



ZONASI RAWAN BENCANA TSUNAMI DI PESISIR KABUPATEN PANGANDARAN

TSUNAMI HAZARD ZONE IN THE COASTAL OF PANGANDARAN REGENCY

Anas Noor Firdaus^{1*}, Lulut Alfaris¹, Putriara Tresa Fitira¹, Godwin Latuputty²

¹Politeknik Kelautan dan Perikanan Pangandaran

Babakan, Kec. Pangandaran, Kab. Pangandaran, Jawa Barat, Indonesia

²Balai Besar Survey dan Pemetaan Geologi Kelautan (BBSPGL)

Jl. Dr. Djunjunan No.236, Husen Sastranegara, Kec. Cicendo, Kota Bandung, Jawa Barat, Indonesia

*Korespondensi: anasnoorfirdaus@gmail.com (NF Anas)

Diterima 27 Desember 2022 – Disetujui 30 Maret 2023

ABSTRAK. Kabupaten Pangandaran terkenal akan keindahan alam dan merupakan tujuan wisata favorit di Jawa Barat, tetapi disisi lain juga menyimpan potensi gempa dan kerawanan tsunami dikarenakan berdekatan dengan zona subduksi lempeng Indo-Australia. Pangandaran memiliki riwayat gempa 7.7 SR dengan tsunaminya di tahun 2006, untuk mengantisipasi kembali maka diperlukan model zonasi terkait kerentanan bencana tsunami di Pangandaran dalam bentuk peta kerentanan, sekaligus melakukan survei lokasi kerentanan di pesisir Pangandaran. Metode zonasi dijabarkan secara deskriptif menggunakan citra satelit dan observasi langsung di lapangan, data citra satelit yang dianalisis adalah data kemiringan lahan (*slope*), elevasi daratan (*elevation*), penggunaan lahan (*land use*), jarak dari sungai dan jarak dari garis pantai. Kerawanan tsunami sepanjang pantai Kabupaten Pangandaran relatif berbeda dari satu zona ke zona lainnya, karena dipengaruhi oleh parameter dari morfologi, batimetri, dan topografi pantai. Indikator keterenggan pantai dan dasar perairan pantai berperan penting dalam besarnya potensi tsunami di suatu zona, hasil zonasi menunjukkan wilayah pesisir Pangandaran memungkinkan terdampak gelombang tsunami secara langsung. Berikut merupakan zona beresiko tinggi yang merupakan daerah dengan ketinggian rendah seperti Kecamatan: Kertamukti, Ciparanti, Legokjawa, Cijulang, Parigi, Karangbenda, Cibenda, Sukaresik, Wonoharjo, Pananjung, Babakan dan Bagolo. Kecamatan-kecamatan tersebut perlu dipasang rambu dan tanda kerawanan tsunami apabila terjadi kegawatdaruratan, juga perlu dilakukan sosialisasi dan pelatihan mengenai kesiapsiagaan seperti gempa bumi dan tanda-tanda alam berkaitan tsunami maupun pasca-tsunami.

KATA KUNCI: Elevasi daratan, kemiringan lahan, penggunaan lahan, sungai.

ABSTRACT. Pangandaran Regency is famous for its natural beauty and favorite tourist destination in West Java, but it also has the potential for earthquakes and tsunamis due to its proximity to the Indo-Australian plate subduction zone. Pangandaran has a history of the 7.7 magnitude earthquake with the tsunami in 2006, to anticipate it again a mapping model is needed related to the vulnerability of the tsunami disaster in Pangandaran in the form of a vulnerability map as well as conducting a survey of vulnerability locations on the coast of Pangandaran. The zoning method is described descriptively using satellite imagery and direct observation, satellite imagery data analyzed are data on slope, elevation, land use, distance from the river and distance from the coastline. The tsunami hazard along the coast of Pangandaran Regency is relatively different from one zone to another, because it is influenced by parameters of morphology, bathymetry and coastal topography. Indicators of coastal slope and bottom of coastal waters play an important role in the magnitude of the potential for a tsunami in a zone, the zoning results show that the Pangandaran coastal area may be directly affected by tsunami waves. The following are high-risk zones which are areas with low altitudes such as the sub-districts: Kertamukti, Ciparanti, Legokjawa, Cijulang, Parigi, Karangbenda, Cibenda, Sukaresik, Wonoharjo, Pananjung, Babakan and Bagolo. These sub-districts need to install signs of tsunami vulnerability in the event of an emergency, it is also necessary to conduct outreach and training on preparedness in the event such as an earthquake and natural signs related to a tsunami or post-tsunami.

