

Analisis Jalur Evakuasi Tsunami untuk Pengunjung di Pesisir Klayar, Kabupaten Pacitan

Shilna Kayfiyata Shohiyha^{1*}, Dewi Novita Sari¹, Danardono¹, Jumadi¹

¹Geografi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia.

DOI: <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i1.1626>

Article Info:

Received : 16 Desember 2025
Revised : 29 Desember 2025
Accepted : 05 Januari 2026
Published : 18 Januari 2026

Correspondence:

Shilna Kayfiyata Shohiyha

Phone : +62 878 1504 1015

Abstract: This study aims to determine strategic evacuation locations and optimal evacuation routes for visitors in the Klayar Coast area, Pacitan Regency, based on tsunami modeling scenarios with wave heights of 8.5 meters and 20 meters. This region has a high level of tsunami vulnerability due to its direct exposure to the Indian Ocean and its location within a zone of regional tectonic activity, while the intensity of tourism activities has led to a significant increase in the number of people exposed to risk. The study applies tsunami hazard zone modeling based on topographic and elevation data, combined with evacuation route network analysis using a Geographic Information System (GIS). Evacuation travel time was calculated by considering route length, topographic conditions, and average evacuation speed under emergency conditions. The results show that the 20-meter tsunami scenario causes a significant expansion of high-hazard zones and increases evacuation travel time by approximately 3.5–6 minutes compared to the 8.5-meter scenario. Several evacuation routes and Temporary Evacuation Sites (TES) that are effective under the lower scenario become suboptimal under the higher scenario. The novelty of this study lies in the integration of travel-time-based evacuation route analysis with multi-scenario tsunami modeling in a coastal tourism area, providing a more adaptive spatial basis for tsunami mitigation planning. These findings emphasize the importance of worst-case-scenario-based evacuation planning and the strengthening of early warning systems to enhance visitor safety.

Keywords: Tsunami evacuation planning; Evacuation route optimization; Coastal tourism risk; GIS-based modeling; Tsunami hazard scenarios

Citation: Shohiyha, S. K., Sari, D. N., Danardono, & Jumadi. (2026). Analisis Jalur Evakuasi Tsunami untuk Pengunjung di Pesisir Klayar, Kabupaten Pacitan. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, Dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, 7(1), 74–83. <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i1.1626>

Pendahuluan

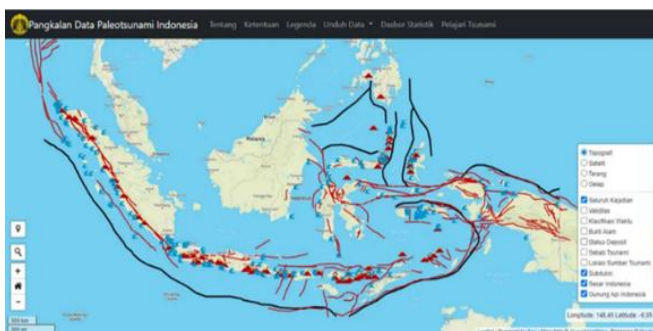
Gempa bumi Samudra Hindia tahun 2016 menyebabkan penurunan nilai kecepatan serta peningkatan nilai pemendekan pada stasiun GNSS di sekitar Palung Sunda. Kecepatan stasiun GNSS yang teramati berkisar antara 18 hingga 70 mm/tahun. Perubahan kecepatan dan regangan menunjukkan nilai yang semakin besar pada stasiun-stasiun yang berada lebih dekat dengan Palung Sunda. Kejadian gempa bumi dengan magnitudo lebih dari 7 memberikan implikasi tektonik yang luas terhadap deformasi kerak bumi di wilayah tersebut. Arah vektor kecepatan stasiun GNSS yang berada di pulau-pulau di sebelah barat

Pulau Sumatra diduga termasuk ke dalam Blok Sumatra, yang merupakan pecahan dari Lempeng Sundaland (Alif, 2021). Selain itu, kombinasi pergerakan lempeng tektonik yang terus berlangsung dan aktivitas gunung api yang tinggi dapat memicu terjadinya gempa bumi, baik berskala kecil maupun besar, yang berpotensi menimbulkan tsunami (Alviani, 2021).

