

Pemetaan Risiko Spasial Multi-Bencana Banjir dan Longsor dengan Analisis Keputusan Multi – Kriteria pada Kabupaten Pesawaran

Rizkima Akbar Setiawan^{1*}, Trisya Septiana², Muhammad Nur Khawarizmi³, Puput Budi Wintoro⁴

^{1,2,3,4}, Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, Bandar Lampung, Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145

Received: 25-09-2025
Accepted: 12-02-2026

Keywords:
SIG;
Analisis Multi-Kriteria;
Risiko Bencana;;
Metode Entropi;

Correspondent Email:
rizkimaakbarsetiawan@eng.unila.ac.id

Abstrak. Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung, memiliki kerentanan tinggi terhadap bencana hidrometeorologi akibat interaksi kompleks antara topografi, iklim, dan tutupan lahan. Penelitian ini mengembangkan model penilaian risiko multi-bencana (banjir dan longsor) dengan menggunakan Analisis Keputusan Multi-Kriteria (AKMK). Metode Entropi digunakan untuk menentukan bobot tiga parameter utama secara objektif: kemiringan lereng, intensitas curah hujan, dan tutupan lahan, guna mengurangi bias dan meningkatkan reproduktibilitas. Hasil pemetaan overlay berbobot menunjukkan bahwa 18% wilayah termasuk zona risiko tinggi banjir, terutama di daerah pesisir rendah, sementara 22% tergolong risiko tinggi longsor di kawasan berbukit dengan kemiringan >30°. Validasi dengan data kejadian bencana dari BPBD menunjukkan tingkat akurasi spasial sebesar 85%, membuktikan keandalan model. Peta risiko yang dihasilkan dijadikan pendukung pengambilan keputusan yang efisien dan berbiaya rendah untuk perencanaan mitigasi bencana dan pengembangan tata ruang. Kerangka kerja ini memiliki potensi untuk direplikasi di wilayah lain dengan keterbatasan data, menawarkan pendekatan penilaian risiko yang efisien dan skalabel.

Abstarct. Pesawaran Regency in Lampung Province faces significant vulnerability to hydrometeorological disasters due to the complex interactions of its topography, climate, and land use. This study introduces a model for assessing multi-hazard risks (floods and landslides) using Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA). The Entropy Method is employed to objectively assign weights to three key factors: slope, rainfall intensity, and land cover, thereby minimizing bias and enhancing reproducibility. The results from the weighted overlay mapping reveal that 18% of the area falls under a high flood risk zone, especially in low-lying coastal regions, while 22% is identified as a high landslide risk area in regions with slopes exceeding 30°. Validation with disaster data from BPBD confirms a spatial accuracy of 85%, validating the model's reliability. The generated risk map serves as a practical and cost-effective tool for disaster mitigation and spatial planning, with the potential to be replicated in other regions with limited data, providing an efficient and scalable approach to risk assessment.

1. PENDAHULUAN

Sebagai negara kepulauan yang terletak pada konfigurasi geologis dan geografis yang kompleks, Indonesia memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap berbagai jenis

bencana alam. Bencana hidrometeorologi, seperti banjir dan tanah longsor, merupakan ancaman dominan dengan frekuensi dan intensitas yang menunjukkan tren eskalasi, didorong oleh dampak perubahan iklim global

