

Pemetaan Kerentanan Bahaya Tsunami di Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah Berbasis Sistem Informasi Geografis

Tsunami Hazard Vulnerability Mapping in Cilacap Regency, Central Java Based on Geographic Information Systems

Mario Nabhan^{1,2,3}, Toobaa Ahwar Salimah^{1,2}, Nurul Ain^{1,2}, Novia Rahma Maulida^{1,2}, Randi Pramudya^{1,2}, Arini Rizqia Nuraeni^{1,2}, Zsa-zsa Financy Sabbacha^{1,2}, Afifah Fauziah Utami^{1,2}

¹Universitas Jenderal Soedirman, Jl. Profesor DR. HR Boenyamin No.708, Dukuhbandong, Grendeng, Kec. Purwokerto Utara, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah 53122, Indonesia

²Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Jenderal Soedirman, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah 53122, Indonesia

³Laboratorium Teknologi Kelautan, Universitas Jenderal Soedirman, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah 53122, Indonesia

*Corresponding author, e-mail: mario.aljuhdi@mhs.unsoed.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan tingkat kerentanan bahaya tsunami di Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah, dengan memanfaatkan pendekatan Sistem Informasi Geografis (SIG). Kabupaten Cilacap merupakan wilayah pesisir selatan Pulau Jawa yang memiliki potensi tsunami tinggi akibat kedudukannya yang berhadapan langsung dengan zona subduksi Lempeng Indo-Australia dan Eurasia. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis spasial berbasis *weighted overlay* dengan mempertimbangkan empat parameter utama, yaitu jarak dari garis pantai, jarak dari sungai, kemiringan lereng, dan elevasi daratan. Data topografi diperoleh dari DEMNAS, sedangkan data spasial wilayah administrasi digunakan sebagai peta dasar dalam pengolahan SIG menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.8. Setiap parameter direklasifikasi ke dalam lima kelas kerentanan, kemudian diberi bobot sesuai tingkat pengaruhnya terhadap potensi tsunami. Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah Kabupaten Cilacap berada pada kategori kerentanan rendah hingga sangat rendah, yang dipengaruhi oleh dominasi topografi berbukit dan elevasi relatif tinggi di wilayah interior. Namun demikian, zona pesisir tertentu, khususnya daerah dengan elevasi

rendah dan jarak dekat dari garis pantai, masih menunjukkan tingkat kerentanan tinggi hingga sangat tinggi. Peta kerentanan tsunami yang dihasilkan diharapkan dapat menjadi dasar dalam perencanaan mitigasi bencana, penentuan jalur evakuasi, serta peningkatan kesiapsiagaan masyarakat pesisir terhadap ancaman tsunami.

Kata kunci: Kabupaten Cilacap, kerentanan, Sistem Informasi Geografis, tsunami, *weighted overlay*

ABSTRACT

This study aims to map the level of tsunami hazard vulnerability in Cilacap Regency, Central Java, using a Geographic Information System (GIS) approach. Cilacap Regency is a southern coastal area of Java Island that has a high tsunami potential due to its location directly facing the Indo-Australian and Eurasian Plate subduction zones. The method used in this study is a weighted overlay-based spatial analysis that considers four main parameters, namely distance from the coastline, distance from rivers, slope gradient, and land elevation. Topographic data was obtained from DEMNAS, while spatial data of administrative areas were used as base maps in GIS processing using ArcGIS 10.8 software. Each parameter was reclassified into five vulnerability classes, then weighted according to the level of influence on tsunami potential. The analysis results show that most areas of Cilacap Regency are in the low to very low vulnerability category, which is influenced by the dominance of hilly topography and relatively high elevation in the interior areas. However, certain coastal zones, especially areas with low elevation and close distance to the coastline, still show high to very high levels of vulnerability. The resulting tsunami vulnerability map is expected to serve as a basis for disaster mitigation planning, determining evacuation routes, and increasing coastal community preparedness for the threat of tsunamis.

Keywords: Cilacap Regency, vulnerability, Geographic Information System, tsunami, *weighted overlay*

PENDAHULUAN

Berbagai potensi bencana dimiliki oleh Indonesia dan senantiasa mengancam penduduknya. Indonesia secara geografis dikelilingi oleh beberapa lempeng tektonik yang memiliki aktivitas seismik yang tinggi sehingga menyebabkan banyak terjadinya bencana alam. Gempa bumi merupakan dampak dari aktivitas seismik dan tsunami adalah bahaya sekunder yang timbul setelah gempa bumi (Wibowo *et al.*, 2017). Gempa bumi dan tsunami adalah fenomena alam yang berbahaya bagi kehidupan manusia. Bencana alam ini terjadi tanpa adanya pertanda dan mampu memberikan dampak yang cukup besar pada

kawasan pesisir dan kepulauan yang ada di dunia. Perubahan iklim memberikan dampak yang cukup besar di beberapa negara. Dampak dari adanya perubahan iklim yaitu bertambahnya intensitas kejadian cuaca ekstrim di suatu wilayah, perubahan pola hujan, peningkatan suhu permukaan laut dan beberapa dampak lainnya yang mempengaruhi lautan hingga ke daratan (Isdianto *et al.*, 2019). Wilayah Indonesia merupakan wilayah tektonis aktif yaitu lokasi tumbukan beberapa lempeng tektonik, yang menyebabkan Indonesia termasuk dalam daerah yang berpotensi gempa dan rawan tsunami. Pergeseran lempeng bumi di dasar laut yang menyebabkan gempa serta menimbulkan ombak laut disebut tsunami.

Tsunami dapat didefinisikan sebagai serangkaian gelombang yang berada pada kolom air yang disebabkan oleh perubahan perpindahan air secara vertikal. Perubahan ini mendorong air ke atas, samping, maupun ke bawah dan menghasilkan gelombang besar di laut (Sambah *et al.*, 2017). Bencana tsunami merupakan bencana utama yang sering dilakukan penelitian yang dihubungkan dari kerentanan dan resiko bagi kawasan pesisir. Bencana tsunami merupakan bencana yang tidak dapat diprediksi kapan akan terjadi. Tsunami disebabkan oleh tenaga yang dilepaskan oleh gempa bumi yang terjadi di dasar laut atau aktivitas vulkanik gunung berapi di dasar laut. Tsunami merupakan bencana alam yang mengancam penduduk di daerah pesisir. Tsunami dapat menyebabkan korban jiwa serta kerugian harta benda yang dapat mempengaruhi perekonomian penduduk, maka dari itu diperlukan arahan evakuasi sebagai upaya penyelamatan penduduk dari bencana tsunami (Usman *et al.*, 2021). Bencana ini cukup jarang terjadi namun dapat menimbulkan kerusakan yang parah pada daerah yang terkena dampaknya. Hambatan yang muncul dalam penanggulangan bencana tsunami adalah pemanfaatan ruang pesisir yang tidak sebagaimana mestinya, seperti contoh wilayah pembangunan *break water* yang digunakan untuk pariwisata. Solusi untuk menghindari dampak negatif dari pemanfaatan wilayah pesisir tersebut dapat diminimalisir terjadinya konflik antar kepentingan dan perlu diadakan penataan yang bertujuan untuk mengakomodasi kepentingan masyarakat dengan memperhatikan potensi, daya dukung, dan kearifan lokal di wilayah pesisir. Pengurangan resiko bencana pesisir dapat dilakukan melalui banyak cara, menentukan jalur evakuasi, maupun menyusun wilayah penanggulangan bencana perlu dilakukan untuk meminimalisir kerusakan yang terjadi.