Selain berkaitan dengan zona subduksi akibat pertemuan antar lempeng tektonik, potensi tsunami juga dipengaruhi oleh posisi geografis Indonesia sebagai negara kepulauan yang berada di wilayah tropis/ekuator dengan garis pantai yang panjang. Risiko tsunami di wilayah tropis ekuator dapat

dianalisis melalui pemodelan bahaya tsunami pada lintang rendah dan pesisir, yang menunjukkan potensi genangan dan runtunannya terhadap komunitas pesisir (Orpin, 2016). Selain itu, studi risiko tsunami di kawasan pesisir Indonesia seperti Puger, Jember menguatkan bahwa posisi geografis daerah pesisir yang berbatasan langsung dengan laut Samudera Hindia membuatnya rentan terhadap ancaman tsunami (Suparno, Wiyono & Hidayah, 2023). Analisis kerawanan tsunami di pesisir Kabupaten Tasikmalaya juga memperlihatkan bahwa kondisi geografis dan morfologi pesisir sangat berpengaruh terhadap tingkat bahaya tsunami di suatu wilayah (Sidik et al., 2024).

Berdasarkan Peta Pangkalan Data Paleotsunami Indonesia ini menggambarkan sebaran zona subduksi, sesar aktif, gunung api, serta rekaman kejadian paleotsunami di wilayah Indonesia. Zona subduksi yang ditandai dengan garis hitam tebal membentang sepanjang pantai barat Sumatra hingga ke bagian timur Indonesia, menunjukkan area tumbukan lempeng tektonik yang merupakan sumber utama gempa besar dan tsunami. Selain itu, garis merah yang menunjukkan sesar aktif tersebar di berbagai wilayah, terutama di Sumatra, Sulawesi, dan Papua, yang juga berpotensi memicu gempa bumi dan tsunami lokal. Penyebaran gunung api yang ditandai dengan segitiga merah menunjukkan bahwa Indonesia merupakan bagian dari cincin api Pasifik, sehingga letusan gunung berapi juga menjadi salah satu faktor pemicu tsunami. Peta ini menunjukkan bahwa kejadian paleotsunami tersebar merata di sepanjang pesisir Indonesia, dengan konsentrasi tinggi di wilayah barat dan selatan, yang mengindikasikan tingginya risiko bencana tsunami di wilayah tersebut.



Gambar 1. Sebaran zona subdukssi, sesar aktif, gunung api, serta rekaman kejadian paleotsunami di wilayah Indonesia.

(Sumber : Geosains Universitas Indonesia, diakses 21 september 2025)

Kabupaten Pacitan terletak di ujung barat daya Provinsi Jawa Timur dengan garis pesisir yang membentang sepanjang sekitar 80 kilometer di sepanjang pantai selatan Pulau Jawa, yang langsung berbatasan dengan Samudra Hindia. Pesisir selatan

Pacitan menghadapi potensi gelombang besar dan risiko tsunami akibat aktivitas lempeng subduksi di zona tersebut. Secara administratif, Pacitan berbatasan dengan Kabupaten Wonogiri di Jawa Tengah di sebelah barat, sementara di utara dan timur berbatasan dengan wilayah daratan lain di Jawa Timur seperti Kabupaten Trenggalek. Pesisir ini dikenal memiliki pantai-pantai indah seperti Pantai Klayar dan Pantai Srau. Pantai klayar yang terletak di Kecamatan Donorojo dengan jarak kurang lebih 32 km ke arah barat Kota Pacitan. Kepala Bidang Pemasaran Dinas Pariwisata Kebudayaan Pemuda dan Olahraga (Disparbudpora), Rakhmad Adi Mandego, mengungkapkan bahwa Pantai Klayar masih menjadi primadona dengan banyaknya kunjungan mencapai 215.336 orang sepanjang tahun 2024. Pantai Klayar tidak hanya memiliki daya tarik wisata berkat keindahan batu karang berbentuk seruling laut dan pasir putihnya, tetapi juga berada pada zona rawan bencana. Terakhir pada 17 Juli 2006 terjadi Tsunami yang memiliki magnitudo sekitar 7,7 skala Richter.

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem komputer yang digunakan untuk mengumpulkan, mengintegrasikan, memasukkan, menyimpan, memanggil kembali, mengolah, menganalisis dan menghasilkan data bereferensi geografis atau data geospasial, untuk mendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan dan pengelolaan penggunaan lahan, sumber daya alam, lingkungan, transportasi, fasilitas kota, dan pelayanan umum lainnya (Heryani.R.,2021). Network Analysis dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan teknik penting yang digunakan untuk memodelkan dan menganalisis jaringan spasial guna mengoptimalkan pergerakan dan alokasi sumber daya. Dalam penentuan rute terbaik, analisis jaringan SIG ini memiliki banyak keunggulan mampu menampilkan jaringan jalan, panjang jalan, dan waktu sehingga dapat menentukan rute paling optimal sehingga dapat memilih berdasarkan jarak atau berdasarkan waktu tempuh (Jumadi et al.,2021).