KEYWORDS: Land elevation, land use, river, slope.

1. Pendahuluan

Pangandaran merupakan salah satu Kabupaten di Provinsi Jawa Barat yang dijadikan oleh turis sebagai tujuan wisata terutama di pesisir pantai. Wilayah pesisir Pangandaran memiliki risiko tinggi bahaya tsunami karena berdekatan dengan patahan dua lempeng (Nisaa, 2020). Zona subduksi merupakan zona tumbukan lempeng tektonik bumi, tumbukan lempeng tektonik bumi ini dapat berubah menjadi bencana seperti gempa bumi dan tsunami. Terjadinya bencana gempa bumi di area selatan Jawa Barat di tahun 2006, memiliki kekuatan 7,7 Skala Magnitude (SM). Pusat gempa berada di Samudera Hindia dimana gempa ini terjadi di sekitar zona tumbukan pertemuan benua Indo-Australia dengan benua Eurasia (Munajat, 2018) dan menimbulkan bencana tsunami pada pesisir Pangandaran dan sekitarnya. Tsunami istilah saduran bahasa Jepang, “*Tsu*” artinya pelabuhan dan “*Nami*” artinya gelombang. Kosakata itu dipakai oleh sebab seringnya gelombang naik ke pelabuhan sesaat dari terjadi gempa di laut (Bryant, 2014). Penyebab tsunami ini mayoritas disebabkan getaran dari aktivitas tektonik atau pergerakan dari aktivitas gempa bumi yang terjadi di tengah laut. Tsunami akan menurun kecepatan gelombangnya tetapi seiring dengan penambahan tinggi gelombang pada saat tsunami semakin mendekati area pantai, disebabkan oleh semakin dangkalnya kedalaman perairan (Kongko *et al.*, 2013).

Kabupaten Pangandaran letaknya berbatasan langsung dengan Samudera Hindia dimana zona subduksi antara lempeng benua dan lempeng samudera berada, tak ayal letak tersebut menjadikan gempa dengan mudah melanda (Aeda *et al.*, 2017). Melihat riwayat gempa dan tsunami serta potensi gempa di Selatan pulau Jawa yang menurut beberapa penelitian memiliki bahaya tsunami cukup tinggi dikarenakan adanya *seismic gap* (Widiyantoro *et al.*, 2020), maka perlu dilakukan survei lokasi pesisir khususnya Kabupaten Pangandaran dan membuat peta kerentanan bencana tsunami daerah tersebut. Dampak terjadinya bencana gempa dan tsunami dapat diminimalisir dengan pembuatan suatu prediksi bencana untuk dijadikan dasar acuan yang perlu dilakukan saat bencana alam terjadi (Pawirodikromo, 2015). Citra satelit dan observasi langsung di lapangan, data citra satelit yang dianalisis adalah data kemiringan lahan (*slope*), elevasi daratan (*elevation*), penggunaan lahan (*land use*), jarak dari sungai dan jarak dari garis pantai (Ramdhany & Makalew, 2016). Kerawanan tsunami sepanjang pantai Kabupaten Pangandaran akan dipetakan sepanjang pesisir dari satu zona ke zona lainnya dan dianalisis secara deskriptif, juga pengaruh dari beberapa parameter seperti morfologi, batimetri, dan topografi pantai (Rudianto, 2022).

