang, dan zona banjir tinggi secara lebih efektif daripada klasifikasi tiga kelas umum (Lopez, 2025). Berdasarkan kesenjangan ini, penelitian ini dirancang untuk mengembangkan peta bahaya banjir di Kabupaten Kampar, Provinsi Riau, menggunakan pendekatan GIS berbasis overlay berbobot terintegrasi yang menghasilkan empat kelas bahaya banjir—yaitu, zona bebas banjir, zona banjir rendah, zona banjir sedang, dan zona banjir tinggi—untuk memberikan gambaran spasial yang lebih detail dan operasional sebagai dasar mitigasi bencana dan perencanaan spasial adaptif terhadap risiko banjir.

KAJIAN LITERATUR

Konsep Kerentanan Banjir

Menurut (Tabasi, 2025), banjir termasuk dalam kategori hazard hidrometeorologi yang terjadi ketika sejumlah besar air melampaui kapasitas lingkungan untuk menahan dan mengalirkannya, yang dapat menyebabkan kerusakan luas terhadap infrastruktur, ekonomi, dan masyarakat. Dalam kajian kerangka risiko banjir, banjir tidak hanya dilihat sebagai fenomena fisik semata tetapi merupakan kombinasi dari ancaman (*hazard*) dan kerentanan (*vulnerability*) yang dipengaruhi oleh paparan (*exposure*) dan sensitivitas (*susceptibility*) wilayah serta kemampuan adaptasi komunitas terhadap kejadian tersebut; sehingga banjir berpotensi menimbulkan dampak sosial, ekonomi, dan lingkungan yang signifikan.

Kerentanan banjir merupakan kondisi yang mencerminkan sejauh mana suatu sistem, komunitas, atau wilayah rentan terhadap efek merugikan dari kejadian banjir. Kerentanan ini terbentuk melalui interaksi antara *hazard* (ancaman banjir), *exposure* (paparan terhadap bahaya) dan *sensitivity* (sensitivitas) serta *adaptive capacity* (kapasitas adaptif) masyarakat atau wilayah tersebut (Bubeck, 2012).

Kerentanan bukan sekadar risiko hazard fisik, tetapi juga hasil interaksi antara kondisi lingkungan, sosial, ekonomi, dan infrastruktur, yang kesemuanya dapat diukur, dianalisis, dan dipetakan secara spasial (Ouma, 2014). Kajian kerentanan ini menjadi dasar bagi keputusan mitigasi yang berbasis data. Lebih lanjut, pendekatan kerentanan modern menggunakan multi-dimensional framework yang melibatkan indikator fisik seperti elevasi, kemiringan, dan land cover, serta indikator sosial seperti kepadatan penduduk dan kapasitas respons masyarakat (Ouma, 2014). Dalam konteks bencana, tingkat kerentanan difokuskan pada seberapa besar efek merugikan yang terjadi ketika suatu wilayah mengalami kejadian banjir. Komponen yang mempengaruhi kerentanan meliputi karakteristik fisik wilayah, tingkat kepadatan penduduk, infrastruktur, serta pengetahuan dan kesiapan masyarakat (Wisner, 2023).

Peran SIG dalam Analisis Kerentanan Banjir

GIS berperan sebagai platform utama dalam mengintegrasikan berbagai jenis data spasial—termasuk topografi, tutupan lahan, curah hujan, kepadatan penduduk, dan karakteristik jaringan sungai—untuk menganalisis sejauh mana suatu wilayah rentan terhadap banjir. Penggabungan data ini memungkinkan pembuatan peta kerentanan atau zonasi risiko banjir yang memberi informasi spasial yang spesifik dan terlokalisasi. Misalnya, studi berbasis GIS yang memanfaatkan model prediktif dengan indikator geospasial menunjukkan bahwa area dataran rendah dengan tekanan antropogenik tinggi memiliki korelasi kuat dengan kerentanan banjir. Integrasi ini juga mempermudah proses perencanaan mitigasi dan sistem peringatan dini dengan berbasis data yang terstruktur. GIS tidak hanya melakukan pemetaan statis tetapi juga digunakan bersama teknik prediktif seperti multi-criteria decision analysis (MCDA) dan algoritma machine learning. Dengan memadukan GIS dan model prediktif seperti *Random Forest* dan *Support Vector Machine*, para peneliti dapat menghasilkan peta kerentanan banjir yang lebih dinamis dan akurat, yang mempertimbangkan hubungan non-linier antara variabel lingkungan dan potensi kejadian banjir. Output peta semacam ini dapat digunakan oleh pembuat kebijakan untuk merumuskan strategi mitigasi yang lebih tepat sasaran serta sistem peringatan dini yang lebih *responsive* (Prameela, 2025).

Menurut (Leoonis, 2025) Selain membantu dalam analisis spasial, SIG berperan sebagai alat bantu pengambilan keputusan strategis dalam manajemen kerentanan banjir. Meta-analisis penelitian di Malaysia misalnya menunjukkan bahwa aplikasi GIS mampu menyediakan pemetaan risiko banjir yang membantu otoritas dalam merencanakan pengendalian banjir, penanggulangan bencana, serta program keterlibatan masyarakat untuk kesiapsiagaan. Lebih lanjut, hasil studi ini menggarisbawahi bahwa GIS dapat memperkuat kapasitas respons sosial dan lingkungan terhadap bencana dengan menyajikan informasi yang mudah dipahami oleh berbagai pemangku kepentingan.

Sistem Informasi Geografis (SIG/GIS) adalah platform pemrosesan dan analisis spasial yang memungkinkan integrasi data geografis dan atributnya dalam analisis risiko bencana (Vassanti, 2025).

(Shrestha, 2025) SIG memungkinkan pembuatan peta zonasi kerentanan berdasarkan parameter-parameter spasial yang terukur seperti elevasi, kemiringan, tutupan lahan, kedekatan terhadap sungai, serta kepadatan penduduk. Kontribusi SIG dalam kajian kerentanan banjir meliputi: visualisasi spasial dari area rawan risiko; kombinasi antar-parameter dalam *weighted overlay*; kemampuan menggabungkan data raster dan vector; dan dukungan untuk pengambilan keputusan mitigasi berbasis Lokasi.

Studi Kerentanan Banjir di Indonesia dan Relevansinya untuk Riau

Beberapa kajian spasial di Indonesia menunjukkan bahwa kerentanan banjir bersifat heterogen tergantung karakteristik fisik dan antropogenik di tiap wilayah. Misalnya, pada studi di wilayah perkotaan Jawa, parameter fisik dan sosial berhasil memetakan area risiko tinggi, menyediakan dasar perencanaan mitigasi terfokus (Suni, 2024). Studi lain di wilayah dataran rendah Sumatera menunjukkan bahwa tutupan lahan dan pola hujan tropis memberi dampak kuat terhadap kerentanan fluvial (Prihantarto, 2025).