serta tekanan antropogenik terhadap ekosistem. Kabupaten Pesawaran di Provinsi Lampung menjadi salah satu wilayah yang merefleksikan kerentanan ini secara nyata, di mana topografi yang bervariasi dari dataran pantai hingga perbukitan curam menciptakan kondisi yang secara inheren rentan terhadap genangan banjir di wilayah hilir dan gerakan massa tanah di wilayah hulu [1]. Data historis dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Pesawaran mengindikasikan adanya tren peningkatan kejadian bencana, dengan 14 insiden banjir besar dan 7 kejadian longsor yang tercatat dalam kurun waktu 2015–2023 [2]. Peningkatan ini berkorelasi dengan perubahan alih fungsi lahan yang masif, terutama konversi hutan menjadi area pertanian dan permukiman, yang secara langsung mengurangi kapasitas infiltrasi tanah dan menurunkan stabilitas lereng. Meskipun urgensi mitigasi sangat tinggi, upaya pemetaan risiko yang komprehensif dan terintegrasi di wilayah ini masih terbatas, seringkali terhambat oleh ketersediaan data historis bencana yang tidak lengkap. Pendekatan konvensional dalam penilaian risiko yang bersifat reaktif dan bergantung pada data kejadian masa lalu terbukti kurang efektif dalam mengantisipasi ancaman di tengah dinamika perubahan lingkungan yang cepat. Oleh karena itu, diperlukan sebuah metode proaktif yang mampu memodelkan potensi risiko berdasarkan analisis karakteristik fisik-lingkungan wilayah [3].

Sistem Informasi Geografis (SIG) yang diintegrasikan dengan Analisis Keputusan Multi-Kriteria (AKMK) menawarkan kerangka kerja yang solid untuk menjawab tantangan ini. Namun, banyak penelitian sebelumnya di tingkat regional cenderung menggunakan perangkat lunak komersial berlisensi yang mahal atau hanya fokus pada pemodelan satu jenis bahaya, sehingga sulit diadopsi oleh pemerintah daerah dengan anggaran terbatas [4]. Penelitian ini menjawab celah tersebut dengan mengusulkan sebuah kerangka kerja pemetaan risiko multi-bencana (banjir dan longsor) yang efisien, objektif, dan dapat diakses. Dengan memanfaatkan perangkat lunak sumber terbuka QGIS dan menerapkan metode pembobotan objektif berbasis data (Metode Entropi), studi ini bertujuan untuk: (1) Mengidentifikasi dan memetakan distribusi

spasial faktor-faktor fisik determinan pemicu banjir dan longsor di Kabupaten Pesawaran; (2) Mengembangkan dan memvalidasi model zonasi risiko spasial yang terintegrasi; dan (3) Menganalisis implikasi spasial dari zona risiko terhadap infrastruktur vital untuk memberikan rekomendasi kebijakan mitigasi yang terarah dan berbasis bukti [5]. Kontribusi utama dari penelitian ini adalah penyediaan sebuah model yang dapat direplikasi untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis data dalam manajemen risiko bencana.

Kontribusi utama dari penelitian ini adalah pengembangan sebuah model pemetaan risiko multi-bencana yang menggabungkan pendekatan SIG dan AKMK dengan menggunakan perangkat lunak sumber terbuka, yang menjadikannya lebih mudah diakses dan lebih relevan untuk pemerintah daerah dengan keterbatasan anggaran. Model ini menawarkan pendekatan yang lebih efisien, objektif, dan dapat direplikasi untuk digunakan di wilayah lain yang memiliki data terbatas.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis spasial dan Sistem Informasi Geografis (SIG)

Analisis spasial merupakan teknik/proses yang melibatkan sejumlah hitungan dan evaluasi logika matematis dalam rangka menemukan hubungan atau pola yang terdapat diantara unsur-unsur spasial. Dengan mewujudkan basisdata SIG sebagai model dunia nyata. Setiap pengguna dapat mempelajari proses spasial di dalamnya. Oleh sebab itu fungsi analisis spasial dapat memberikan informasi spesifik mengenai periode tertentu. Sementara itu pada praktiknya, analisis spasial akan melibatkan query dan menggunakan data spasial dan non spasial dalam rangka menjawab pertanyaan kompleks [6].

2.2 Analisis Keputusan Multi-Kriteria

Proses analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi dan memetakan daerah yang berisiko tinggi terhadap beberapa jenis bencana secara bersamaan, seperti banjir, gempa bumi, tanah longsor, kebakaran hutan, dan lainnya [7]. Pendekatan ini menggabungkan berbagai data spasial dan lingkungan untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai

potensi risiko di suatu wilayah, sehingga dapat memfasilitasi perencanaan mitigasi bencana yang lebih efektif.