2. Metode Penelitian

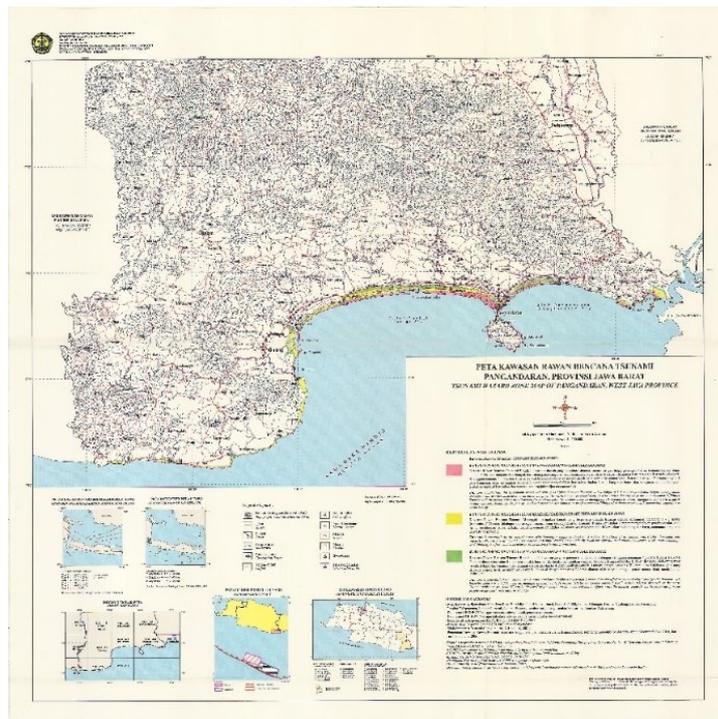
Bahan maupun peralatan yang digunakan untuk penelitian ini antara lain: (1) *Software* ArcGIS/ArcMAP digunakan untuk mengolah data GIS. ArcGIS/ArcMap memiliki kekhususan untuk visualisasi, perubahan, pemetaan tematik, export data dari tabular (Excel), memilih (*Query*), *tools*/fitur *Geoprocessing* untuk analisa dan menyesuaikan data atau juga *output* tampilan zona (Awaludin, 2010); (2) *Software* Excel Sebagai alat pencatatan data penggunaan lahan dan data yang diperlukan dalam zonasi kerentanan tsunami (Aldison, 2021), dan (3) Alat tulis digunakan untuk mencatat kondisi tata guna lahan daerah pesisir pantai pangandaran. Daftar peralatan dan bahan yang digunakan selama penelitian zonasi kerentanan tsunami Kabupaten Pangandaran dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Alat dan Bahan.

No.	Alat dan Bahan	Kegunaan
A. Alat		
1.	Komputer/Laptop	Penginputan data kedalam <i>software</i> ArcGIS
2.	<i>Software</i> ArcGIS	Aplikasi utama yang digunakan dalam pengolahan data
3.	<i>Software</i> Excel	Aplikasi pendukung yang digunakan dalam pengolahan data
4.	Alat tulis	Mencatat data primer dan sekunder untuk pengolahan data

No.	Alat dan Bahan	Kegunaan
B. Bahan		
1.	Data Demnas	Untuk zonasi kerentanan bencana tsunami (Badan Informasi Geospasial, 2021)
2.	Data Geospasial Pangandaran	Geospasial, 2021)

Metode Penelitian bersifat deskriptif dengan berusaha menuturkan pemecahan masalah yang ada. Metode ini bertujuan melihat gambaran melalui pencitraan satelit pada aplikasi ArcGIS dan kumpulan data yang sedang diteliti tanpa bermaksud mencari hubungan antar data atau penarikan kesimpulan. Data primer dilakukan dengan 3 cara pengambilan, yaitu observasi, wawancara dan partisipasi langsung. Observasi merupakan kegiatan dilapangan untuk mengenal dan mengetahui kegiatan dan fasilitas yang ada di lokasi dengan pengamatan langsung, hasil dari pengamatan ini diperoleh data dari data geospasial Pangandaran dan survei langsung pada daerah Pangandaran. Wawancara merupakan kegiatan tanya jawab dengan penduduk sekitar terkait topik yang diambil yaitu mengenai tsunami Pangandaran. Partisipasi langsung merupakan kegiatan yang dilakukan selama dilapangan dengan cara terjun ke lapangan mengikuti proses survei langsung ke lapangan dengan mem-point kan titik-titik daratan melalui GPS. Sedangkan data sekunder zonasi wilayah kerentanan bencana tsunami adalah data peta kerentanan tsunami tahun 2010 (ESDM, 2010) dan data geospasial. Gambar 1. didapat melalui website geoportal daerah Pangandaran serta website ESDM.



Sumber:(ESDM, 2010)

Gambar 1. Peta Kawasan Rentan Bencana Tsunami Pangandaran 2010.