Wilayah pesisir Sumatra dan Jawa khususnya wilayah selatan merupakan wilayah yang dikategorikan sebagai wilayah yang sangat rentan terhadap dampak tsunami karena letaknya yang berhadapan langsung dengan lempeng Indo-Australia. Lempeng Eurasia dan Indo-Australia yang bertumbukan di daerah Kabupaten Cilacap menyebabkan terjadinya akumulasi energi yang jika berada dititik jenuh akan menyebabkan gempa

bumi. Adanya tumbukan tersebut, bencana tsunami dapat membahayakan masyarakat yang tinggal di pesisir Cilacap. Kabupaten Cilacap merupakan wilayah pesisir yang memiliki potensi besar terhadap ancaman tsunami. Tsunami terjadi karena adanya perpindahan air secara vertikal yang menghasilkan gelombang besar di laut. Tsunami juga disebabkan oleh gempa bumi atau aktivitas vulkanik gunung berapi yang terjadi di dasar laut. Peristiwa ini mengancam penduduk di daerah pesisir dan dapat menyebabkan korban jiwa serta kerugian yang memengaruhi perekonomian penduduk. Oleh karena itu, salah satu upaya untuk mengurangi dampak dari tsunami adalah dengan memetakan wilayah kerentanan bahaya tsunami berbasis SIG (Isdianto *et al.*, 2021).

Pemetaan kerentanan tsunami memiliki peran yang sangat penting bagi wilayah Kabupaten Cilacap karena dapat digunakan sebagai identifikasi daerah yang berisiko terhadap dampak dari bencana tsunami tersebut. Cilacap memiliki garis pantai yang cukup panjang dengan kepadatan penduduk yang tinggi, sehingga informasi spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat digunakan untuk membantu menentukan zona rawan bencana, jalur evakuasi yang paling efektif, serta lokasi yang menjadi prioritas untuk dilakukan mitigasi. Pendekatan ini memungkinkan integrasi data topografi, penggunaan lahan, serta distribusi penduduk sehingga dapat menghasilkan peta tematik yang mendukung pengambilan keputusan yang tepat. Penelitian sebelumnya mengungkapkan bahwa pemetaan kerentanan berbasis SIG di Cilacap dapat memberikan pemahaman mengenai potensi dampak tsunami, sehingga urgensi mitigasi menjadi lebih akurat (Handoyo *et al.*, 2023). Kerentanan merupakan suatu kondisi yang ditentukan oleh beberapa faktor dan proses fisik, sosial, ekonomi dan lingkungan. Faktor-faktor tersebut dapat menyebabkan peningkatan kerawanan masyarakat dalam menghadapi ancaman atau bahaya. Kabupaten Cilacap merupakan salah satu wilayah yang berada di pesisir selatan Pulau Jawa dengan topografi landai, rata-rata 6 m di atas permukaan laut, sehingga memiliki kerentanan terhadap bencana tsunami yang cukup tinggi. Selain itu, kajian mengenai sabuk hijau mangrove di pesisir Cilacap menjelaskan bahwa pemetaan spasial sangat penting untuk menilai efektivitas ekosistem alami dalam mereduksi energi gelombang (Kirani *et al.*, 2025). Pemetaan kerentanan tsunami tidak hanya berfungsi sebagai alat analisis akademik, namun dapat berguna juga sebagai instrumen untuk meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat wilayah pesisir, serta mendukung pengurangan risiko bencana yang mungkin terjadi di Cilacap (Akhirianto *et al.*, 2023).

METODE PENELITIAN

Kabupaten cilacap berada pada koordinat 1080 4' 30" - 1090 22' 30" Bujur Timur dan 70 30' 20 Lintang Selatan. Luas wilayah kabupaten Cilacap meliputi 269 desa dan 15 kelurahan, terdiri dari 11 kecamatan (72 desa/kelurahan) yang memiliki area pesisir di

bagian Selatan Jawa Tengah. Luasnya tercatat mencapai 234.732,729 hektar. Parameter yang diterapkan dalam pemetaan kerentanan terhadap tsunami ini meliputi kemiringan lahan, tinggi permukaan tanah, jarak dari sungai, serta jarak dari pantai. Selanjutnya, parameter-parameter tersebut akan direklasifikasi untuk memperoleh kategori yang sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan.

Masing-masing dari empat parameter ini akan diberikan lima tingkat kerentanan, yakni sangat rentan, rentan, cukup rentan, kurang rentan, dan tidak rentan. Proses pengolahan data dilakukan dengan memanfaatkan aplikasi sistem informasi geografis ArcGIS versi 10.8. Setelah tahap reklasifikasi parameter, analisis akan dilakukan menggunakan Weighted Overlay Analysis, yang akan menampilkan distribusi kerentanan di area tersebut berdasarkan kategori yang telah ditentukan untuk setiap parameter. Parameter kemiringan lahan (*slope*) dan elevasi daratan (*elevation*) digunakan karena dapat menentukan seberapa jauh gelombang tsunami dapat menjangkau daratan, dapat dilihat dalam **Tabel 1**.

Tabel 1. Pembobotan Parameter *Slope* dan *Elevation*

<i>Elevation (M)</i> <i>Slope(%)</i> Kelas Kerentanan		
<5	0-2	Sangat Rentan
5-10	2-6	Rentan
10-15	6-13	Cukup Rentan
15-20	13-20	Kurang Rentan
>20	>20	Tidak Rentan

Alat dan bahan yang digunakan dalam proses pengambilan dan pengolahan data kerentanan tsunami adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Alat

No. Alat	Kegunaan
1 Laptop	Untuk proses pengolahan data
2 Ms.Word	Alat untuk mengerjakan Artikel
3 ArcGIS 10.8	Mengolah data kerentanan tsunami