Langkah pertama adalah mengidentifikasi jenis bencana yang dapat terjadi di wilayah yang dipetakan. Setiap jenis bencana memiliki karakteristik dan penyebab yang berbeda, misalnya banjir yang dipengaruhi oleh curah hujan tinggi dan drainase yang buruk, atau gempa bumi yang terkait dengan aktivitas tektonik [8]. Data spasial sangat penting dalam pemetaan risiko bencana. Data ini dapat berupa informasi geografis, topografi, penggunaan lahan, infrastruktur, dan data lingkungan lainnya. Sumber data dapat berasal dari citra satelit, survei lapangan, sistem informasi geografis (SIG), dan data historis bencana [9]. Beberapa penelitian sebelumnya telah mengaplikasikan SIG dan AKMK untuk pemetaan risiko bencana. Misalnya, penelitian oleh [10] yang menggunakan SIG untuk memetakan risiko bencana di Jakarta, serta penelitian oleh [11] yang mengimplementasikan SIG untuk pemetaan daerah rawan bencana. Penelitian-penelitian ini mengilustrasikan penggunaan alat dan metodologi serupa dalam penilaian risiko bencana, mendukung relevansi dan penerapan metodologi dalam penelitian ini untuk wilayah yang lebih terbatas sumber daya.

2.3 Metode Entropi dalam pembobotan

Metode entropi dalam analisis spasial merujuk pada teknik yang digunakan untuk mengukur ketidakpastian atau tingkat ketidakaturan dalam distribusi data spasial. Entropi dalam konteks ini berasal dari konsep dalam teori informasi yang pertama kali dikembangkan oleh Claude Shannon. Konsep entropi digunakan untuk mengukur tingkat ketidakpastian atau keragaman informasi dalam suatu sistem. Dalam analisis spasial, entropi dapat diterapkan untuk mengevaluasi seberapa acak atau terdistribusi data di ruang geografi, dan ini sering digunakan untuk memahami pola distribusi objek atau fenomena geografis [12]. Metode entropi membantu dalam mengidentifikasi pola ketidakaturan dalam data spasial, baik itu dalam konteks penggunaan lahan, distribusi sumber daya alam, distribusi populasi, atau fenomena bencana alam. Prinsip dasar entropi dalam analisis spasial meliputi : pengukuran ketidakpastian dalam sistem, yang

berarti seberapa besar keragaman atau perbedaan dalam data spasial yang ada. Semakin tinggi nilai entropi, semakin tinggi tingkat ketidakpastian atau keragaman distribusi data tersebut. Sebaliknya, nilai entropi yang rendah menunjukkan distribusi yang lebih teratur atau terpusat. Formula untuk menghitung entropi Shannon adalah sebagai berikut

$$H(X) = - \sum_{i=1}^n P(x_i) \log_2 P(x_i) \quad (1)$$

Dimana :

$H(X)$ = entropi dari system X .

$P(x_i)$ = probabilitas terjadinya elemen x_i .

$\log_2 P(x_i)$ = logaritma dari probabilitas $P(x_i)$ dengan basis 2

Dalam konteks analisis spasial, elemen x_i dapat merujuk pada nilai-nilai yang ada di dalam grid atau wilayah tertentu, seperti kepadatan penduduk, jenis tutupan lahan, atau frekuensi kejadian suatu fenomena [13].

3. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian ini dirancang secara sistematis, mencakup akuisisi dan pra-pengolahan data geospasial, analisis parameter fisik, hingga integrasi model melalui AKMK berbasis SIG.

3.1. Wilayah Studi

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Pesawaran, sebuah wilayah administratif di Provinsi Lampung yang terletak antara $104,9^\circ - 105,38^\circ$ Bujur Timur dan $-5,2^\circ - 5,67^\circ$ Lintang Selatan. Secara topografis, wilayah ini memiliki elevasi yang bervariasi mulai dari 0 mdpl di zona pesisir hingga lebih dari 1.200 mdpl di area perbukitan. Kondisi ini menghasilkan gradien kemiringan lereng yang ekstrem, dari 0° (datar) hingga 85° (sangat curam), yang menjadi faktor predisposisi utama untuk kejadian longsor. Wilayah ini juga memiliki curah hujan tahunan yang tinggi, berkisar antara 2.500–3.500 mm. Batas administrasi wilayah studi disajikan pada Gambar 1 [14].