Data Geospasial yang dijadikan parameter zonasi antara lain: (1) Digital Elevation Model (DEM/Demnas) pada **Gambar 2.**; dan parameter-parameter (**Tabel 2.**) seperti (2) Parameter jarak dari sungai; (3) Parameter Kemiringan Lahan/slope; (4) Parameter elevasi daratan; (5) Parameter garis pantai, dan (6) Parameter Penggunaan, gambar dan tabel tersebut menunjukkan nilai skor dan bobot persentase dari masing-masing parameternya.



Gambar 2. Demnas Pangandaran.

Tabel 2. Nilai Skor dan Bobot dalam Setiap Parameter.

Parameter	Besaran	Keterangan	Skor	Bobot (%)
Jarak dari sungai	0 – 100	Sangat Tinggi	5	20
	>100 – 200	Tinggi	4	
	>200 – 300	Sedang	3	
	>300 – 500	Rendah	2	
	>500	Sangat Rendah	1	
Kemiringan lahan atau <i>slope</i> (%)	0 – 2	Sangat Tinggi	5	20
	>2 – 5	Tinggi	4	
	>5 – 15	Sedang	3	
	>15 – 40	Rendah	2	
	>40	Sangat Rendah	1	
Elevasi daratan (m)	<10	Sangat Tinggi	5	25
	>10 – 25	Tinggi	4	
	>25 – 50	Sedang	3	
	>50 – 100	Rendah	2	
	>100 – 350	Sangat Rendah	1	
Jarak dari garis pantai (m)	0 – 500	Sangat Tinggi	5	20
	>500 – 1.000	Tinggi	4	
	>1.000 – 1.500	Sedang	3	
	>1.500 – 3.000	Rendah	2	
	>3.000	Sangat Rendah	1	
Penggunaan lahan	Pemukiman, sawah, sungai, hutan rawa	Sangat Tinggi	5	15
	Kebun/Vegetasi darat	Tinggi	4	
	Ladang	Sedang	3	
	Danau, alang-alang, semak belukar	Rendah	2	
	Hutan, batuan, gamping	Sangat Rendah	1	

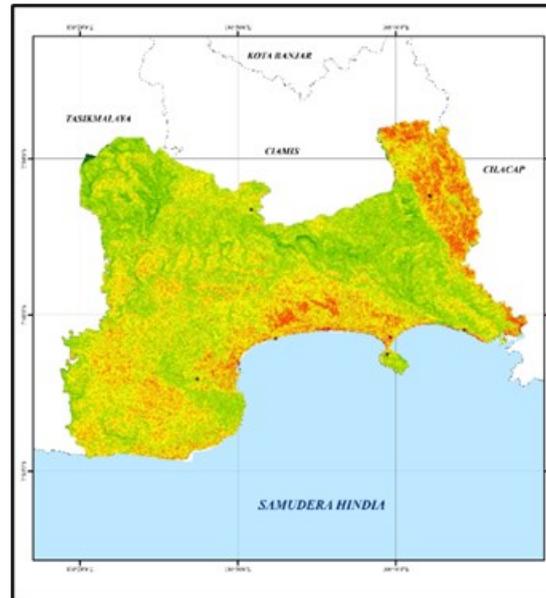
3. Hasil dan Pembahasan

Kerentanan area dari datangnya tsunami di Pangandaran diklasifikasikan menjadi 5 (lima) level/kelas, yaitu skor: R1 (sangat aman), R2 (aman), R3 (cukup rentan), R4 (rentan), dan R5 (sangat rentan) berdasar beberapa parameter yaitu: miringnya lahan, elevasi daratan, guna lahan, jarak dari/ke sungai,

dan jarak dari pesir pantai (*coastal proximity*). Hasil data primer dan sekunder diolah untuk karakteristik parameter yang diklasifikasi ulang dan dianalisa dengan teknik *overlay* guna mendata area cakupan kerentanan bencana tsunami.

3.1. Inventarisasi Makrozoobenthos

Indikator *slope*, berupa persen miring suatu area yang akan berdampak untuk kerentanan area dari tsunami. Dimana waktu tsunami menyentuh bibir pantai yang landai maka gelombang tsunami akan menuju darat dengan jangkauan yang cukup jauh.