Tabel 3. Bahan

No. Bahan	Kegunaan
-----------	----------

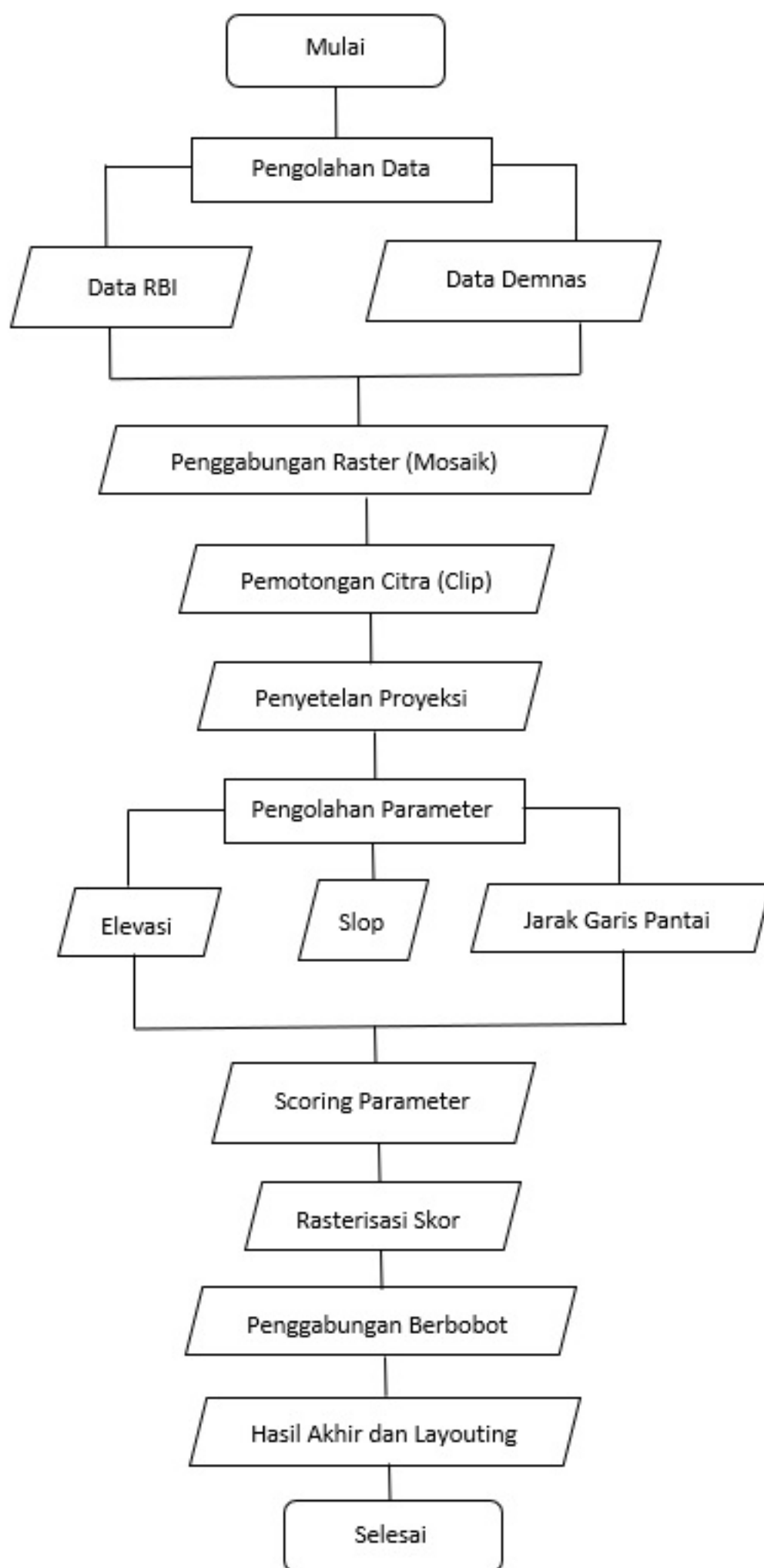
1	SHP wilayah Kabupaten Cilacap	Peta dasar untuk parameter jarak dari sungai dan jarak dari garis pantai
2	Peta DEMNAS	Peta dasar Elevasi dan Slope

Tabel *weight gridding* dalam analisis *weighted overlay* merupakan representasi bobot atau nilai penting yang diberikan pada setiap parameter atau variabel yang akan di-*overlay* dalam bentuk grid raster, dimana tiap pixel dalam grid memiliki nilai bobot yang menandakan kontribusinya terhadap hasil akhir analisis. Parameter yang paling memiliki bobot terberat terdapat di parameter jarak dari garis pantai dan elevasi, karena semakin rendah dataran tersebut dan semakin dekat dengan garis pantai maka resiko yang didapat lebih besar dibandingkan jarak dari sungai maupun kemiringan lahan.

Tabel 4. *Weight gridding* untuk setiap parameter

Parameter	Rentang Nilai	Klasifikasi Kerentanan (Skala 1-5, 5=sangat tinggi)	Bobot (%)
Jarak ke Garis Pantai (m)	0-3000	0-500: 5, 501-1000: 4, 1001-1500: 3, 1501-3000: 2, >3000: 5	30
Jarak ke Sungai (m)	0-500	0-100: 5, 100-200: 4, 200-300: 3, 300-500: 2, >500: 5	15
Slope (persentase)	0-100	0-2: 5, 2-6: 4, 6-13: 3, 13-20: 2, >20: 1	25
Elevasi (m)	0-20	0-5: 5, 5-10: 4, 10-15: 3, 15-20: 2, >20: 1	30

Skema kerja pengolahan data hingga menghasilkan peta kerentanan tsunami dapat dilihat dalam **Gambar 1**.



Gambar 1. Skema kerja

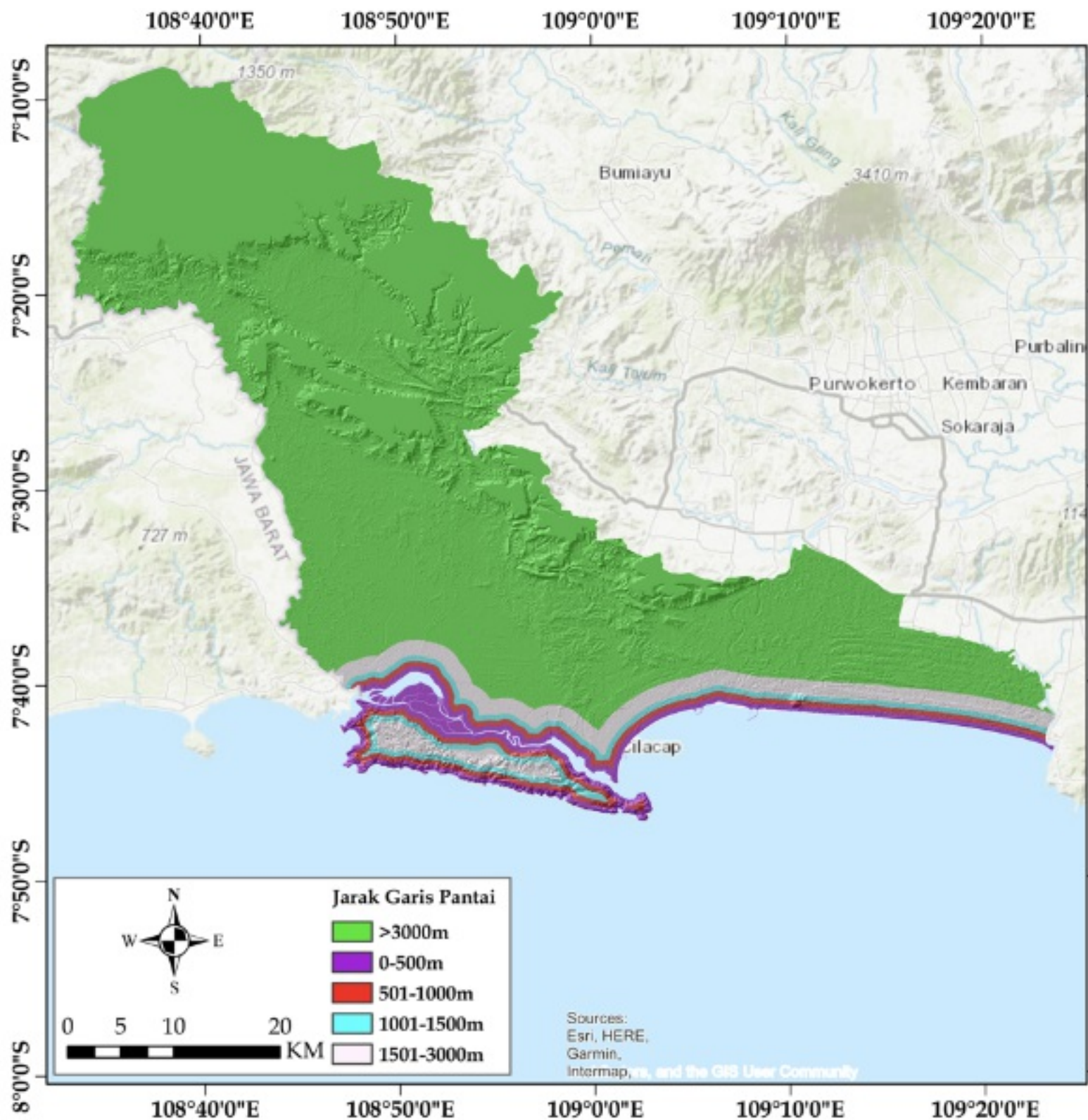
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Parameter Garis Pantai