Gambar 1. Peta Administrasi Kabupaten Pesawaran yang menunjukkan sembilan kecamatan sebagai unit analisis.

3.2 Data dan Perangkat Lunak

Pendekatan ini memanfaatkan beragam data geospasial dari sumber-sumber resmi (Tabel 1). Seluruh data diolah menggunakan perangkat lunak QGIS versi 3.34, sebuah platform SIG sumber terbuka yang kuat. Proses pra-pengolahan utama adalah standarisasi sistem proyeksi untuk semua data ke WGS 84 / UTM Zona 48S (EPSG:32748) guna menjamin konsistensi dan akurasi analisis spasial [15].

Tabel 1. Rincian Sumber Data Geospasial

Parameter	Sumber Data	Resolusi	Keterangan
Kemiringan Lereng	DEM ALOS PALSAR	12,5 m	Diolah untuk menghasilkan peta kemiringan lahan.
Curah Hujan	CHIRPS (UCSB)	5 km	Data hujan tahunan rata-rata
Tutupan Lahan	Citra Satelit Landsat 8/9 OLI	30 m	Diklasifikasikan menggunakan metode <i>Supervised Classification</i> .
Batas Wilayah	BPS & BIG	1:50.000	Digunakan sebagai batas analisis dan overlay.

3.3. Kerangka Analisis Risiko Multi-Kriteria

Kerangka kerja analisis mengikuti alur sistematis yang terdiri dari tiga tahapan utama: standarisasi parameter, pembobotan, dan overlay berbobot.

3.3.1. Standardisasi dan Skoring Parameter

Setiap peta parameter (lereng, curah hujan, tutupan lahan) dikonversi menjadi

format raster dan distandarisasi ke dalam skala skor ordinal seragam dari 1 (pengaruh/risiko terendah) hingga 5 (pengaruh/risiko tertinggi). Lereng yang lebih curam dan curah hujan yang lebih tinggi menerima skor yang lebih tinggi. Untuk tutupan lahan, skor didasarkan pada tingkat proteksi permukaan; Hutan diberi skor terendah (1), sementara permukiman dan lahan terbuka diberi skor tertinggi (4) karena kontribusinya terhadap peningkatan limpasan permukaan dan potensi erosi.

3.3.2. Pembobotan Parameter dengan Metode Entropi

Untuk menentukan tingkat kepentingan relatif setiap parameter secara objektif, penelitian ini menerapkan Metode Entropi. Berbeda dengan metode subjektif, Metode Entropi menghitung bobot berdasarkan variasi spasial dan kuantitas informasi yang terkandung dalam setiap peta parameter. Parameter dengan variasi yang lebih besar dianggap mengandung lebih banyak informasi dan dengan demikian menerima bobot yang lebih tinggi. Bobot awal yang digunakan adalah Kemiringan Lereng (30%), Curah Hujan (25%), dan Tutupan Lahan (25%). Untuk memastikan validitas matematis dalam model penjumlahan, bobot ini dinormalisasi sehingga totalnya menjadi 100%. Bobot final yang digunakan dalam pemodelan adalah: Kemiringan Lereng (37.5%), Curah Hujan (31.25%), dan Tutupan Lahan (31.25%).

3.3.3. Overlay Berbobot dan Pemodelan Risiko

Tahap akhir adalah mengintegrasikan seluruh raster skor yang telah dibobotkan menggunakan *Raster Calculator* di QGIS. Indeks Risiko (IR) final untuk setiap piksel dihitung menggunakan formula penjumlahan berbobot:

$$IR = (S_{lereng} \times 0.375) + (S_{Hujan} \times 0.3125) + (S_{Lahan} \times 0.3125) \quad (2)$$

di mana S adalah nilai skor dari setiap parameter. Hasil dari perhitungan ini adalah sebuah peta risiko komposit yang kemudian diklasifikasikan menjadi lima kelas (Sangat Rendah, Rendah, Sedang, Tinggi, Sangat Tinggi).