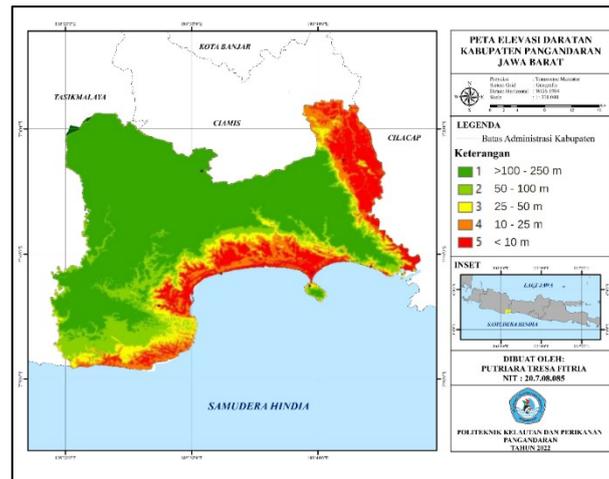
Gambar 3. Peta Kemiringan Lahan.

Peta kemiringan lahan Kabupaten Pangandaran dapat dilihat pada **Gambar 3** bahwa parameter kemiringan lahan dibedakan berdasarkan warna gradien dari hijau hingga merah yang ditampilkan dengan parameter 1-5, dimana semakin tinggi nilainya warna yang ditampilkan akan semakin hijau. Semakin rendah nilainya warna yang ditampilkan akan berwarna merah. Warna hijau dengan nilai tinggi menggambarkan daerah dengan kemiringan lereng tinggi dan warna merah dengan nilai rendah menggambarkan daerah dengan kemiringan lereng rendah dan rentan terhadap tsunami, daerah tersebut berada di sepanjang pesisir pangandaran dari Kecamatan Kertamukti, Ciparanti, Legokjawa, Cijulang, Parigi, Karangbenda, Cibenda, Sukaresik, Wonoharjo, Pananjung, Babakan dan Bagolo.

Kemiringan lereng dibentuk berdasarkan DEM yang menampilkan topografi bumi secara digital (Qusairy, 2022). Daerah dengan kemiringan lahan 0-2% memiliki warna merah sebagian besar terdapat di area pesisir (Skor: R5, R4, R3) dan daerah dengan kemiringan lereng >40% memiliki warna hijau terdapat di area pegunungan atau dataran tinggi (Skor: R1, R2).

3.2. Elevasi Daratan (Elevation)

Area pesisir pada elevasi darat rendah lebih beresiko tinggi kerentanannya dibandingkan area lain. Tinggi rendah suatu area berdampak pada cakupan terjadinya tsunami yang dapat menjangkau darat. Wilayah dengan dataran yang tinggi akan sulit dijangkau oleh gelombang tsunami.

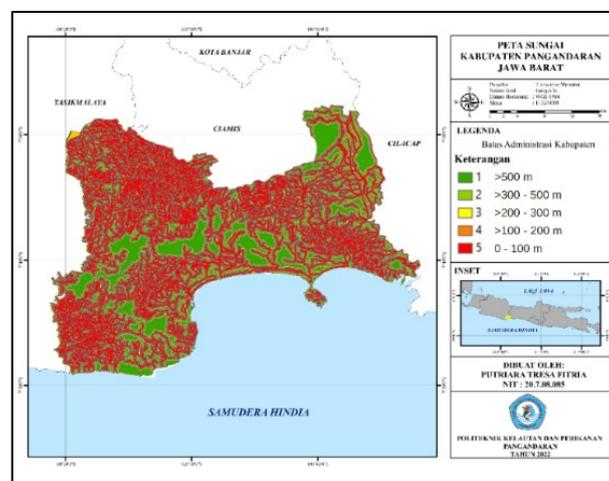


Gambar 4. Peta Elevasi Daratan.

Indikasi parameter diatas **Gambar 4**. Menunjukkan bahwa semakin tinggi indeks nilai yang tertera maka dataran tersebut termasuk dalam dataran rendah. Sesuai dengan hasil peta elevasi daratan Kabupaten Pangandaran, daerah dengan dataran rendah didominasi pada bagian pesisir dan bagian timur pangandaran dengan nilai skor R5 dan skala elevasi < 10 meter, kemudian nilai skor R4 skala elevasi 10 – 25 meter. Hal ini menyebabkan daerah pesisir memiliki karakteristik yang rentan terhadap bencana tsunami (Ikhwandito *et al.*, 2018).