Parameter jarak ke garis pantai merupakan indikator utama kerentanan tsunami karena wilayah pesisir yang dekat dengan sumber gelombang berpotensi mengalami inundasi awal yang intens, dengan gelombang yang dapat mencapai kecepatan hingga 30-40 km/jam dan ketinggian 5-10 m pada pantai selatan Jawa (Hidayah *et al.*, 2022).

Tabel 5. Distribusi Luas Wilayah berdasarkan Jarak ke Garis Pantai

Keterangan Jarak (m)	Luas (m ²)	Luas (km ²)	Persentase (%)	Skor Kerentanan
>3.000	196.299.938,73	196,30	35,15	1 (Sangat Rendah)
1.501-3.000	139.230.278,66	139,23	24,93	2 (Rendah)
1.001-1.500	62.510.627,01	62,51	11,19	3 (Sedang)
501-1.000	68.315.130,74	68,32	12,23	4 (Tinggi)
0-500	92.155.407,59	92,16	16,50	5 (Sangat Tinggi)



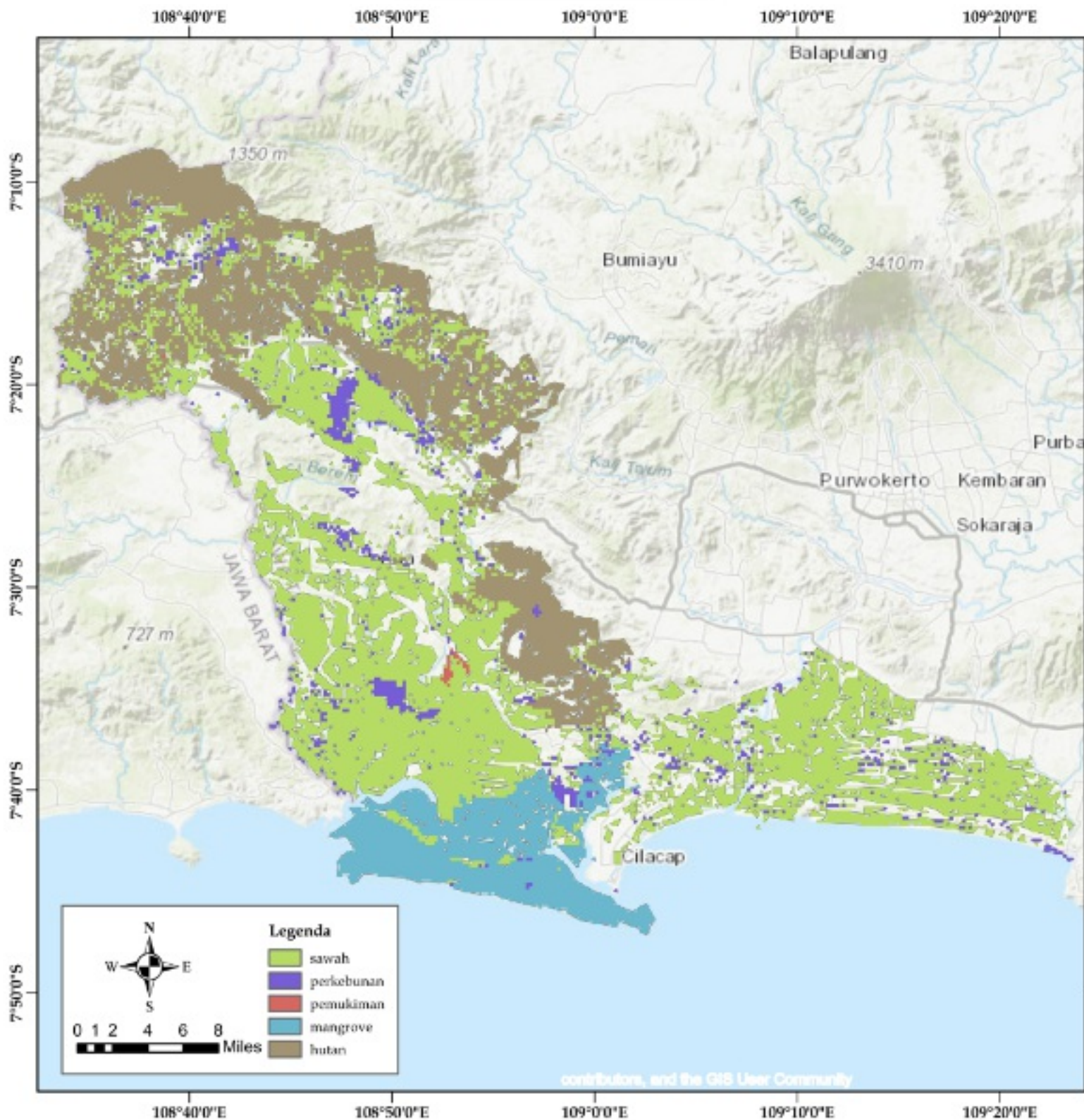
Gambar 2. Peta jarak dari garis Pantai

Distribusi ini menunjukkan bahwa 60,08% wilayah (skor 1 dan 2) berada di luar radius 1,5 km dari pantai, memberikan buffer alami yang signifikan terhadap tsunami, yang selaras dengan karakteristik geologi pantai selatan Jawa yang didominasi lereng curam dan pegunungan vulkanik. Sebaliknya, 28,73% luas (skor 4 dan 5) terkonsentrasi di zona pesisir sempit, mencakup area urban Cilacap Utara dengan kepadatan penduduk tinggi (sekitar 1.200 jiwa/km²), yang meningkatkan kerentanan sosial-ekonomi. Pola ini mencerminkan pengaruh morfologi pantai dimana garis pantai Cilacap yang panjang sekitar 50 km, dengan muara sungai yang memperlemah gelombang, tetapi juga

menciptakan pocket datar rentan. Secara statistik, rata-rata jarak tertimbang adalah sekitar 1.800 m, dengan deviasi standar 1.200 m, menandakan variasi spasial yang heterogen wilayah timur lebih aman (jarak >2 km) dibandingkan barat yang lebih dekat pantai.