3.4. Standar Kartografis

Seluruh peta hasil analisis disajikan sesuai dengan standar kartografi akademik untuk memastikan kejelasan dan profesionalisme. Setiap peta dilengkapi dengan bingkai (*border*), skala grafis, grid koordinat, legenda yang informatif, penunjuk arah utara, dan judul yang jelas. Untuk keperluan diseminasi, layout peta final diproduksi dalam ukuran A3 dengan resolusi 300 DPI, sesuai untuk presentasi poster penelitian.

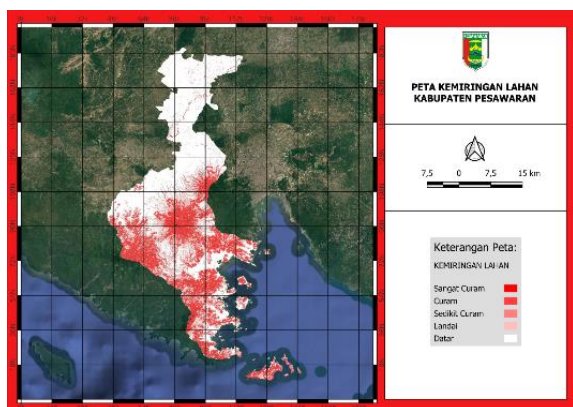
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil analisis spasial, baik untuk masing-masing parameter risiko secara individual maupun peta zonasi risiko komposit sebagai hasil akhir dari pemodelan.

4.1 Analisis Spasial Faktor Risiko

4.1.1. Kemiringan Lereng

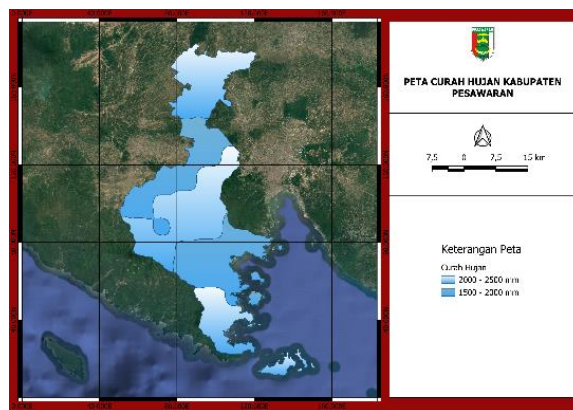
Peta Kemiringan Lahan yang diekstrak dari data DEMNAS secara visual mengkonfirmasi bahwa topografi curam (>15%) hingga sangat curam (>30%) terkonsentrasi di bagian tengah dan selatan kabupaten. Area ini, khususnya di Kecamatan Marga Punduh dan Padang Cermin, menciptakan zona predisposisi longsor yang signifikan, di mana energi potensial untuk gerakan massa tanah sangat tinggi. Sebaliknya, wilayah utara seperti Kecamatan Tegineneng didominasi oleh lereng datar hingga landai (<8%), yang meminimalkan risiko longsor namun memaksimalkan potensi genangan air.