3.3. Jarak dari Sungai

Indikator ini berhubungan pada pemakaian area sekitar sungai dimana kerawanan area pada terjadinya tsunami dapat diminimalisir jika pemakaian area jauh jaraknya dari pinggir sungai. Semakin jauh jarak dari sungai maka semakin rendah pula resiko terkena dampak tsunami.

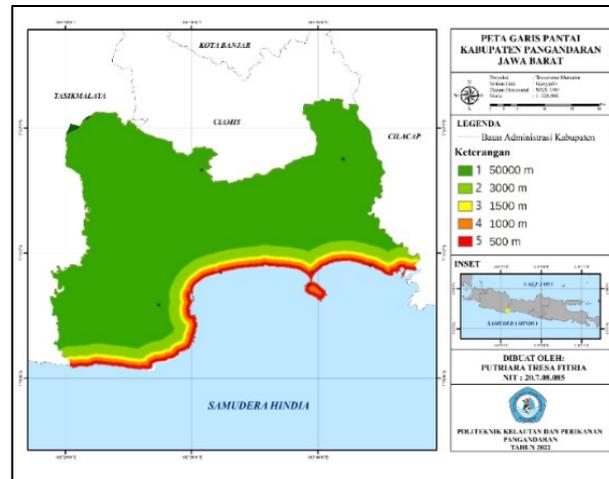


Gambar 5. Peta Sungai

Semakin dekat jarak area terhadap sungai maka parameter yang tertera pada **Gambar 5** adalah jarak 0 sampai 100 meter dengan warna area merah dan skor R5, jarak >100 sampai 200 meter berwarna oranye dengan skor R4, jarak > 200 sampai 300 meter berwarna kuning dengan skor R3, jarak > 300 sampai 500 meter berwarna hijau muda dengan skor R2, dan jarak lebih dari 500 meter dengan warna hijau tua dan skor R1. Dari penjelasan skoring tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin jauh jarak suatu daerah dari kawasan sungai semakin rendah pula risiko terkena dampak dari bencana tsunami (Salmanidou *et al.*, 2021). Hal ini dikarenakan daerah sungai yang paling dekat dengan laut akan memudahkan gelombang tsunami menerjang daratan.

3.4. Jarak dari Garis Pantai

Indikator ini berhubungan dengan pemanfaatan lahan. Kerawanan area pada tsunami sebisa mungkin dikurangi jika pemanfaatan area di wilayah pesisir menitikberatkan jarak dari garis pantai. Tinggi tsunami yang mencakup daratan akan minimal seiring bertambahnya jarak dari area pantai.

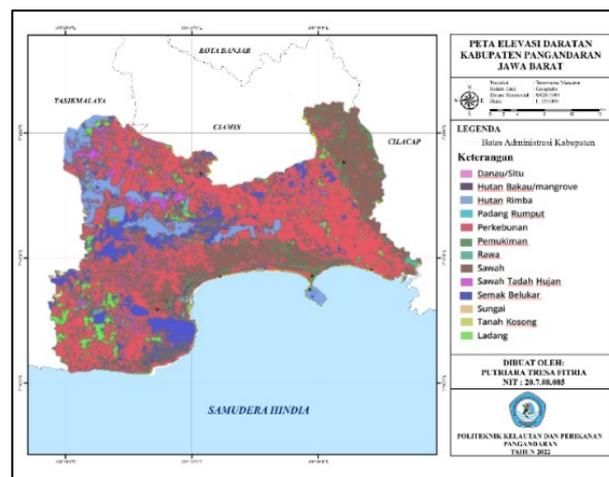


Gambar 6. Peta Garis Pantai

Semakin dekat jarak area terhadap garis pantai maka semakin tinggi juga risiko terdampak tsunami (Widada *et al.*, 2022), sesuai keterangan dan gambar peta **Gambar 6** yang ada maka jarak 500 meter dari garis pantai ditandai dengan warna merah dan skor R5, jarak 1.000 meter dari garis pantai ditandai dengan warna oranye dan skor R4, jarak 1.500 meter dari garis pantai ditandai dengan warna kuning dan skor R3, jarak 3.000 meter dari garis pantai ditandai dengan warna hijau muda dan skor R2, dan jarak 50.000 meter dari garis pantai ditandai dengan warna hijau tua dan skor R1.