Kawasan pesisir Pacitan memiliki tingkat kerawanan tsunami yang tinggi akibat keberadaannya pada zona subduksi aktif. Penelitian terbaru oleh (Jumadi et al.,2024) menunjukkan bahwa meskipun jalur evakuasi telah tersedia, masih terdapat potensi kemacetan dan keterbatasan akses menuju titik aman. Namun, kajian tersebut belum secara khusus membahas kebutuhan evakuasi bagi pengunjung kawasan wisata. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada analisis jalur evakuasi tsunami bagi pengunjung di Pesisir Klayar, Kabupaten Pacitan, sebagai bentuk pengembangan dan pendalaman kajian sebelumnya. Berdasarkan paparan diatas, maka perlu adanya penelitian yang berjudul "Analisis Jalur Evakuasi Tsunami untuk pengunjung di Pesisir Klayar,

Kabupaten Pacitan". Dapat meningkatkan keselamatan pengunjung pesisir Pantai Klayar Kabupaten Pacitan, yang merupakan daerah rawan tsunami. Hasilnya membantu pemerintah daerah dan pihak terkait dalam merancang sistem evakuasi yang lebih efektif dan efisien, serta mendukung penyusunan peta evakuasi yang akurat. Selain itu, penelitian ini juga berperan penting dalam meningkatkan kesadaran dan kesiapsiagaan pengunjung terhadap risiko tsunami, sehingga dapat meminimalkan potensi korban jiwa dan kerugian materi saat bencana terjadi.

Metode

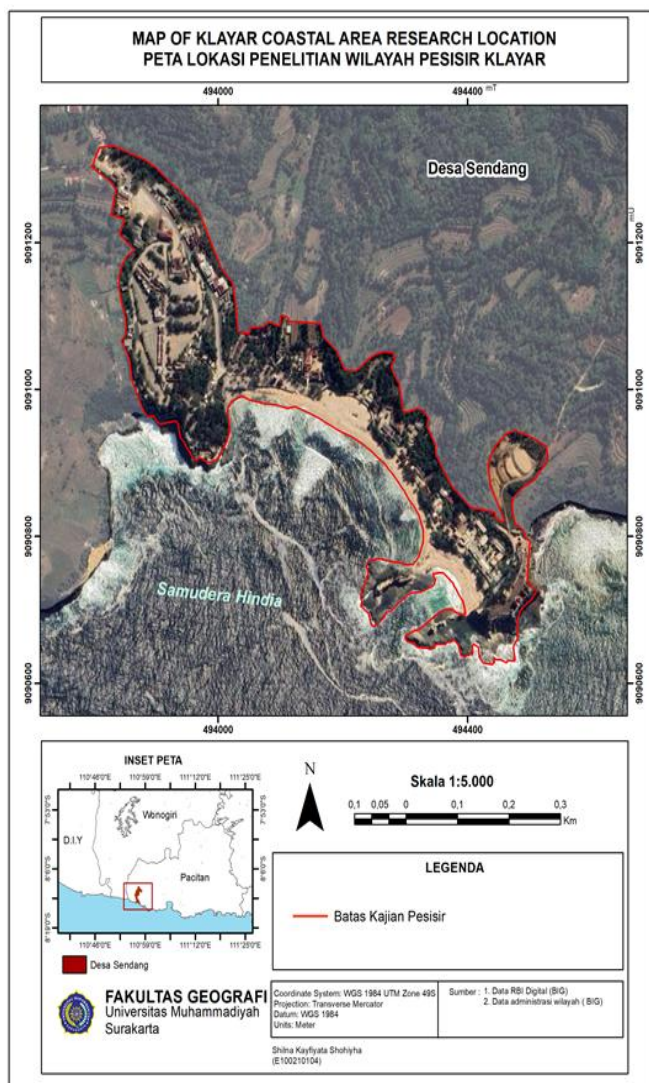
Objek yang menjadi fokus penelitian adalah kawasan Pesisir Klayar, yang terletak di Kabupaten Pacitan, Jawa Timur.

mencakup seluruh area antara breaker zone di laut hingga dataran aluvial pesisir di darat. Namun, istilah pesisir dalam penelitian ini digunakan secara lebih khusus untuk merujuk hanya pada bagian daratnya saja. Area pesisir tersebut dimulai dari garis pesisir (coastline), berada di sekitar batas pasang tertinggi namun berbeda dari garis pantai (shoreline) yang berubah sesuai pasang surut, kemudian memanjang hingga batas akhir dataran aluvial pesisir (Tahir,2018) Pengumpulan data primer dalam penelitian ini dilakukan melalui observasi, yaitu proses pengamatan secara sistematis terhadap objek penelitian untuk memperoleh data yang dapat digunakan sebagai dasar penarikan kesimpulan (Sugiyono, 2022).