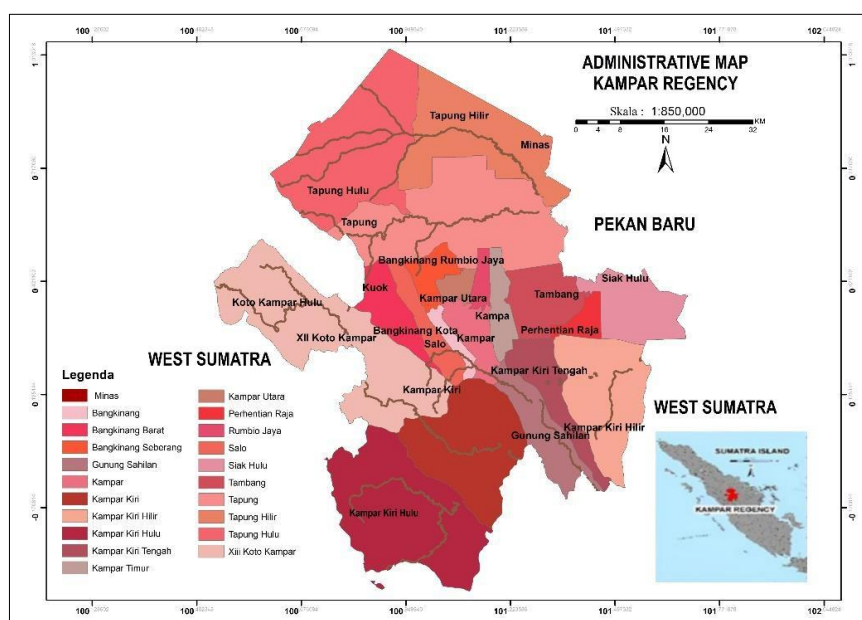
Penelitian oleh (Fatmawaty, 2025) di Provinsi Riau menggunakan GIS dengan Multi-Criteria Analysis (MCA) dan Analytical Hierarchy Process (AHP) untuk menghasilkan zonasi potensi banjir dan kerentanan pertanian di Riau. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah Riau dibagi berdasarkan tingkat kerentanan berdasarkan faktor DEM (elevasi), curah hujan, tipe tanah, tutupan lahan, dan jarak sungai, lalu dihubungkan dengan sensitivitas dan kapasitas adaptif komunitas. Pendekatan ini menggambarkan bagaimana kombinasi parameter spasial dapat menghasilkan peta zonasi kerentanan yang berguna untuk strategi mitigasi local.

Kajian ini menunjukkan Riau memiliki karakteristik wilayah dataran rendah, tutupan lahan gambut, dan curah hujan tinggi, yang membuatnya rawan banjir terutama di wilayah pertanian dan permukiman. Pendekatan GIS efektif untuk menghasilkan peta kerentanan, yang dapat dipakai dalam penyusunan mitigasi bencana dan perencanaan ruang di Kabupaten Kampar.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif untuk memperoleh data yang lebih valid, komprehensif, dan objektif (Sugiyono, 2025). Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Kampar dengan garis astronomi 01°00'40" lintang utara hingga 00°27'00" lintang selatan dan 100°28'30" - 101°14'30" bujur timur. Untuk gambaran yang lebih jelas, lihat Gambar 1.

Gambar 1. Lokasi Penelitian



Penelitian ini membutuhkan alat dan bahan untuk menentukan tingkat kerentanan banjir di Kabupaten Kampar, karakteristik lahan di Kabupaten Kampar, dan untuk merumuskan arah kebijakan mitigasi bencana banjir di Kabupaten Kampar, Provinsi Riau. Alat yang dibutuhkan untuk penelitian ini disajikan sebagai berikut: (a) GPS untuk menentukan koordinat lokasi rawan banjir; (b) komputer dengan perangkat lunak QGIS untuk menganalisis zona rawan banjir; dan (c) komputer dengan perangkat lunak Expert Choice 2024 untuk menentukan arah kebijakan mitigasi banjir di Kabupaten Kampar, Provinsi Riau.

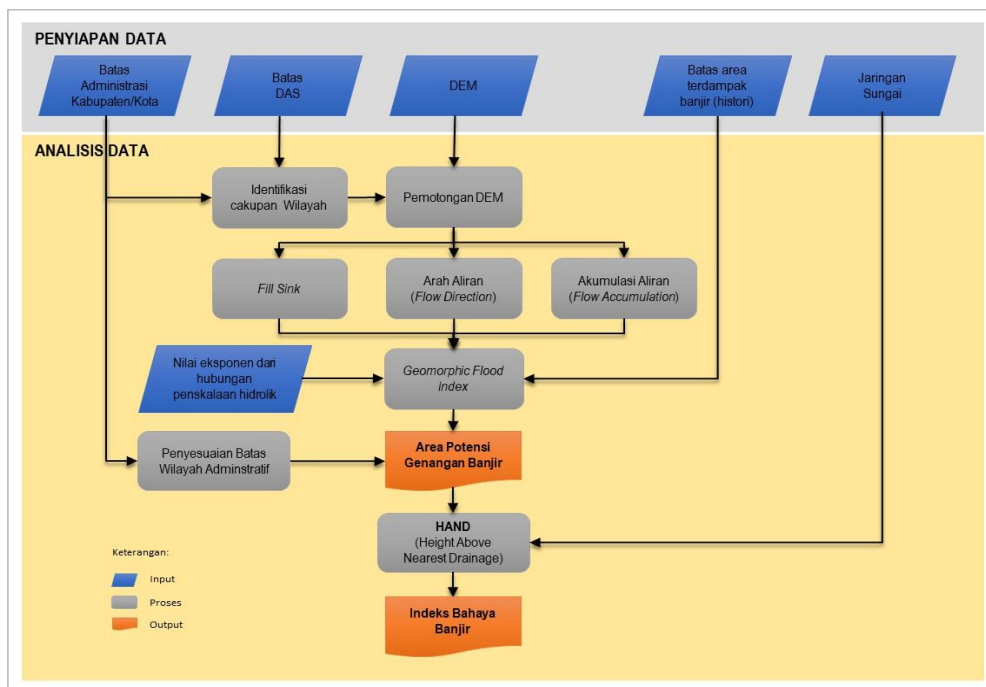
Selanjutnya, bahan yang digunakan untuk penelitian arah kebijakan mitigasi bencana banjir di Kabupaten Kampar, Provinsi Riau dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Bahan-Bahan Yang Digunakan Dalam Penelitian