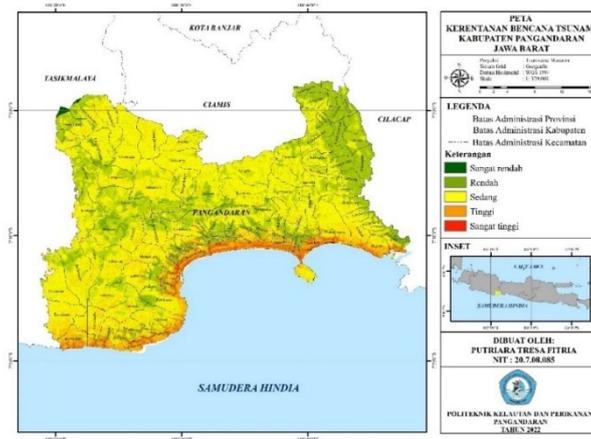
3.5. Penggunaan Lahan (Land Use)

Pemanfaatan lahan adalah indikator yang menunjukkan kerawanan area dari tsunami. Indikator ini menjadi salah satu cara tsunami menyebar ke daratan. Tsunami yang memasuki darat akan terhalau apabila penggunaan lahan dapat menjadi penghalau laju gelombang.



Gambar 7. Peta Penggunaan Lahan.

Tata penggunaan lahan yang ada di Kabupaten Pangandaran berdasarkan klasifikasi warna yang ada pada **Gambar 7**. Tsunami yang menjangkau darat akan terhambat pada jenis pemanfaatan area tertentu (Susanto *et al.*, 2019), seperti contohnya gelombang tsunami akan bisa tertahan di wilayah hitam ataupun perkebunan dibandingkan dengan wilayah sawah ataupun tanah kosong.



Gambar 8. Peta Kerentanan Bencana Tsunami Kabupaten Pangandaran.

Ketinggian tsunami sepanjang pantai berbeda dari satu tempat ke tempat yang lain dipengaruhi oleh morfologi, batimetri, dan topografi pantai. Indikator kelerengan pesisir dan dasar pantai berperan penting dalam besarnya tsunami disuatu area. Hasil tersebut menunjukkan berdasarkan parameter ketinggian, kelerengan, sungai, dan pantai bahwa wilayah pesisir pangandaran memungkinkan terdampak gelombang tsunami secara langsung. Mayoritas daerah yang memiliki resiko tinggi terdampak gelombang tsunami adalah daerah dengan ketinggian rendah sehingga mudah diterjang gelombang tsunami seperti Kertamukti, Ciparanti, Legokjawa, Cijulang, Parigi, Karangbenda, Cibenda, Sukaresik, Wonoharjo, Pananjung, Babakan, dan Bagolo.

4. Kesimpulan

Zonasi yang di survei secara langsung pada 7 lokasi yaitu, Batu Hiu, Bojongslawe, Pananjung, Pantai Barat, Pantai Timur, Batu Karas, dan Babakan terdapat kesesuaian dengan data survei lokasi dan penggunaan data citra satelit, dimana karakteristik yang ada dilapangan sesuai dengan yang ada pada data citra satelit. Dari data kerentanan bencana tsunami Kabupaten Pangandaran didapati bahwa Level kerentanan tsunami di Kabupaten Pangandaran ini diklasifikasikan menjadi 5 kelas, R1 (sangat aman), R2 (aman), R3 (cukup rentan), R4 (rentan), dan R5 (sangat rentan). Kategori aman dan sangat aman mendominasi hampir di seluruh Kabupaten Pangandaran dengan jarak wilayah yang semakin jauh dari pesisir. Ini dikarenakan Pangandaran pada jarak 500 m dari garis pantai, wilayah pangandaran memiliki ketinggian 25 – 50 m, sedangkan ketinggian 50 – 100 m didapati pada jarak wilayah 1.000 m dari garis pantai. Kategori sangat rentan, rentan, dan cukup rentan terlihat pada daerah dengan ketinggian 10 m sampai dengan 50 m dengan kemiringan lahan di kawasan dominan sebesar 0 – 40 %. Kategori rentan mayoritas terlihat pada daerah pesisir pantai dimana jarak kurang lebih 500 – 1.000 m dari garis pantai.