1. Parameter Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan dalam analisis kerentanan tsunami karena jenis tutupan lahan dapat memengaruhi kecepatan, ketinggian, dan daya rusak gelombang tsunami. Praktik kali ini penggunaan lahan fokus pada pemukiman, hutan mangrove, hutan, perkebunan, dan sawah. Untuk metode skor sendiri ditentukan dari karakteristik vegetasi, seperti kepadatan akar dan kemampuan retensi air.



Gambar 3. Peta penggunaan lahan

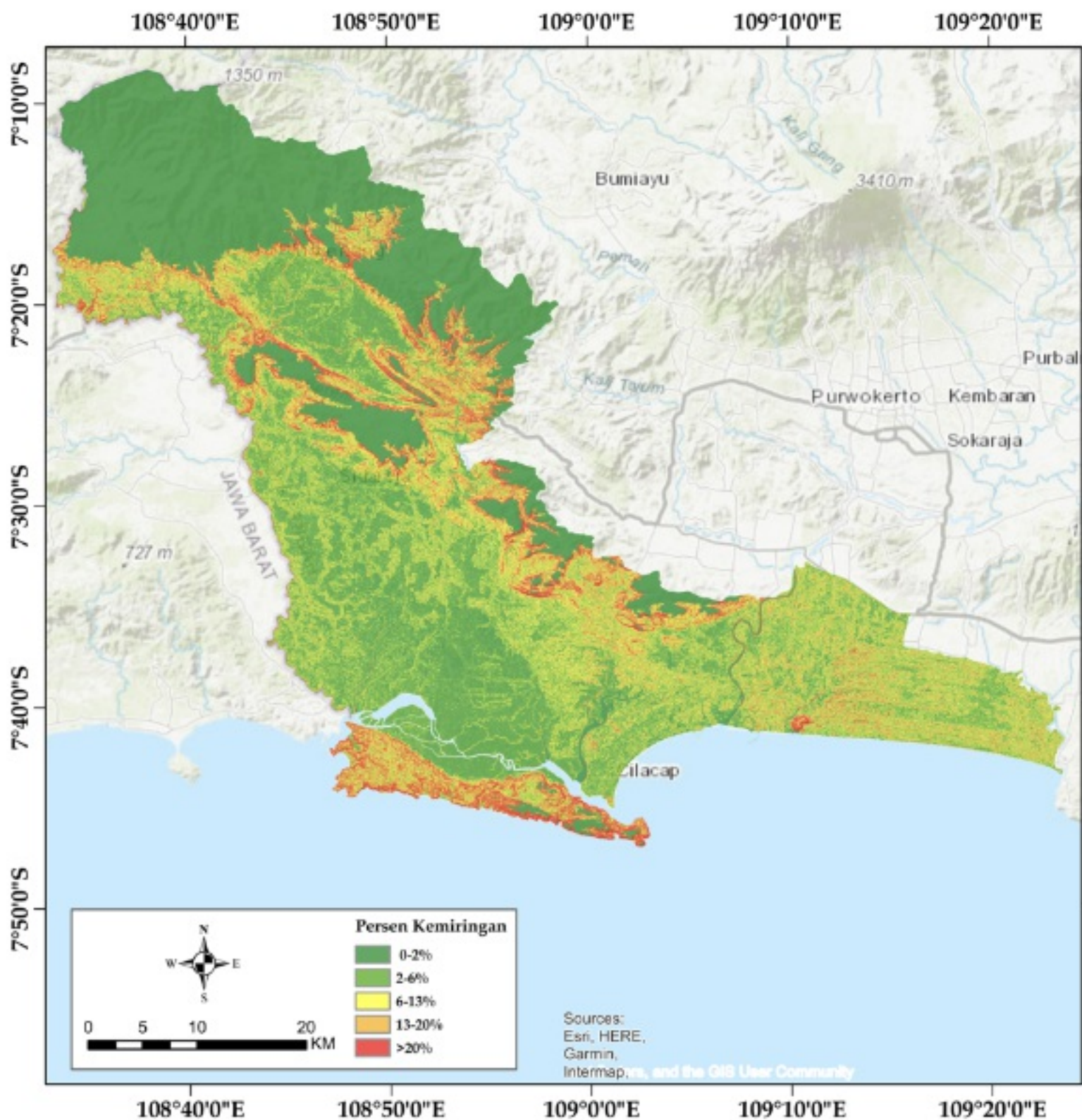
Kawasan mangrove dengan skor 5 karena mangrove memberikan perlindungan optimal dengan mengurangi kecepatan dan ketinggian hingga 70-90% (Karminarsih, 2007). Kerentanan sangat rendah dan ideal sebagai *buffer* alami. Hutan skor 4 dengan tutupan pohon yang lebat namun kurang *adaptive* dibanding mangrove. Perkebunan dengan vegetasi sedang dengan skor 3 kerentanan sedang. Sawah yang merupakan lahan terbuka dengan vegetasi musiman rendah diberi skor 2. Skor 1 diberikan untuk pemukiman yang terkena dampak langsung terhadap manusia.

1. **Parameter Kemiringan**

Parameter kemiringan lereng (slope) berperan sebagai faktor topografi utama dalam kerentanan tsunami, di mana lereng datar (slope rendah) memfasilitasi aliran gelombang yang lancar dan inundasi luas, sementara lereng curam (slope tinggi) bertindak sebagai penghalang alami yang memantulkan atau memperlambat run-up gelombang hingga 50-70% melalui friksi dan defleksi (Budiman *et al.*, 2024). Detail data slope yang diolah dapat dilihat di **Tabel 6**.

Tabel 6. Distribusi *slope* dan kerentanan

Indeks Kelas (VALUE)	Jumlah Sel (COUNT)	Persentase (%)	Skor Kerentanan
1 (<2°)	12.268	39,93	5 (Sangat Tinggi)
2 (2-5°)	11.268	36,68	4 (Tinggi)
3 (5-10°)	1.794	5,84	3 (Sedang)
4 (10-15°)	4.602	14,98	2 (Rendah)
5 (>15°)	790	2,57	1 (Sangat Rendah)



Gambar 4. Peta persentase kemiringan

Gambar 4. menunjukkan distribusi spasial slope di Kabupaten Cilacap, dengan klasifikasi persentase 0-2% (hijau, mendominasi pesisir selatan), 6-13% (kuning, transisi dataran tengah), 13-20% (oranye, lereng berbukit), dan >20% (merah, pegunungan interior). Pola ini menegaskan gradien topografi yang menurun dari interior curam ke pesisir datar, di mana zona hijau (slope rendah) selaras dengan hot-spot kerentanan tsunami karena memungkinkan penyebaran gelombang tanpa hambatan, sementara zona merah (slope tinggi) berfungsi sebagai buffer alami di wilayah timur dan selatan. Distribusi pada tabel 8 menyatakan bahwa 76,61% sel (skor 4-5, slope <5°) terkonsentrasi di zona dataran selatan