No.	Name	Output	Data Source
1.	District and Regency Boundaries	Administrative Boundaries of Kampar Regency	Inageoportal
2.	Land Use	Land Use Map	Inageoportal
3.	Soil Type	Landform Unit Map	Puslit Tanah
4.	Geology	Geological Map	Badan Geologi
5.	River Network	Kampar Regency River Network Map	BWS V
6.	Rainfall	Rainfall Map	BMKG
7.	Slope Gradient	Slope Map	Inageoportal
8.	Flood History	Kampar Regency Flood Event Map	Inarisk

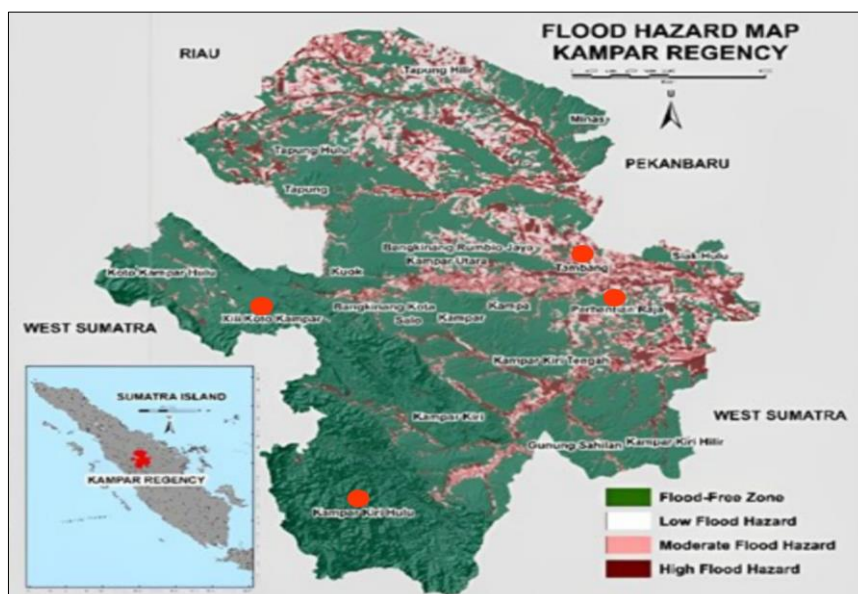
Tahapan analisis kerentanan banjir di Kabupaten Kampar, potensi daerah genangan dapat diperoleh menggunakan metode yang dikembangkan oleh (Samela, 2018), yaitu Indeks Banjir Geomorfik (GFI) melalui alat analisis tambahan (plugin) yang tersedia di perangkat lunak QGIS. GFI adalah metode yang dapat digunakan untuk memperkirakan daerah genangan banjir pada skala DAS yang besar dan merupakan prosedur yang efektif dan cepat untuk daerah dengan data hidrologi yang terbatas. GFI dihitung dengan persamaan yang dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini:

Gambar 2. Persiapan Data dan Analisis Data



Analisis karakteristik lahan menggunakan pengambilan sampel acak bertingkat dari peta berdasarkan peta analisis penelitian kerentanan bencana banjir, yang dalam penelitian ini diambil di 4 titik sampel, yaitu Kabupaten Tambang, Kabupaten Perhentian Raja, Kabupaten XII Koto Kampar, dan Kabupaten Kampar Kiri Hulu. Untuk lebih jelas peta sampel kerawanan banjir dapat dilihat pada gambar 3. Metode ini dilakukan dengan cepat dengan 2 tahapan, yaitu: 1) Mengidentifikasi daerah genangan potensial banjir dengan pendekatan geomorfologi pada daerah sungai, yang dapat dikalibrasi dengan ketersediaan data daerah dampak yang telah terjadi (Samela, 2018), 2) Memperkirakan ketinggian genangan berdasarkan ketinggian elevasi (jarak vertikal) di atas permukaan sungai di daerah genangan potensial yang telah dihasilkan pada tahap 1.

Gambar 3. Peta Sampel Kerawanan Banjir



Klasifikasi tingkat karakteristik lahan berdasarkan jumlah skor parameter banjir.
Kriteria karakteristik lahan tercantum dalam Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi Tingkat Karakteristik Lahan

<i>Types</i>	<i>Indicator</i>	<i>Criteria</i>	<i>Harkat</i>
<i>Landform</i>	<i>Structural (P), Denudational (D), Volcanic (V)</i>	<i>Good</i>	1
	<i>Solutional (S)</i>	<i>Kinda Good</i>	2
	<i>Antropogenic (A)</i>	<i>Currently</i>	3
	<i>Fluvial (F)</i>	<i>Kinda Bad</i>	4
	<i>Marine (M)</i>	<i>Bad</i>	5
<i>Natural Embankment/Natural dam with potential flood</i>	<i>River embankments on the left and right sides have a slope of >25% with low flood potential.</i>	<i>Good</i>	1
	<i>River embankments on the left and right sides have a slope of 15-25% with moderate flood potential.</i>	<i>Kinda Good</i>	2
	<i>River embankments on the left and right sides have a slope of 8-15% with moderate flood potential.</i>	<i>Currently</i>	3
	<i>River embankments on the left and right sides have a slope of <8% with high flood potential.</i>	<i>Kinda Bad</i>	4
	<i>River embankments on the left and right sides have a slope of <8% with very high flood potential.</i>	<i>Bad</i>	5
<i>River flow patterns</i>	<i>Rekangular</i>	<i>Good</i>	1
	<i>Radial, Paralel</i>	<i>Kinda Good</i>	2
	<i>Trellis</i>	<i>Currently</i>	3
	<i>Dendaritic</i>	<i>Kinda Bad</i>	4
	<i>Annular, multi basinal</i>	<i>Bad</i>	5
<i>Rainfall (mm/year)</i>	<i><1000</i>	<i>Good</i>	1
	<i>1000-1500</i>	<i>Kinda Good</i>	2
	<i>1500-2500</i>	<i>Currently</i>	3
	<i>2000-2500</i>	<i>Kinda Bad</i>	4
	<i>>2500</i>	<i>Bad</i>	5
<i>Slope of land to the left and right of the river (%)</i>	<i>>8 (very fluent)</i>	<i>Good</i>	1
	<i>6-8 (fluent)</i>	<i>Kinda Good</i>	2
	<i>4-6 (somewhat fluent)</i>	<i>Currently</i>	3
	<i>2-4 (slightly delayed)</i>	<i>Kinda Bad</i>	4
	<i><2 (slowed)</i>	<i>Bad</i>	5
<i>Damming by river branching and tides</i>	<i>None</i>	<i>Good</i>	1
	<i>Main tidal river</i>	<i>Kinda Good</i>	2
	<i>Tributary river</i>	<i>Currently</i>	3
	<i>Tranches of the main river</i>	<i>Kinda Bad</i>	4
	<i>Main river</i>	<i>Bad</i>	5
<i>Meandering sinusitis P=Pj. River according to bends/straight distance</i>	<i>1,0-1,1</i>	<i>Good</i>	1
	<i>1,2-1,4</i>	<i>Kinda Good</i>	2
	<i>1,5-1,6</i>	<i>Currently</i>	3
	<i>1,7-2,0</i>	<i>Kinda Bad</i>	4
	<i>>2,0</i>	<i>Bad</i>	5
<i>Average slope of the watershed (%)</i>	<i>>45</i>	<i>Good</i>	1
	<i>26-45</i>	<i>Kinda Good</i>	2
	<i>16-25</i>	<i>Currently</i>	3
	<i>15-8</i>	<i>Kinda Bad</i>	4
	<i><8</i>	<i>Bad</i>	5