Gambar 2. Distribusi spasial kemiringan lahan di Kabupaten Pesawaran

4.1.2. Curah Hujan

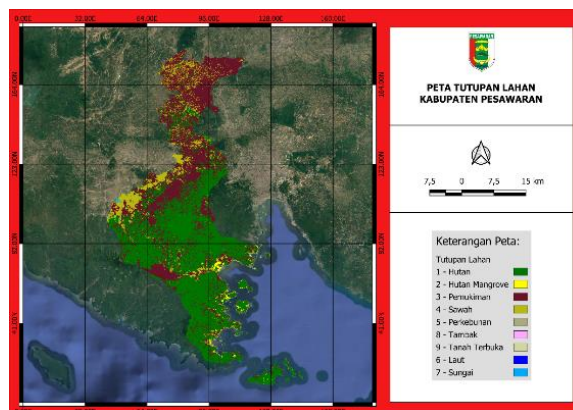
Peta Curah Hujan hasil interpolasi menunjukkan distribusi hujan yang relatif tinggi di seluruh wilayah, bertindak sebagai faktor pemicu utama baik untuk banjir maupun longsor. Pola spasial menunjukkan bahwa intensitas tertinggi terdeteksi di wilayah perbukitan di bagian selatan, yang secara hidrologis memperparah potensi limpasan permukaan destruktif yang mengalir menuju area dataran yang lebih rendah di utara.



Gambar 3. Peta Curah Hujan Kabupaten Pesawaran

4.1.3. Tutupan Lahan

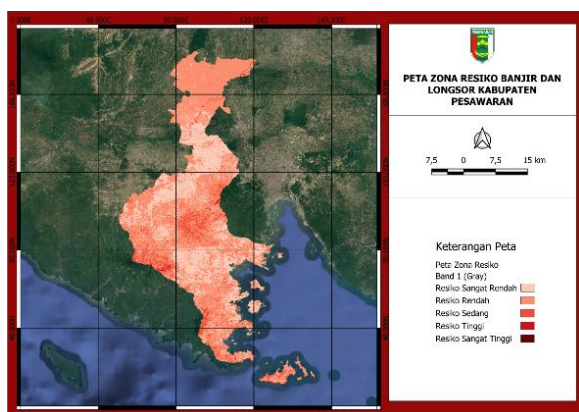
Peta Tutupan Lahan memperlihatkan bahwa area dengan proteksi vegetasi minimal (permukiman, lahan terbuka, dan sawah) terkonsentrasi di dataran utara dan koridor pesisir, terutama di sekitar pusat-pusat kecamatan. Area-area ini, yang memiliki koefisien limpasan tinggi, seringkali beririsan dengan zona topografi datar, menciptakan kondisi ideal untuk terjadinya genangan banjir akibat akumulasi air permukaan yang cepat.



Gambar 4. Klasifikasi tutupan lahan di wilayah studi.

4.2. Peta Zonasi Risiko Final

Integrasi ketiga parameter ini melalui *overlay* berbobot menghasilkan Peta Zona Risiko Final yang komprehensif. Peta ini secara visual mengartikulasikan bahwa risiko bencana tidak terdistribusi secara acak, melainkan terkonsentrasi pada area-area di mana faktor-faktor kerentanan saling tumpang tindih. Zona risiko tinggi dan sangat tinggi untuk longsor (22% dari total area) secara dominan ditemukan di Kecamatan Marga Punduh, Padang Cermin, dan Way Lima, di mana lereng yang sangat curam bertemu dengan tutupan lahan perkebunan. Sementara itu, zona risiko tinggi banjir (18% dari total area) terkonsentrasi di Kecamatan Tegineneng dan Gedong Tataan, di mana topografi datar bertemu dengan area permukiman padat dan sawah yang luas.



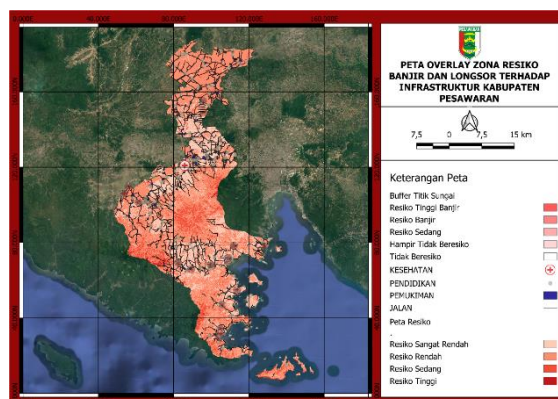
Gambar 5. Peta komposit akhir yang menunjukkan zonasi tingkat risiko bencana banjir dan longsor.