Observasi lapangan dilakukan secara langsung di wilayah Pesisir Klayar terkait dengan variabel amatan terutama penentuan lokasi TES berupa data Koordianat lokasi titik awal dan titik shelter, kondisi jalur evakuasi, elevasi, fungsi bangunan hingga kapasitas dari bangunan tersebut. Teknik pengumpulan data sekunder digunakan untuk memberikan informasi tambahan dan pelengkap yang berfungsi mendukung analisis data penelitian agar hasil yang diperoleh lebih komprehensif (Sugiyono, 2019; Creswell & Creswell, 2018). Data sekunder tersebut berupa peta jaringan jalan, peta hirarki jalan dan peta kerawanan bencana tsunami skenario 8,5 dan 20 meter di Pesisir Klayar, Kebijakan tata ruang Kabupaten Pacitan, Peta dan data ketinggian di Kabupaten Pacitan yang akan dijadikan acuan analisis ketinggian dan jarak dalam pemodelan evakuasi.

Pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan melalui tahapan-tahapan. Teknik pengolahan data dilakukan secara sistematis menggunakan analisis spasial berbasis perangkat lunak ArcGIS 10.8. Tahapan dimulai dari preprocessing data spasial, pembuatan network dataset, hingga analisis jalur evakuasi dan jangkauan shelter menggunakan tools network analyst. Analisis overlay digunakan untuk mengidentifikasi wilayah yang belum terjangkau evakuasi, sedangkan data Digital Elevation Model (DEM) dianalisis untuk memastikan lokasi shelter berada di ketinggian aman. Seluruh hasil divisualisasikan dalam bentuk peta tematik yang menggambarkan jalur evakuasi, risiko tsunami, dan wilayah layanan shelter secara komprehensif.

Pendekatan geografi yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan spasial, yaitu pendekatan yang menekankan pada analisis lokasi, distribusi, dan hubungan keruangan antara elemen-elemen geografis, dalam hal ini antara jalur evakuasi dan lokasi shelter. Pendekatan ini dipilih karena sesuai dengan tujuan penelitian yang berfokus pada pemetaan jalur evakuasi tsunami berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) dan analisis jaringan (network analysis).



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian Wilayah Pesisir Klayar

Penelitian ini memaknai ekosistem pesisir sebagai bagian dari kepebisiran, yakni wilayah transisi yang

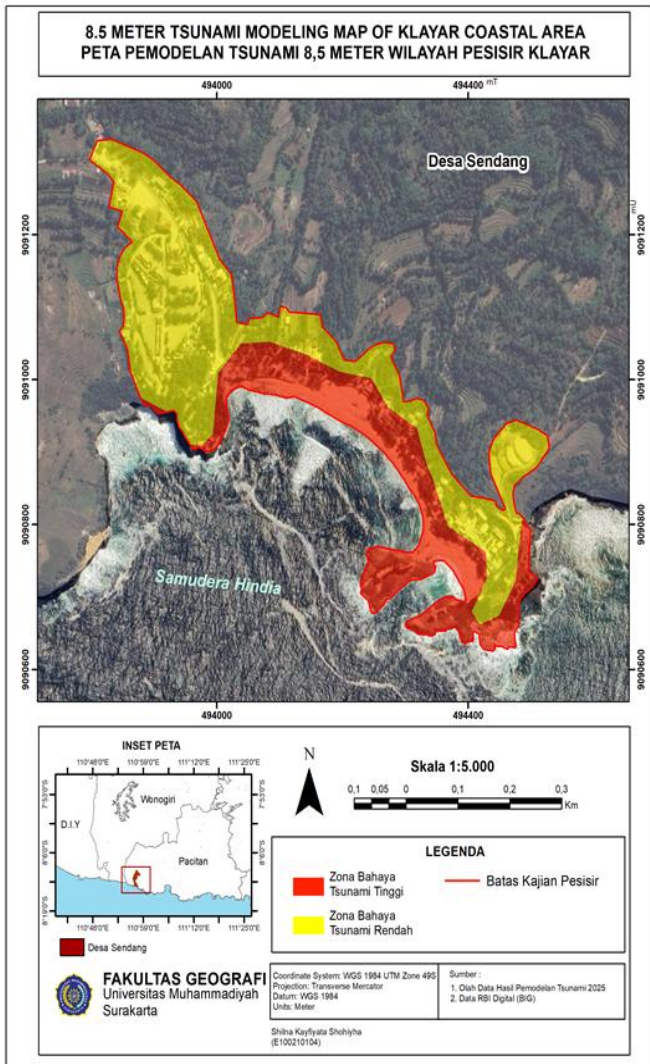
Hasil dan Diskusi

Peta Pemodelan Bencana Tsunami

Peta pemodelan tsunami dengan tinggi gelombang 8,5 meter menunjukkan bahwa wilayah pesisir Klayar didominasi oleh zona bahaya tsunami tinggi yang memanjang sejajar garis pantai dan masuk ke daratan mengikuti morfologi teluk serta lembah pantai.