<i>Land use</i>	<i>Protected/conservation forests</i>	<i>Good</i>	1
	<i>Production forests/plantations</i>	<i>Kinda Good</i>	2
	<i>Yards/terraced fields</i>	<i>Currently</i>	3
	<i>Settlements</i>	<i>Kinda Bad</i>	4

Analisis untuk menentukan karakteristik lahan menggunakan rumus yang dikembangkan oleh Dibyosaputro (1999), yaitu:

$$I = \frac{c-b}{k} = 45-9/3 = 12$$

I: Jarak interval kelas

c: Skor tertinggi

b: Skor terendah

k: Skor yang diinginkan

Dari persamaan di atas, interval karakteristik lahan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Interval Karakteristik Lahan

Zone	Interval	Land Characteristics
I	<24	Good
II	25-37	Medium
III	>38	Bad

Deskripsi:

Zona I: Lahan stabil dengan potensi banjir rendah

Zona II: Lahan kurang stabil dengan potensi banjir sedang

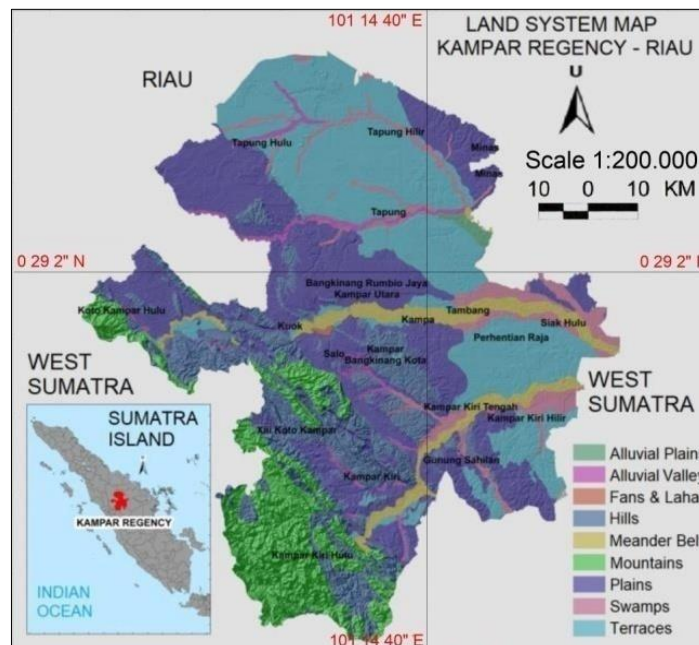
Zona III: Lahan tidak stabil dengan potensi banjir tinggi

HASIL

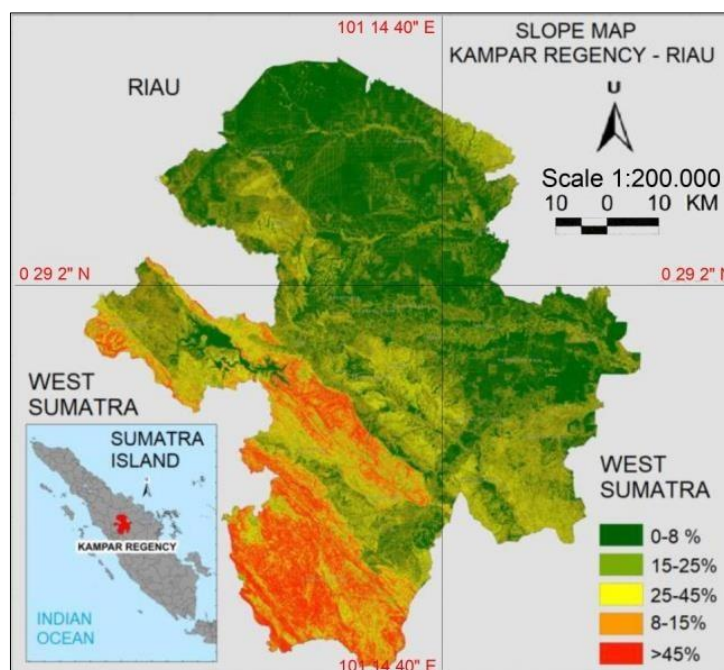
Secara morfologis, kondisi alam Kabupaten Kampar bervariasi antara dataran dan perbukitan, dengan ketinggian 500 meter di atas permukaan laut (mdpl). Kabupaten Kampar memiliki topografi yang beragam dan bergelombang, mulai dari dataran hingga perbukitan. Daerah datar dengan ketinggian 0-500 meter di atas permukaan laut seluas 15.888.960 km², daerah miring/bergelombang dengan ketinggian 500-750 meter di atas permukaan laut seluas 3.840.676 km² tersebar di bagian selatan dan utara Kampar, daerah bergelombang (750-1000 meter di atas permukaan laut) seluas 5.128.528 km² tersebar di bagian timur laut dan barat Kampar, daerah berbukit dengan ketinggian lebih dari 1000-1250 meter di atas permukaan laut seluas 6.098.853 km² tersebar di bagian timur laut dan barat Kampar, daerah yang agak curam dengan kemiringan lebih dari 1250 meter di atas permukaan laut seluas 6.160.827 km² tersebar di bagian utara dan sebagian di arah barat Kampar. Peta sistem pertanahan Kabupaten Kampar dapat dilihat pada Gambar 4.