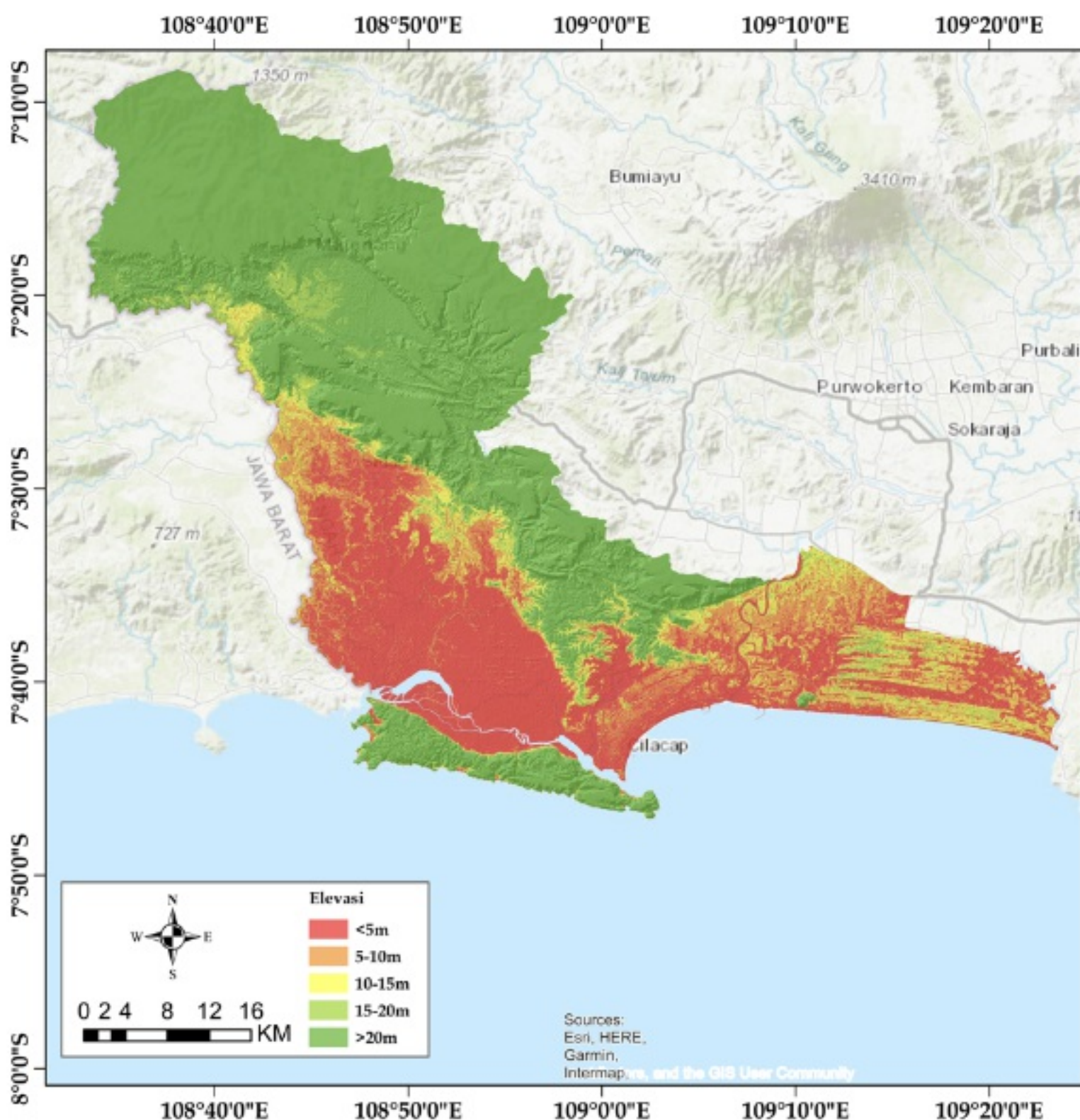
dan pesisir, menciptakan pocket kerentanan tinggi yang selaras dengan dinamika tsunami di pantai Jawa Selatan, di mana slope rata-rata $<3^{\circ}$ berkontribusi hingga 60% terhadap luas inundasi simulasi. Sebaliknya, hanya 17,55% sel (skor 1-2, slope $>10^{\circ}$) mendominasi wilayah interior pegunungan, memberikan perlindungan spasial luas yang mengurangi risiko keseluruhan wilayah hingga 40% dibandingkan dataran datar. Secara statistik, rata-rata slope tertimbang adalah sekitar $4,2^{\circ}$, dengan deviasi standar $3,1^{\circ}$ yang menandakan heterogenitas topografi di mana barat Cilacap lebih datar (skor 5 $>45\%$), sementara timur lebih curam (skor 1-2 $>20\%$).

1. Parameter Elevasi

Parameter elevasi berfungsi sebagai indikator kunci kerentanan tsunami karena ketinggian permukaan laut (m dpl) secara langsung memengaruhi potensi inundasi dan run-up gelombang, di mana area rendah (<5 m dpl) rentan terhadap genangan luas hingga 2-4 km daratan, sementara elevasi tinggi (>50 m dpl) memberikan proteksi alami dengan mengurangi jangkauan gelombang hingga 80-90% melalui elevasi gravitasi (Budiman *et al.*, 2024). Distribusi berdasarkan skor elevasi dan skor kerentanan dapat dilihat pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Distribusi berdasarkan elevasi dan skor kerentanan

Indeks Kelas (VALUE)	Rentang Elevasi (mdpl)	Jumlah Sel (COUNT)	Persentase (%)	Skor Kerentanan
1	30-50	1.343	3,21	2 (Rendah)
2	>50	15.348	36,74	1 (Sangat Rendah)
3	15-30	15.678	37,54	3 (Sedang)
4	5-15	2.063	4,94	4 (Tinggi)
5	<5	7.351	17,59	5 (Sangat Tinggi)



Gambar 5. Peta berdasarkan elevasi

Gambar 5. menunjukkan distribusi spasial elevasi di Kabupaten Cilacap, dengan klasifikasi <5 m (merah, terkonsentrasi di pesisir selatan), 5-10 m (oranye, pinggiran dataran aluvial), 10-20 m (kuning, transisi dataran tengah), dan >20 m (hijau, mendominasi interior pegunungan). Pola ini menegaskan gradien vertikal yang menurun dari interior tinggi ke pesisir rendah, di mana zona merah (elevasi rendah) selaras dengan hot-spot kerentanan tsunami karena memungkinkan amplifikasi genangan luas, sementara zona hijau (elevasi tinggi) berfungsi sebagai buffer alami di wilayah timur dan selatan. Distribusi pada tabel 9 menunjukkan bahwa 73,28% sel (skor 1-3, elevasi >15 m)