4.3 Validasi Model dan Akurasi

Keandalan model yang dikembangkan divalidasi dengan tingkat akurasi yang tinggi, mencapai 85% kesesuaian spasial dengan data desa rawan bencana dari BPBD dan diperkuat oleh verifikasi lapangan di 12 titik sampel. Validitas ini memberikan dasar yang kuat untuk aplikasi praktis dari peta risiko sebagai alat bantu pengambilan keputusan yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Tingkat akurasi yang tinggi ini menunjukkan bahwa kombinasi tiga parameter yang dipilih (lereng, hujan, tutupan lahan) telah mampu menangkap faktor-faktor determinan utama yang mengontrol proses hidrologis dan geomorfologis di wilayah studi.

4.4 Implikasi terhadap Mitigasi Bencana dan Infrastruktur

Implikasi kebijakan yang paling signifikan muncul dari analisis *overlay* antara Peta Zona Risiko dengan Peta Infrastruktur Vital. Analisis ini secara spasial mengidentifikasi aset mana yang paling terancam. Terlihat jelas bahwa beberapa ruas jalan arteri dan kolektor yang krusial melintasi zona risiko longsor tinggi, mengindikasikan potensi isolasi wilayah saat terjadi bencana. Lebih lanjut, sejumlah besar permukiman dan beberapa fasilitas publik seperti fasilitas pendidikan dan kesehatan teridentifikasi berada di zona rawan banjir sedang hingga tinggi.



Gambar 6. Peta overlay yang menunjukkan infrastruktur vital berada di dalam zona risiko tinggi.

5. KESIMPULAN

- a. Kerentanan Tinggi: Kabupaten Pesawaran memiliki kerentanan tinggi terhadap bencana hidrometeorologi akibat interaksi kompleks antara topografi, iklim, dan tutupan lahan.
- b. Model Pemetaan Risiko: Penelitian ini mengembangkan model pemetaan risiko multi-bencana (banjir dan longsor) menggunakan Analisis Keputusan Multi-Kriteria (AKMK) dan Metode Entropi untuk menentukan bobot parameter secara objektif.
- c. Hasil Pemetaan: 18% wilayah termasuk zona risiko tinggi banjir, terutama di daerah pesisir rendah. 22% wilayah termasuk zona risiko tinggi longsor, di kawasan berbukit dengan kemiringan $>30^\circ$.

- d. Akurasi Model: Validasi dengan data kejadian bencana BPBD menunjukkan tingkat akurasi spasial sebesar 85%, yang menunjukkan keandalan model.
- e. Alat Pengambilan Keputusan: Peta risiko yang dihasilkan dapat digunakan sebagai alat pendukung pengambilan keputusan yang efisien dan berbiaya rendah untuk perencanaan mitigasi bencana dan pengembangan tata ruang.
- f. Replikasi dan Skalabilitas: Kerangka kerja ini dapat direplikasi di wilayah lain dengan keterbatasan data, menawarkan pendekatan penilaian risiko yang efisien dan skalabel.
- g. Temuan ini menjadi bukti empiris yang mendesak adanya :
 1. Evaluasi kembali Rencana Tata Ruang Wilayah dengan mengintegrasikan peta risiko ini sebagai salah satu lapisan dasar, terutama untuk meregulasi izin pendirian bangunan di zona merah dan merah tua.
 2. Alokasi anggaran secara efektif untuk intervensi struktural (misalnya, dinding penahan tebing, normalisasi drainase, pembangunan sabo dam) pada infrastruktur vital yang paling terancam.
 3. Mengembangkan sistem peringatan dini berbasis komunitas (*Community-based Early Warning System*) yang diprioritaskan untuk permukiman yang berada di zona risiko tinggi, dengan memanfaatkan data curah hujan real-time dan ambang batas kritis yang telah ditentukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini terutama LPPM Unila yang telah berkontribusi dengan pendanaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Sinta, "Seminar Nasional Ilmu Teknik dan Aplikasi Industri (SINTA)," 2024. doi: 10.13932