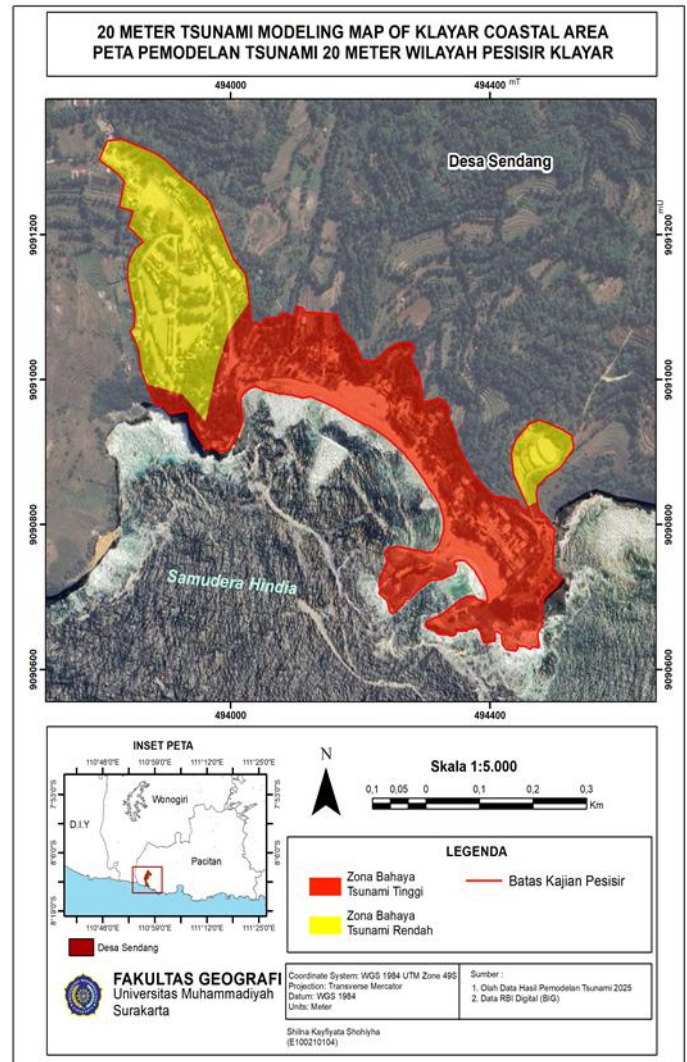
dengan elevasi yang meningkat secara cepat berfungsi sebagai penghambat alami energi gelombang tsunami, sehingga mengurangi tingkat bahaya.

Secara spasial, peta ini mengindikasikan bahwa meskipun skenario tsunami 8,5 meter tergolong moderat, dampak genangan masih signifikan pada kawasan pesisir terbuka yang langsung berhadapan dengan Samudra Hindia. Kondisi ini sejalan dengan karakteristik pantai selatan Jawa yang menghadap zona subduksi aktif dan memiliki potensi tsunami tinggi (BNPB, 2020; Widiyantoro et al., 2020).



Gambar 3. Peta Pemodelan Tsunami 8,5 Meter Wilayah Pesisir Klayar

Zona bahaya tinggi (warna merah) terkonsentrasi pada area dataran rendah pesisir yang memiliki kemiringan lereng relatif landai, sehingga memungkinkan gelombang tsunami mengalami penjarangan dan amplifikasi ke arah daratan. Zona bahaya tsunami rendah (warna kuning) tersebar pada bagian daratan yang lebih tinggi dan berjarak lebih jauh dari garis pantai. Pola ini menunjukkan bahwa topografi dan elevasi permukaan berperan penting dalam mengendalikan jangkauan genangan tsunami. Wilayah