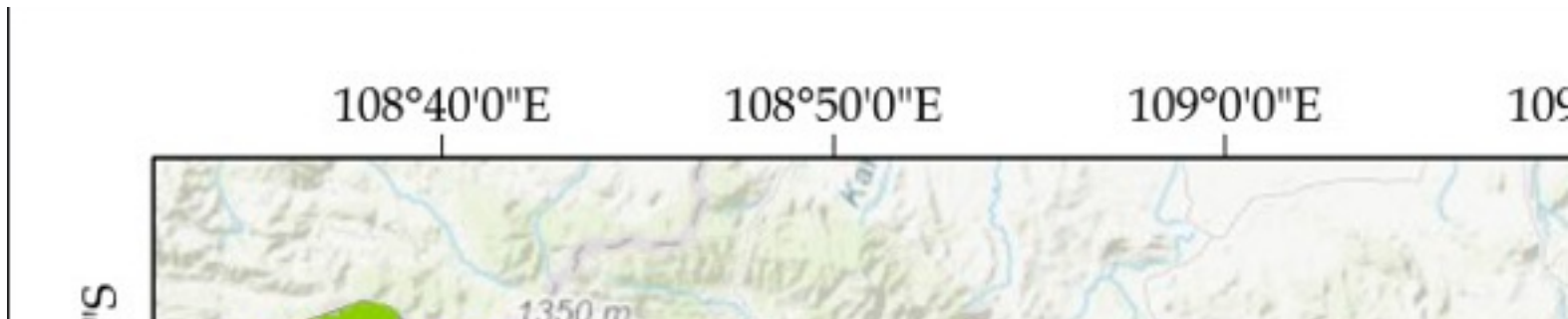
mendominasi wilayah interior dan transisi, memberikan perlindungan spasial luas yang mengurangi kerentanan keseluruhan hingga 60% dibandingkan wilayah datar murni, selaras dengan dinamika tsunami di pantai Jawa Selatan di mana elevasi >20 m secara signifikan membatasi luas genangan. Sebaliknya, 22,53% sel (skor 4-5, elevasi <15 m) terkonsentrasi di zona pesisir. Timur Cilacap lebih tinggi (skor 1 >40% di pegunungan) akibat uplift tektonik, sementara selatan lebih rendah (skor 5 >25%) karena sedimentasi fluvial. Pola ini mencerminkan proses geodinamika, yaitu subduksi lempeng menciptakan gradien elevasi yang menurun dari interior ke pantai, dengan pocket rendah di muara sungai yang meningkatkan efek amplifikasi gelombang.

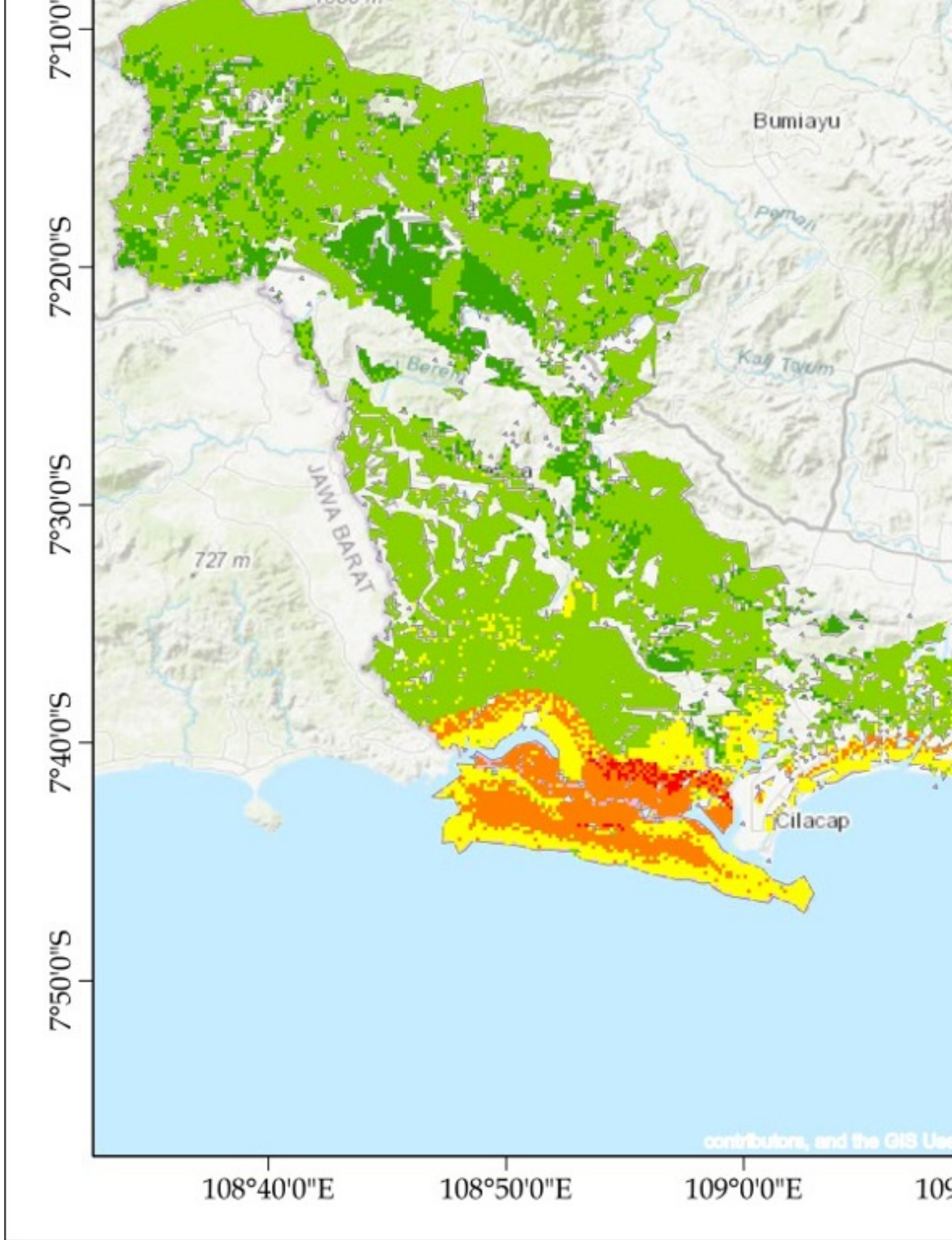
1. Pemetaan Kerentanan Tsunami

Distribusi spasial menunjukkan zona kerentanan tinggi dan sangat tinggi sangat terbatas, hanya mencakup 8 sel raster (kurang dari 0.1% total), terkonsentrasi di wilayah pesisir Cilacap seperti Kecamatan Cilacap Selatan dan Nusawungu, serta dataran aluvial dekat sungai. Sebaliknya, kelas sangat rendah dan rendah mendominasi hingga 66,7%, terutama di area interior seperti Pegunungan Selatan, yang mencerminkan pengaruh dominan parameter elevasi dan slope sebagai faktor mitigasi terhadap kerentanan keseluruhan. Pola ini menandakan bahwa topografi Cilacap secara umum memberikan perlindungan alami terhadap tsunami, dengan hanya sedikit pocket risiko tinggi di zona pantai datar (Laksono *et al.*, 2022). Data frekuensi sel raster dari hasil gabungan parameter dirangkum dalam tabel berikut, yang juga mencakup persentase dan deskripsi spasial untuk memudahkan interpretasi.