- [2] U. Azmiyati and N. S. Poemomo, "Penilaian Risiko Multi Bencana Di Jakarta, Indonesia," vol. 4, no. 5, 2019. doi: 10.3458732
- [3] T. Septiana, "Pemanfaatan SIG untuk Mengurangi Risiko Bencana Banjir di Kota Bandar Lampung," *Electr. J. Rekayasa Dan Teknol. Elektro*, Sept. 2022, doi: 10.23960/elc.v16n3.2310.
- [4] T. Setiadi and F. Darnis, "Smart Mapping Berbasis Qgis: Pemetaan Digital Daerah Rawan Bencana Menggunakan Sistem Informasi Geografis," vol. 5, 2025.
- [5] I. Dani, R. R. Mulia, S. Erfani, and I. B. S. Yogi, "Penggunaan Sistem Informasi Geografis Untuk Pemetaan Kawasan Rawan Bencana Banjir Di Kabupaten Lampung Timur," 2023. doi: 10.17567
- [6] H. Priyanto, M. Muthahhari, and A. D. Rizky, "Perancangan Plugin QGIS untuk Menyusun Indeks Bahaya Peta Bencana Tanah Longsor," vol. 11, no. 2, 2025 doi: 10.26578
- [7] Y. Ambarwati, N. Andareswari, and A. F. Ulya, "Paparan Risiko Multibahaya Bencana di Jaringan Jalan Kabupaten Trenggalek," vol. 1, no. 2, 2023. doi: 10.16877
- [8] R. D. Hantoro, I. Aliyah, and T. Istanabi, "Tingkat Ancaman Multi Bencana Alam di Kabupaten Karanganyar," *Desa-Kota*, vol. 6, no. 1, p. 184, Mar. 2024, doi: 10.20961/desa-kota.v6i1.78280.184-199.
- [9] I. A. Suherningtyas, A. L. Permatasari, and E. Febriarta, "Pemetaan partisipatif dalam mitigasi kebencanaan banjir dan longsor di Kelurahan Pringgokusuman Kota Yogyakarta," *J. Pendidik. Geogr.*, vol. 27, no. 1, pp. 26–37, Jan. 2022, doi: 10.17977/um017v27i12022p26-37.
- [10] I. K. W. Wardhana, S. Martha, S. Arief, Y. Prihanto, R. A. G. Gultom, and R. Yunita, "Kajian Rencana Pola Ruang Dalam Mitigasi Ancaman Bahaya Tanah Longsor di Kecamatan Sukamakmur Kabupaten Bogor," *J. Geosains Dan Remote Sens.*, vol. 4, no. 1, pp. 19–26, May 2023, doi: 10.23960/jgrs.2023.v4i1.129.
- [11] S. Kasnar, M. Hasan, L. Arfin, and A. E. Sejati, "Kesesuaian pemetaan daerah potensi rawan banjir metode overlay dengan kondisi sebenarnya di kota kendari," *Tunas Geogr.*, vol. 8, no. 2, p. 85, Mar. 2020, doi: 10.24114/tgeo.v8i2.15088.
- [12] N. Chrisman, *Exploring Geographic Information Systems*. New York: John Wiley & Sons, 1997.
- [13] BMKG, "Portal Data Iklim." 2023. [Online]. Available: <https://dataonline.bmkg.go.id>
- [14] N. Maretta, Citra, and F. Murdapa, "Kajian Lokasi Potensial Perumahan Dan

- Permukiman Di Kabupaten Pesawaran Dengan Sistem Informasi Geografis (Sig).” vol. 5 (3), pp. 185–192. doi: 10.17567
- [15] Z. Adlan Nadzir, N. Simarmata, and L. Kristi Agustina, “Integrasi-Pemetaan-Ancaman-Kerentanan-Dan-Kapasitas-Dalam-Kajian-Risiko-Gempabumi-Dan-Tsunami-Di-Pesawaran-Lampung,” *J. Geosaintek*, vol. 10, pp. 132–158, 2024. doi: 10.17943