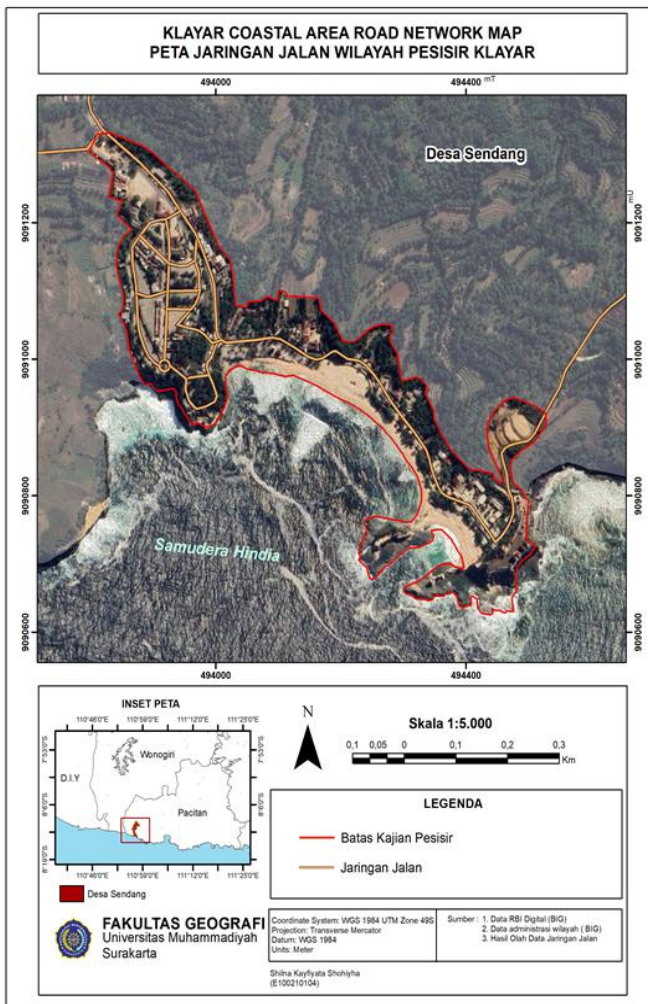
Gambar 4. Peta Pemodelan Tsunami 20 Meter Wilayah Pesisir Klayar

Pada skenario tsunami 20 meter, terlihat peningkatan yang sangat signifikan pada luas zona bahaya tsunami tinggi. Area genangan tidak hanya terbatas pada dataran rendah pesisir, tetapi meluas jauh ke arah daratan, mencakup sebagian besar kawasan permukiman di Desa Sendang. Zona bahaya tsunami rendah pada peta ini menjadi semakin terbatas dan

hanya tersisa pada area dengan elevasi relatif tinggi atau terlindungi oleh morfologi perbukitan. Hal ini menunjukkan bahwa pada kejadian tsunami ekstrem, kapasitas perlindungan alami bentang lahan pesisir menjadi sangat terbatas.

Perbedaan mencolok antara skenario 8,5 meter dan 20 meter menegaskan bahwa kenaikan tinggi gelombang tsunami berbanding lurus dengan peningkatan luas genangan dan tingkat risiko, terutama di wilayah pesisir bertipe teluk dan pantai terbuka. Temuan ini konsisten dengan hasil penelitian pemodelan tsunami di pesisir selatan Jawa yang menunjukkan bahwa tsunami dengan ketinggian >15 meter dapat menyebabkan kerusakan luas hingga beberapa ratus meter ke daratan (Suppasri et al., 2019; Gusman et al., 2021).

Peta Jaringan Jalan



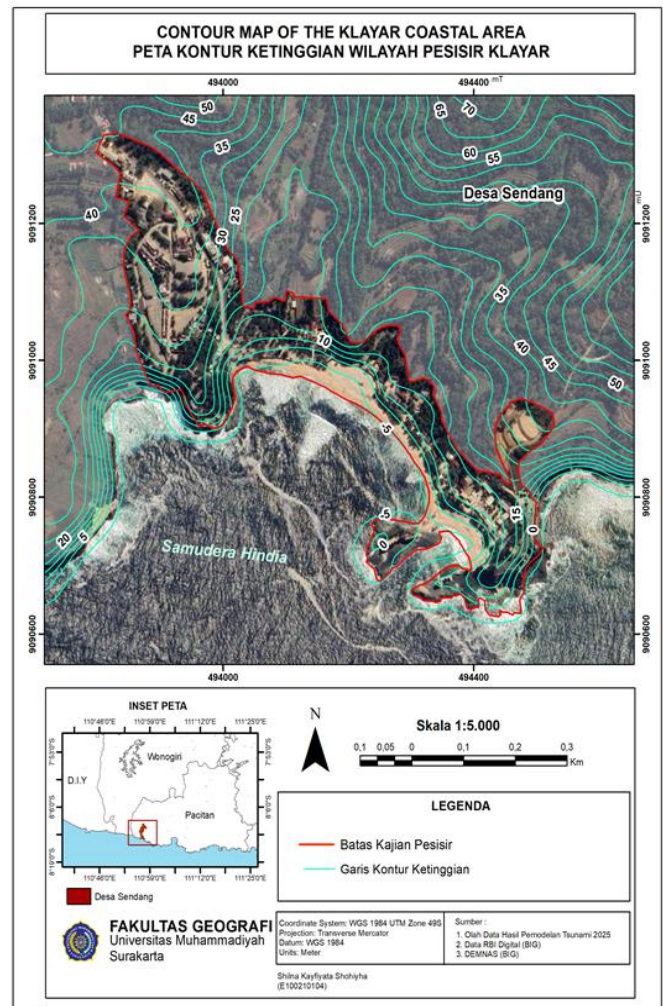
Gambar 5. Jaringan Jalan Wilayah Pesisir Klayar