Tabel 8. Distribusi frekuensi sel raster berdasarkan tingkat kerentanan tsunami

Tingkat Kerentanan	Jumlah Sel (Count)	Persentase (%)
Sangat Rendah	2.828	13,8%
Rendah	13.671	66,7%
Sedang	2.245	11%
Tinggi	1.626	7,9%
Sangat Tinggi	109	0,5%





Gambar 6. Peta kerentanan tsunami

Hasil gabungan parameter melalui *weighted gridding* didominasi pola kerentanan tsunami rendah secara keseluruhan di Kabupaten Cilacap, dengan 66,7%) menunjukkan risiko minimal berkat dominasi topografi berbukit dan elevasi sedang di atas 30 m. Parameter jarak ke garis pantai memiliki pengaruh dominan (bobot 30%), yang konsisten dengan studi sebelumnya di mana kedekatan pantai meningkatkan risiko inundasi tsunami hingga 80% pada jarak <1 km. Namun, di Cilacap, hanya 0,06% area (tinggi dan sangat tinggi, setara 8 sel) berada dalam radius kritis <1 km dari pantai selatan, yang selaras dengan temuan di pantai timur India di mana parameter serupa menghasilkan kerentanan tinggi hanya pada zona aluvial pesisir sempit, sementara lereng pantai Jawa Selatan seperti Cilacap memberikan buffer alami (Handoyo *et al.*, 2023).

Penggunaan lahan sebagai parameter sekunder memberikan peran sebagai pemodifikasi kerentanan (Firmansyah *et al.*, 2024). Kawasan mangrove di beberapa bagian pesisir memberikan perlindungan alami sehingga masuk kategori cukup. Area permukiman pesisir yang padat di sekitar kota Cilacap dan area pelabuhan masuk kategori rentan hingga sangat rentan karena berada di wilayah rendah, landai, dan dekat pantai, sekaligus memiliki nilai risiko terhadap jiwa dan infrastruktur. Sawah yang umumnya berada sedikit lebih jauh dari garis pantai masuk kategori cukup, sementara hutan dan perkebunan yang berada di wilayah utara dengan elevasi lebih tinggi masuk kategori rendah dan sangat rendah.

KESIMPULAN

Analisis kerentanan di Kabupaten Cilacap terhadap bencana tsunami dengan 94,1% wilayah sangat rendah dan rendah. 60,08% wilayah berada di luar radius 1,5 km dari pantai dan 28,73% luas terkonsentrasi di zona pesisir sempit. Berdasarkan penggunaan lahan, wilayah Cilacap termasuk wilayah yang minim permukiman dan didominasi oleh mangrove dan sawah. Hal ini dapat mengurangi potensi bahaya tsunami terhadap manusia. Gradien topografi di Cilacap menurun dari interior curam ke pesisir datar. Berdasarkan hasil yang didapat, wilayah Cilacap dalam kategori rentan di wilayah pesisir dan rendah sampai dengan sangat rendah di wilayah belakang pesisir. Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan guna mencegah dampak dari bencana tsunami dan Langkah mitigasi yang tepat dilakukan saat terjadi tsunami.

DAFTAR PUSTAKA

Akhirianto, N. A., Giyarsih, S. R., dan Mardiatno, D. 2023. Kesiapsiagaan masyarakat desa tangguh bencana terhadap ancaman tsunami di Kabupaten Cilacap. *Majalah Geografi Indonesia*. **37**(2): 158–167.

Budiman, M. J., Syafiudin, F., dan Sutoyo. 2024. Pemetaan Kerentanan Bahaya Tsunami dengan Pemodelan Inundansi Studi Kasus: Kabupaten Bantul. *JURNAL TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN*. **09**(02): 157–166.

Dewa, H. P. N., Nirwansyah, A. W., Dewi, R. S., dan Demirdag, I. 2023. Vulnerability Analysis of School Buildings to Tsunami in the Cilacap Coastal Area. *Forum Geografi*. **37**(2): 117–133.

Firmansyah, R., Patonah, A., dan Sunarie, C. Y. 2024. Model Spasial Kerentanan Lahan Terhadap Potensi Tsunami di Kecamatan Malingping, Cihara, dan Panggarangan, Kabupaten Lebak, Bantek. *Padjadjaran Geoscience Journal*, **8**(3): 2032–2038.

Handoyo, G., Sutoyo, S., dan Syafiudin, M. 2023. Analisis Risiko dan Strategi Mitigasi Bencana Tsunami Di Pesisir Selatan Jawa Studi Kasus: Kabupaten Cilacap. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. **8**(02): 77–84.

Hidayah, Z., Rohmah, N. N., dan Wardhani, M. K. 2022. Coastal Vulnerability Study on Potential Impact of Tsunami and Community Resilience in Pacitan Bay East Java. *Forum Geografi*. **36**: 1.

Isdianto, A., dan Luthfi, O. M. 2019. Persepsi dan Pola Adaptasi Masyarakat Teluk Popoh terhadap Perubahan Iklim. *Jurnal Ilmu Kelautan SPERMONDE*. **5**(2): 77-82.

Isdianto, A., Kurniasari, D., Subagiyo, A., Haykal, M. F., dan Supriyadi. 2021. Pemetaan Kerentanan Tsunami untuk Mendukung Ketahanan. *Jurnal Permukiman*. **16**(2): 90–100.

Karminarsih, E. 2007. Pemanfaatan Ekosistem Mangrove bagi Minimasi Dampak Bencana di Wilayah Pesisir. *JMHT*, **13**(3): 182–187.

Kirani, N. S., Juhadi, J., Suharini, E., dan Husna, V. N. 2025. Evaluasi Sebaran Spasial Sabuk Hijau Sebagai Mitigasi Struktural Bencana Tsunami di Kawasann Pesisir Kabupaten Cilacap dengan Menggunakan Citra Sentinel 2A. *Jurnal Kajian, Penelitian dan Pengembangan Pendidikan*. **13**(2): 203–214.

Laksono, F. A. T., Widagdo, A., Aditama, M. R., Fauzan, M. R., dan Kovács, J. 2022. Tsunami Hazard Zone and Multiple Scenarios of Tsunami Evacuation Route at Jetis Beach, Cilacap Regency, Indonesia. *Sustainability*. **14**(2729): 1–19.

Sambah, A. B., Guntur, dan Fuad. 2017. Digital Elevation Model for Mapping Physical Vulnerability to Tsunami Hazard Using Geospatial Approach. In *Proceeding of The 7th*

Annual Basic Science International Conference, 165–168.

Usman, F., Hariyani, S., dan Shoimah, F. 2021. Perencanaan Partisipatif Tanggap Darurat Bencana Tsunami Di Pesisir Selatan Watulimo, Trenggalek. *Jurnal Tataloka*. **23**(1): 138–150.

Wibowo, T. W., Djati, M., dan Sunarto. 2017. Pemetaan Risiko Tsunami Terhadap Bangunan secara Kuantitatif. *Geografi Indonesia*. **31**(2): 68–78