Secara topografi, Kabupaten Kampar merupakan daerah bergelombang dengan dataran rendah, rawa, dataran tinggi atau perbukitan dan sedikit bergunung-gunung. Kemiringan tertinggi di atas 40% memiliki luas 283.708,00 ha (26,50%), sedangkan kemiringan terendah di bawah 8% memiliki luas 434.653,00 ha (40,60%). Kemiringan lahan terendah di bawah 8% merupakan indikator daerah yang paling rentan terhadap banjir karena sifat air yang mencari tempat yang lebih rendah. Pemberian skor dengan modifikasi, untuk 4 kelas kemiringan dengan skor terendah 20 untuk kelas kemiringan > 40%, sedangkan skor tertinggi 100 diberikan untuk kelas kemiringan terendah < 8%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 4. Peta Sistem Pertanahan, Kabupaten Kampar

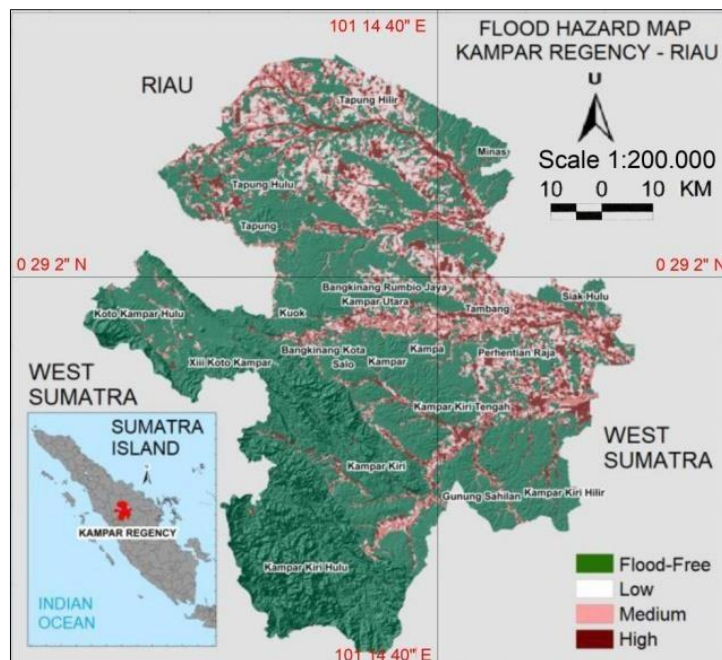


Gambar 5. Peta Topografi, Kabupaten Kampar



Berdasarkan Gambar 4, terlihat bahwa tingkat kerentanan banjir terbagi menjadi empat zona, yaitu: zona kerentanan banjir tinggi, zona kerentanan banjir sedang, zona kerentanan banjir rendah, dan zona bebas banjir.

Gambar 6. Peta Hazae Banjir, Kabupaten Kampar



Tabel 4. Klasifikasi Zona Rawan Banjir di Kabupaten Kampar

No.	Area	Flood Hazard Class (Hectares)				Total
		Flood Free Zone	Low Flood Risk	Moderate Flood Risk	High Flood Risk	
1.	Bangkinang	11.935, 51	1.068, 94	1.535,47	867, 70	15.407,62
2.	Bangkinang Kota	6.370, 71	223, 71	729, 54	692, 35	80.16,32
3.	Gunung Sahilan	24.937, 60	1.092, 89	4.064, 74	3.507, 51	33.602,74
4.	Kampa	10.998, 07	1549, 99	3.199, 62	1.316, 65	17.064,34
5.	Kampar	16.682, 33	562, 96	2.823, 25	1.189, 64	21.258, 18
6.	Kampar kiri	70.965, 71	2.142, 92	8.668, 42	5.076, 79	86.853,84
7.	Kampar Kiri Hilir	38.715, 23	5.788, 55	12.726, 25	10.562, 26	67.792, 28
8.	Kampar Kiri Hulu	127.212, 66	189, 05	696, 60	389, 62	12.8487, 94
9.	Kampar Kiri Tengah	246.86, 10	1.382, 44	2.850, 17	2.190, 10	31.108,81
10.	Kampar Utara	4.741, 54	1.236, 12	2.008, 33	1.307, 30	9.293, 29
11.	Koto Kampar Hulu	36.954, 46	416, 87	1.797, 06	604, 95	39.773, 34
12.	Kuok	21.255, 73	999, 83	2.924, 42	1.233, 95	26.413, 93
13.	Minas	5.191, 37	3, 45	218,29	332, 28	5.745, 40
14.	Perhetian Raja	4.156, 17	1.885, 52	2.549, 44	1.933, 66	10.524, 80
15.	Rumbio Jaya	3.088, 92	1.110, 50	1.767, 24	1.030, 30	6.996, 96
16.	Salo	17.874, 36	659, 49	1.762, 71	864, 01	21.160,57
17.	Siak Hulu	14.060, 31	6.454, 92	12.360, 27	8.436, 40	41.311, 88
18.	Tambang	12.103, 06	7.186, 83	12.755, 92	6.472, 16	38.517, 96
19.	Tapung	74.374, 38	17.334, 11	23.701, 23	14.024, 97	129.434, 69
20.	Tapung Hilir	39.045,28	18.432, 51	17.514, 46	11.076, 11	86.068, 36
21.	Tapung Hulu	51.686, 52	15.947, 13	24.377, 16	13.685, 32	105.696, 14
22.	Xiii Koto Kampar	98.814, 94	688, 49	1.791, 26	1.864, 34	103.159, 02
Grand Total		715.850, 97	86.357, 23	14.2821, 84	88.658, 36	103.3.688, 39

Berdasarkan tabel 4, zona risiko banjir tinggi diperkirakan mengalami risiko banjir tahunan yang sangat tinggi. Zona risiko banjir tinggi meliputi daerah dataran rendah di sepanjang Sungai Kampar dan anak sungainya, termasuk daerah sekitar Kecamatan

Tambang, Kota Bangkinang, ibu kota Kabupaten Kampar, dan daerah pesisir di bagian tengah dan selatan sungai. Zona ini terletak pada ketinggian 50 meter di atas permukaan tanah. Penggunaan lahan di zona ini didominasi oleh lahan pertanian, permukiman, dan perkebunan. Namun, kepadatan penduduk yang tinggi dan seringnya luapan sungai besar membuat daerah ini sangat rentan terhadap banjir. Lebih lanjut, curah hujan yang tinggi selama musim hujan, ditambah dengan aliran air dari sungai-sungai di hulu, menyebabkan banjir yang meluas, seringkali menutupi jalan, rumah, dan lahan pertanian. Selama setiap musim hujan, banjir dapat mencapai ketinggian 1 meter, menyebabkan kerusakan infrastruktur dan mengganggu perekonomian yang bergantung pada pertanian. Banjir di zona ini tidak hanya menyebabkan kerusakan fisik tetapi juga memengaruhi mata pencaharian masyarakat yang bergantung pada pertanian. Luas wilayah di zona banjir tinggi di Kabupaten Kampar mencakup area seluas 88.658 hektar.

Zona risiko banjir rendah memiliki potensi terjadinya banjir sekali setahun. Zona risiko banjir rendah di Kabupaten Kampar meliputi daerah yang terletak di ketinggian lebih dari 1.000 meter di atas permukaan laut, terutama di bagian utara dan barat Kabupaten. Daerah-daerah ini umumnya terletak di daerah perbukitan dengan kemiringan 15-25%. Daerah-daerah ini memiliki sistem drainase alami yang baik, dengan sedikit genangan air bahkan saat hujan deras. Di zona risiko banjir rendah di Kabupaten Kampar, yang meliputi area seluas 86.357 ha, risiko banjir di zona ini sangat rendah. Bahkan jika terjadi banjir, hanya terbatas pada sungai-sungai kecil dengan genangan minimal dan tidak mengganggu aktivitas masyarakat.