Jaringan jalan utama dan jalan pesisir berada dalam zona bahaya tsunami tinggi, sehingga jalur evakuasi yang efektif perlu mengarahkan masyarakat

dari zona merah tersebut menuju daerah dengan elevasi lebih tinggi yang relatif aman. Jaringan jalan lokal di pesisir sudah dilakukan koreksi dengan melakukan digitasi manual sehingga saling terkoneksi, konektivitas ke wilayah aman masih terbatas, yang berpotensi menyebabkan kemacetan dan memperlambat evakuasi saat terjadi tsunami. Oleh karena itu, diperlukan optimalisasi jalur evakuasi utama dengan peningkatan kualitas jalan pesisir serta pengembangan jalur penghubung vertikal yang mengarah ke daerah lebih tinggi, disertai penandaan jalur evakuasi yang jelas dan peta evakuasi terpadu yang mudah diakses masyarakat.

Penggunaan teknologi GIS sangat membantu dalam mengintegrasikan data zona bahaya dan jaringan jalan untuk merencanakan jalur evakuasi alternatif serta titik kumpul pengungsian, sehingga mitigasi risiko korban jiwa dapat dioptimalkan melalui perencanaan evakuasi yang lebih efektif dan responsif terhadap kondisi spasial wilayah pesisir tersebut (Sugimoto et al., 2019; Wood et al., 2021).