Daftar Pustaka

- Aeda, S. A., Saputro, S., & Subardjo, P. (2017). Simulasi Penjalaran dan Penentuan Run-Up Gelombang Tsunami di Teluk Pangandaran, Jawa barat. *Jurnal Oseanografi*, 6(1), 254–262.
- Aldison, J. (2021). Kajian Jalur Evakuasi Serta Tempat Evakuasi Bencana Tsunami Terhadap Hasil Partisipatif Masyarakat di Pesisir Kecamatan Limau Kabupaten Tanggamus. In *Universitas Lampung: Vol. Teknik Geo (Issue Fakultas Teknik)*. 53 Hal.
- Awaludin, N. (2010). *Geographical Information Systems with ArcGIS 9. X Principles, Techniques, Applications, and Management*. Andi Offset Yogyakarta. 165 Hal.
- Badan Informasi Geospasial. (2021). *Demnas 1308-23*. Badan Informasi Geospasial. <https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/>.

- Bryant, E. (2014). Tsunami dynamics. In *Springer*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-06133-7_2. Pp 19-32
- ESDM, K. (2010). *Peta Kawasan Rentan Bencana Tsunami Pangandaran 2010*. <https://si.esdm.go.id/>.
- Ikhwandito, A., Prasetyo, Y., & Nugraha, A.L. (2018). Analisis Perbandingan Model Genangan Tsunami Menggunakan Data Dem Aster, Srtm Dan Terrasar (Studi Kasus: Kabupaten Pangandaran). *Jurnal Geodesi Undip*, 7(1), 131–141.
- Munajat, A. H. (2018). *Museum Tsunami Pangandaran Tema High Wave*. 35 Hal.
- Pawirodikromo, W. (2015). Pengurangan Risiko Bencana Alam Gempa Bumi Sebagai Upaya Untuk Melaksanakan Risk-Based Early Warning. *Jurnal Teknisia*, Vol. XX, No. 1, Mei 2015, 51–66. <http://journal.uii.ac.id/index.php/teknisia/article/view/3706>.
- Qusairy, M. (2022). *Pendekatan Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) Untuk Mengidentifikasi Potensi Lokasi Penyelidikan Tanah Di Wilayah Masterplan ITK*. 86 Hal.
- Ramdhany, R. R., & Makalew, A. D. (2016). Perencanaan Lanskap Pantai Pangandaran Berbasis Mitigasi Bencana Tsunami. *Jurnal Arsitektur Lansekap*, 2(1), Hal 62–71.
- Rudianto, D. K. S. (2022). *Penataan Kawasan Pesisir untuk Konservasi*. T. U. Media (ed.). Universitas Brawijaya Malang. 84 Hal.
- Salmanidou, D. M., Ehara, A., Himaz, R., Heidarzadeh, M., & Guillas, S. (2021). Impact of future tsunamis from the Java trench on household welfare: Merging geophysics and economics through catastrophe modelling. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 61, 102291. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102291>. 15 Page.
- Susanto, D., Faida, L. R. W., & Sunarto, S. (2019). Pemodelan Efektivitas Hutan Pantai di Cagar Alam Pananjung Pangandaran Sebagai Buffer Tsunami. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 13(1), 4. <https://doi.org/10.22146/jik.46139>. Hal 4-14.
- Widada, S., Darda, I. M., & Satriadi, A. (2022). Identifikasi Wilayah Terdampak Tsunami Berdasarkan Peta Ancaman Tsunami di Kabupaten Lumajang, Jawa Timur. *Buletin Oseanografi Marina*, 11(3), 291–305. <https://doi.org/10.14710/buloma.v11i3.44032>
- Widiyantoro, S., Gunawan, E., Muhari, A., Rawlinson, N., Mori, J., Hanifa, N. R., Susilo, S., Supendi, P., Shiddiqi, H. A., Nugraha, A. D., & Putra, H. E. (2020). Implications for megathrust earthquakes and tsunamis from seismic gaps south of Java Indonesia. *Scientific Reports*, 10(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72142-z>