Zona rawan banjir sedang diperkirakan mengalami banjir satu hingga tiga kali setiap lima tahun. Zona rawan banjir sedang terletak pada ketinggian antara 50 dan 100 meter di atas permukaan laut, meliputi dataran rendah di antara daerah perbukitan dan dataran banjir. Zona ini tersebar di wilayah timur laut dan selatan Kabupaten Kampar. Penggunaan lahan di zona ini meliputi kawasan permukiman dan beberapa lahan pertanian di dekat sungai. Zona ini biasanya mengalami curah hujan sedang hingga tinggi dengan sistem drainase yang lebih terbatas dibandingkan zona dataran rendah. Sungai-sungai di zona ini sering meluap selama musim hujan, tetapi air banjir biasanya surut dengan cepat. Area rawan banjir sedang di Kampar mencakup 142.821 hektar.

Zona aman bebas banjir tidak memiliki potensi banjir. Zona ini umumnya terdiri dari daerah pegunungan dan dataran tinggi, sehingga aman dari banjir. Zona aman bebas banjir di Kabupaten Kampar mencakup area seluas 715.821 hektar.

PEMBAHASAN

Kabupaten Kampar Provinsi Riau merupakan daerah yang sering ilanda bencana banjir yang disebabkan oleh curah hujan tinggi dan sistem drainase yang kurang optimal. Banjir ini telah menyebabkan berbagai dampak negatif, baik pada aspek fisik maupun lingkungan wilayah. Secara fisik, banjir telah mengakibatkan kerusakan infrastruktur seperti sarana dan prasarana, serta rumah warga. Banjir bukan hanya mengakibatkan kerusakan secara fisik namun juga mengakibatkan terganggunya aktivitas masyarakat yang pencahariannya bergantung pada pertanian. Penelitian menunjukkan bahwa tingkat kerawanan banjir di Kabupaten Kampar bervariasi antar wilayah, dengan beberapa kecamatan yang lebih rawan dibandingkan yang lain. Beberapa kecamatan berada pada tingkat kerawanan tinggi, terutama di sekitar DAS dan wilayah dataran rendah yang sering terparap banjir saat musim hujan.

Hasil penelitian ini juga mediskusikan faktor penyebab utama tingginya kerawanan di wilayah ini antara lain adalah berkurangnya tutupan lahan hijau, tingginya sedimentasi sungai, dan kapasitas drainase yang tidak memadai. Analisis spasial yang dilakukan dalam penelitian ini memperlihatkan bahwa daerah yang paling rawan berada di sekitar aliran utama sungai dan daerah rendah, perubahan tutupan lahan, khususnya konversi lahan hijau menjadi lahan perkebunan atau permukiman, berkontribusi signifikan terhadap kerawanan banjir di mana potensi genangan air lebih besar. Diskusi juga membandingkan hasil ini dengan rekomendasi dari beberapa penelitian sebelumnya, seperti karya Iswandi (Umar, 2021) yang menunjukkan pentingnya pengelolaan DAS terpadu untuk mengurangi dampak banjir. Studi Umar menyarankan bahwa pemulihan dan perlindungan lahan di sepanjang DAS, termasuk pengaturan zonasi kawasan hijau dan rehabilitasi ekosistem sungai, dapat mengurangi kerawanan banjir dengan meningkatkan kapasitas penyerapan air alami.

Menurut (Rahayu, 2023) banjir suatu peristiwa yang paling sering terjadi di berbagai daerah, terutama di wilayah perkotaan dengan tingkat urbanisasi yang tinggi. Faktor penyebab banjir sangat beragam, mulai dari curah hujan yang ekstrem, sistem drainase yang tidak memadai, hingga kerusakan lingkungan seperti penggundulan hutan dan perubahan tata guna lahan. Akibat dari banjir sangat merugikan, baik secara ekonomi, sosial, maupun kesehatan masyarakat. Begitu pula yang terjadi di Kabupaten Kampar peristiwa banjir sering terjadi karena sebagian besarnya merupakan wilayah perkotaan sehingga mendominasi lebih banyak daerah permukiman. Ketika terjadi musim hujan maka terjadi banjir yang mengakibatkan kerugian mulai dari ekonomi hingga Kesehatan masyarakat.

Tingkat kerawanan banjir di Kabupaten Kampar merupakan isu yang semakin mendesak, terutama dalam konteks perubahan iklim dan pemanfaatan lahan. Pemerintah Kabupaten Kampar diharapkan dapat mengembangkan program-program edukasi yang melibatkan masyarakat dalam perencanaan dan pelaksanaan mitigasi banjir. Dengan kolaborasi antara pemerintah dan masyarakat, diharapkan dapat tercipta solusi yang berkelanjutan dan responsif terhadap tantangan kerawanan banjir yang dihadapi oleh Kabupaten Kampar, hal ini sesuai dengan hasil penelitian (Hermon, 2024) daerah rawan banjir perlunya penerapan beberapa strategi seperti : sistem peringatan dini, pelatihan kesiapsiagaan bencana berbasis masyarakat, dan inisiatif pengelolaan lingkungan untuk meningkatkan ketahanan adaptif, baik melalui peningkatan infrastruktur maupun pemberdayaan masyarakat, sangat penting untuk mengurangi risiko banjir di masa mendatang. Lebih jauh, upaya terkoordinasi di tingkat pemerintah dan masyarakat sangat penting untuk memastikan efektivitas langkah-langkah dalam memitigasi bencana banjir.

Menurut (Suryono, 2024) selain faktor-faktor tersebut, sistem drainase yang buruk juga menjadi salah satu penyebab utama banjir di wilayah perkotaan. Banyak kota yang mengalami pertumbuhan pesat seringkali tidak diiringi dengan pembangunan infrastruktur drainase yang memadai. Akibatnya, aliran air tidak dapat dialirkan dengan baik dan menyebabkan genangan di sejumlah titik. Permasalahan drainase juga diperparah dengan kebiasaan buruk masyarakat yang membuang sampah sembarangan, sehingga saluran air tersumbat. Untuk mengurangi risiko banjir, diperlukan perencanaan tata kota yang baik dan pengelolaan drainase yang lebih efektif. Permasalahan faktor drainase juga merupakan salah satu masalah yang dihadapi Kabupaten Kampar karena padatnya permukiman penduduk sehingga mengakibatkan air sulit untuk mengalir bahkan saluran air sering tersumbat ketika terjadinya curah hujan tinggi.

Curah hujan yang tinggi, penggunaan lahan berupa hutan dan kebun didukung dengan potensi banjir yang tinggi dengan kemiringan tanggul kiri kanan >8% didukung oleh

karakteristik lahan buruk merupakan Kawasan yang berpotensi besar terhadap penyebab bencana banjir. Sedangkan curah hujan yang tinggi, penggunaan lahan permukiman didukung oleh karakteristik lahan sedang menjadi Kawasan yang berpotensi sebagai daerah landaan banjir. Penyebab utama terjadinya banjir di Kabupaten Kampar Provinsi Riau adalah curah hujan yang tinggi dan bendungan alam dengan potensi banjir tinggi. (Johnson, 2023) menyatakan bahwa terbentuknya bendungan alam seringkali tidak terdeteksi oleh masyarakat luas karena salah satu faktornya adalah medan yang sulit dijangkau. Ketidakmampuan masyarakat untuk melihat langsung pembentukan alam mini dapat meningkatkan risiko lanjutan, seperti banjir bandang saat bendungan alami tersebut jebol akibat tekanan air terus menerus meningkat.

Pemerintah melalui Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2023) mengemukakan penyebab terjadinya banjir : (1) penurunan kapasitas tampung sungai akibat sedimentasi, (2) alih fungsi lahan, (3) serta pengelolaan drainase yang kurang efektif. Penanganan banjir juga harus melibatkan Langkah-langkah mitigasi yang komprehensif, mulai dari pemantauan cuaca, peringatan dini, hingga edukasi masyarakat tentang pentingnya menjaga lingkungan. Kolaborasi antara pemerintah, masyarakat, dan sector swasta sangat penting dalam menciptakan sistem manajemen yang efektif (Rizki, 2023).

Menurut (Smith, 2023) hujan deras seringkali menjadi salah satu faktor utama dalam pembentukan genangan air besar. Intensitas hujan ekstrem mengacu pada jumlah curah hujan yang sangat tinggi dalam waktu singkat, yang melebihi kapasitas saluran drainase dan sistem sungai untuk menampung dan mengalirkan air. Fenomena ini sering dipicu oleh kondisi atmosfer yang tidak stabil, seperti badai tropis, siklon, atau fenomena meteorologi lain yang menyebabkan hujan lebat. Akibatnya, air hujan tidak dapat diserap dengan cepat oleh tanah atau aliran oleh saluran drainase, sehingga mengakibatkan penumpukan air di permukaan dan terjadilah banjir. Selain itu perubahan iklim global berkontribusi pada meningkatnya frekuensi dan intensitas hujan ekstrem yang memperburuk risiko banjir di berbagai wilayah, terutama di kawasan urban dan dataran rendah yang sudah rawan banjir.

Tingkat Rawan banjir di Kabupaten Kampar Provinsi Riau terdiri atas tingkat bahaya banjir : (1) zona bebas banjir. Pada zona bebas banjir ini sebesar 715.850,97 ha. (2) rawan banjir rendah. Pada zona ini sebesar 86.357,23 ha. (3) rawan banjir sedang. Pada zona ini sebesar 142.821,84 ha dan (4) rawan banjir tinggi. Pada zona ini sebesar 88.658,36 ha.

Hasil penelitian mengenai arahan kebijakan mitigasi bencana banjir di Kabupaten Kampar, Provinsi Riau memiliki beberapa implikasi yang penting antara lain:

1. Perencanaan Tata Ruang Wilayah

Hasil pemetaan tingkat kerentanan banjir berbasis SIG memberikan dasar spasial yang kuat bagi pemerintah daerah dalam menyusun dan mengevaluasi Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Kampar. Zona dengan tingkat kerentanan tinggi dapat dijadikan acuan dalam pengendalian pemanfaatan ruang, khususnya pembatasan pembangunan permukiman dan infrastruktur pada wilayah rawan banjir. Dengan demikian, penelitian ini berimplikasi langsung pada peningkatan kesesuaian antara kondisi fisik wilayah dan kebijakan tata ruang yang berorientasi pada pengurangan risiko bencana.

2. Upaya Mitigasi dan Pengurangan Risiko Bencana

Penelitian ini berkontribusi pada penguatan strategi mitigasi bencana banjir melalui penyediaan informasi spasial yang akurat dan terperinci. Peta kerentanan banjir yang dihasilkan dapat dimanfaatkan oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) sebagai dasar dalam penentuan prioritas wilayah mitigasi struktural maupun non-

struktural, seperti pembangunan sistem drainase, normalisasi sungai, serta peningkatan kapasitas masyarakat dalam menghadapi bencana banjir.

3. Peningkatan Kesiapsiagaan dan Resiliensi Masyarakat

Informasi spasial mengenai tingkat kerentanan banjir memiliki implikasi penting dalam meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat, terutama di wilayah dengan kerentanan tinggi. Peta kerentanan dapat digunakan sebagai media edukasi kebencanaan untuk meningkatkan kesadaran risiko, mendorong partisipasi masyarakat dalam upaya mitigasi, serta memperkuat resiliensi sosial terhadap dampak bencana banjir.

4. Pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Penelitian Lanjutan

Secara akademik, penelitian ini memperkaya kajian geografi kebencanaan, khususnya dalam penerapan analisis spasial berbasis SIG untuk pemetaan kerentanan banjir. Implikasi ilmiahnya membuka peluang bagi penelitian lanjutan dengan mengintegrasikan data temporal, model hidrologi, maupun pendekatan machine learning untuk meningkatkan akurasi dan dinamika pemodelan kerentanan banjir di wilayah lain dengan karakteristik serupa.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai tingkat kerawanan banjir, karakteristik lahan, dan arahan kebijakan mitigasi bencana banjir di Kabupaten Kampar, Provinsi Riau, dapat disimpulkan bahwa, Tingkat Kerawanan Banjir di Kabupaten Kampar, Provinsi Riau menunjukkan variabilitas yang signifikan antar kecamatan. Beberapa wilayah, khususnya yang berada di sepanjang aliran sungai besar seperti Sungai Kampar, memiliki kerawanan yang sangat tinggi akibat curah hujan yang tinggi, faktor topografi, dan rendahnya kapasitas saluran drainase. Sementara itu, wilayah dengan ketinggian tanah yang lebih tinggi dan jauh dari badan air cenderung memiliki kerawanan yang lebih rendah. Penelitian ini menegaskan bahwa analisis spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan instrumen yang strategis dalam mendukung upaya pengurangan risiko bencana banjir di Kabupaten Kampar. Integrasi berbagai parameter fisik dan lingkungan melalui pendekatan spasial mampu memberikan gambaran yang komprehensif mengenai distribusi tingkat kerentanan banjir. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai rujukan ilmiah dan dasar pertimbangan bagi pemerintah daerah serta pemangku kepentingan terkait dalam merumuskan kebijakan pembangunan yang berwawasan kebencanaan, adaptif terhadap kondisi lingkungan, serta berorientasi pada keberlanjutan wilayah.

REFERENSI

- Abubakar, M. L. (2025). Flood susceptibility assessment via GIS and the analytical hierarchy process in Kaduna, Nigeria. *Journal of Discover Geoscience*, 3, 94.
- Ashfaq, S. T. (2025). Flood susceptibility assessment and mapping using GIS-based analytical hierarchy process and frequency ratio models. *Journal of Global and Planetary Change*, 251, 104831.
- Bubeck, P. B. (2012). A Review Of Risk Perceptions And Other Factors That Influence Flood Mitigation Behavior. *Journal of Risk Analysis*, 32(9), 1481–1495.
- Chan, S. W. (2022). A Systematic Review Of The Flood Vulnerability Using Geographic Information System. *Journal of Homepage Heliyon*, 8 (3), E09075.
- Demissie, Z. R. (2024). Flood susceptibility mapping: Integrating machine learning and GIS for enhanced risk assessment. *Journal of Applied Computing and Geosciences*, 23, 100183.

- Diriba, D. T. (2024). Flood Hazard Analysis And Risk Assessment Using Remote Sensing, Gis, And Ahp Techniques: A Case Study Of The Gidabo Watershed, Main Ethiopian Rift, Ethiopia. *Journal of Geomatics, Natural Hazards And Risk*, 15(1).
- Faradila, D. H. (2024). Analisis Pemetaan Daerah Rawan Banjir DAS Gembong Menggunakan Metode Weighted Overlay. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 1461–1471.
- Fatmawaty, A. S. (2025). Flood hazard zonation and agricultural vulnerability assessment using GIS in Indonesia (Riau Province). *Journal of Agricultural Power*, 2(4), 124.
- Fitriani, D. S. (2024). Studi Pemetaan Daerah Rawan Banjir Berbasis Sistem Informasi Geografis Sebagai Upaya Mitigasi Bencana Pada Das Welang. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 4(02), 1323-1337.
- Hermion, D. H. (2024). Characteristics Of Community Adaptive Resilience In Overcoming The Hazards Of Flood Disaster In Kampar Regency-Indonesia. *Geomate Journal*, 27(122), 71-78.
- Islam, T. Z. (2025). A Systematic Review Of Urban Flood Susceptibility Mapping: Remote Sensing, Machine Learning, And Other Approaches. *Journal of Remote Sensing*, 17(3), 524.
- Johnson, R. &. (2023). Natural Dam Formation In Remote Areas: Impacts And Challenges Of Detection. *Journal Of Natural Disaster Management*, 15(2), 76-89.
- Leoonis, A. N. (2025). Importance of geographic information system (GIS) application to reduce the impact of flood disasters in Malaysia: A meta-analysis. *Journal of Water*, 17(2), 181.
- Lopez, M. &. (2025). Pemetaan Daerah Potensi Rawan Banjir Berbasis WebGIS Menggunakan Metode Weighted Overlay di Kecamatan Malaka Barat. *Jurnal Manajemen Informatika & Teknologi*, 331–345.
- Mishra, K. &. (2020). Flood risk assessment in the Kosi megafan using multi-criteria decision analysis: A hydro-geomorphic approach. *Journal of Geomorphology*, 350, 106861.
- Ouma, Y. O. (2014). Urban flood vulnerability and risk mapping using integrated multi-parametric AHP and GIS: Methodological overview and case study assessment. *Journal of Water*, 6(6), 1515–1545.
- Prameela, A. &. (2025). GIS-based flood vulnerability assessment in a river basin: A predictive modelling approach. *International Journal of Environmental Sciences*, 11(5S), 78–95.
- Prihantarto, W. J. (2025). Integration of remote sensing and GIS for mapping of land cover change due to flash floods in Simangulampe, North Sumatra, Indonesia. *Iraqi Journal of Science*, 66(12), 5831–5840.
- Rahayu, S. &. (2023). Peran Perubahan Iklim Dalam Peningkatan Frekuensi Banjir Di Perkotaan. *Jurnal Lingkungan Dan Pembangunan*, 19(3), 85-97.
- Ramadhani, M. A. (2023). Analisis Tingkat Kerawanan Bencana Banjir di Kota Bandar Lampung Berbasis GIS (Geographic Information System) dan Citra Landsat 8 OLI. *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*, 510–514.
- Rizki, F. &. (2023). Peran Teknologi Dan Partisipasi Masyarakat Dalam Mitigasi Banjir. *Jurnal Pengelolaan Risiko Bencana*, 10(3), 145-160.
- Samela, C. T. (2018). Geomorphic Classifiers For Flood-Prone Areas Delineation For Data-Scarce Environments. *Journal Advances In Water Resources*, 13–28.
- Sholeh, S. M. (2023). Flood Hazard Mapping Based On Multi-Criteria Spatial Analysis In Samin Watershed, Indonesia. *Jurnal Geoeco*, 50-62.

- Shrestha, S. D. (2025). Flood susceptibility analysis with integrated Geographic Information System and analytical hierarchy process: A multi-criteria framework for risk assessment and mitigation. *Journal of Water*, 17(7), 937.
- Smith, J. &. (2023). Impact Of Extreme Rainfall Events On Flooding: A Review Of Recent Data And Trends. *International Journal Of Hydrology And Climate Change*, 16(2), 101-115.
- Sugiyono. (2025). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Suni, M. A. (2024). Flood vulnerability analysis using geographic information system in the core zone of the Lore Lindu Biosphere Reserve, Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 12(1), 6887–6897.
- Suryono, A. &. (2024). Keterkaitan Sistem Drainase Dengan Peningkatan Frekuensi Banjir Di Perkotaan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(1), 75-89.
- Tabasi, N. F. (2025). A review on flood risk conceptual frameworks and development of hierarchical structures for assessment criteria. *Journal of Discover Water*, 5.
- Umar, I. (2021). Arah Kebijakan Untuk Mengurangi Dinamika Penggunaan Lahan Pada DAS Antokan, Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*. *Journal Of Natural Resources And Environmental Management*, 11(1), 10-18.
- Vassanti, E. (2025). Utilization of geographic information systems (GIS) for landslide risk mapping in mountainous areas. *Journal of Technology and Health*, 3(2), 89–99. .
- Wisner, B. &.-A. (2023). Revisiting frameworks: Have they helped us reduce disaster risk? Jambá. *Journal of Disaster Risk Studies*, 15(1), a1491.
- Yulaichah, A. K. (2025). Pemetaan Daerah Rawan Banjir Dengan Menggunakan Metode Weighted Overlay: Studi Kasus Kota Malang. *JPIG (Jurnal Pendidikan dan Ilmu Geografi)*, 10(2), 112–124.
- Zhafira, A. (2026). Pemetaan Kerawanan Banjir Di Wilayah Jabodetabek Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Sistem Informasi Kaputama (Jsik)*, 0(1), 11-17.