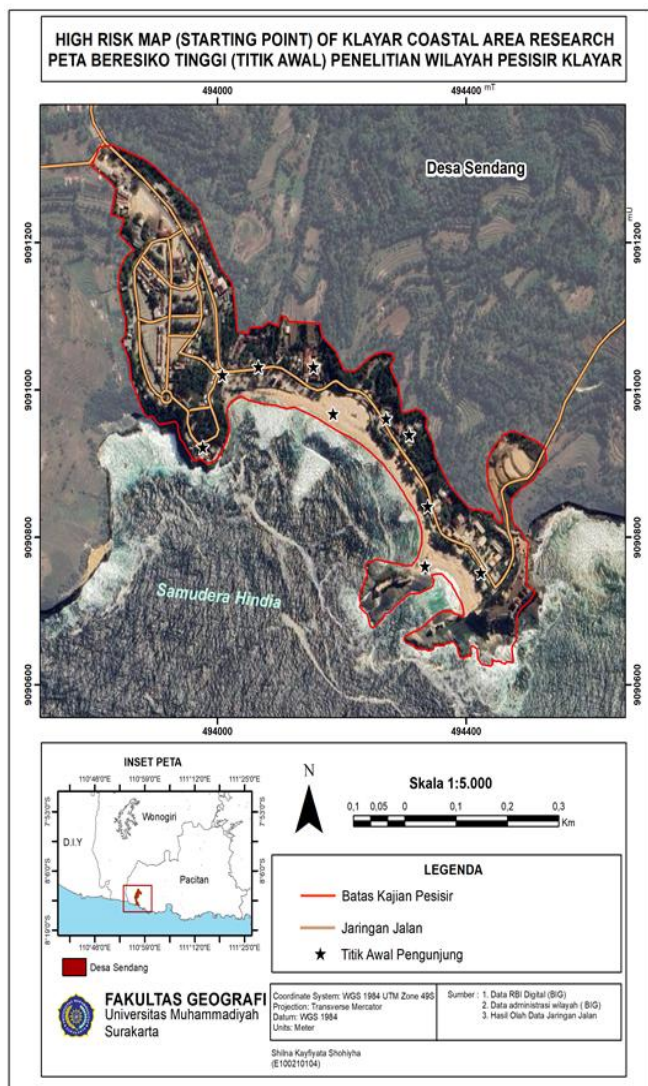
Peta Kontur



Gambar 6. Kontur Ketinggian Wilayah Pesisir Klayar

Peta Kontur Wilayah Pesisir Klayar karakteristik topografi wilayah pesisir menunjukkan variasi elevasi yang signifikan, mulai dari 0 hingga sekitar 70 meter di atas permukaan laut (mdpl). Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa integrasi data elevasi dan analisis spasial dalam Sistem Informasi Geografis mampu meningkatkan akurasi penentuan jalur evakuasi tsunami di wilayah pesisir rawan bencana (Putra et al., 2025). Pola tersebut mencerminkan dinamika bentang alam pesisir yang kompleks dan berpengaruh terhadap kerentanan serta potensi mitigasi bencana pesisir (Baru, Mardiatno & Marfai, 2024; Isdianto et al., 2021).

Peta Berisiko Tinggi (Titik Awal)



Gambar 7. Peta Berisiko Tinggi (Titik Awal) Wilayah Pesisir Klayar

Peta berisiko tinggi (titik awal) wilayah pesisir Klayar menunjukkan sebaran titik awal pengunjung yang berada di dalam batas kajian pesisir. Titik-titik tersebut ditentukan berdasarkan hasil survei lapangan

yang dilakukan langsung oleh penulis, dengan mempertimbangkan lokasi-lokasi yang paling ramai dikunjungi wisatawan. Survei lapangan dilakukan melalui observasi langsung terhadap aktivitas pengunjung, intensitas keramaian, serta fungsi ruang pada kawasan wisata pantai. Pendekatan ini digunakan untuk memastikan bahwa titik awal yang dianalisis merepresentasikan kondisi nyata pemanfaatan ruang oleh pengunjung di kawasan pesisir Klayar.

Penentuan titik awal berbasis keramaian pengunjung merupakan pendekatan yang umum digunakan dalam kajian kebencanaan pesisir, khususnya dalam analisis risiko tsunami dan perencanaan evakuasi. Lokasi yang memiliki konsentrasi aktivitas manusia tinggi cenderung memiliki tingkat risiko yang lebih besar apabila terjadi bencana, karena berpotensi menimbulkan korban dalam jumlah lebih banyak (BNPB, 2021; Suppasri et al., 2022). Oleh karena itu, pemilihan titik awal berdasarkan lokasi ramai pengunjung dinilai relevan dan tepat dalam konteks analisis risiko wilayah wisata pesisir.

Sebaran titik awal pada peta menunjukkan bahwa sebagian besar lokasi berada dekat dengan garis pantai dan terhubung langsung dengan jaringan jalan utama kawasan wisata. Kondisi ini mengindikasikan bahwa aktivitas wisata terkonsentrasi pada zona pesisir dengan elevasi rendah, yang secara geomorfologis merupakan area paling rentan terhadap dampak tsunami. Menurut penelitian terbaru, kombinasi antara kedekatan dengan garis pantai, kepadatan aktivitas manusia, dan keterbatasan waktu evakuasi menjadi faktor utama dalam meningkatkan risiko bencana di kawasan wisata pesisir (Esteban et al., 2021; Marfai et al., 2023).

Dengan demikian, titik awal yang ditetapkan pada penelitian ini tidak bersifat acak, melainkan didasarkan pada kondisi empiris lapangan yang mencerminkan pola kunjungan wisatawan. Titik-titik tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam analisis lanjutan, seperti simulasi jalur evakuasi, perhitungan waktu tempuh, dan evaluasi tingkat keterjangkauan menuju zona aman. Pendekatan berbasis survei lapangan ini memperkuat validitas penelitian karena mengintegrasikan data spasial dengan kondisi aktual di lapangan (BNPB, 2021).

Selain itu, penggunaan titik awal yang ditentukan berdasarkan survei lapangan oleh penulis memungkinkan analisis risiko yang lebih kontekstual dan realistis dibandingkan dengan penggunaan titik asumsi atau data sekunder semata. Pendekatan ini penting dalam kawasan wisata pesisir yang memiliki pola kunjungan dinamis dan tidak selalu tercatat secara formal. Penelitian-penelitian terbaru menekankan bahwa integrasi data observasi lapangan dengan analisis spasial dapat meningkatkan akurasi pemodelan risiko dan efektivitas perencanaan evakuasi, terutama di

kawasan dengan aktivitas wisata yang intensif (Fakhrurrazi et al., 2022; Marfai et al., 2023). Dengan demikian, titik awal yang ditetapkan dalam penelitian ini dapat merepresentasikan kondisi aktual di lapangan serta mendukung perumusan rekomendasi mitigasi bencana yang lebih aplikatif dan berorientasi pada keselamatan pengunjung.

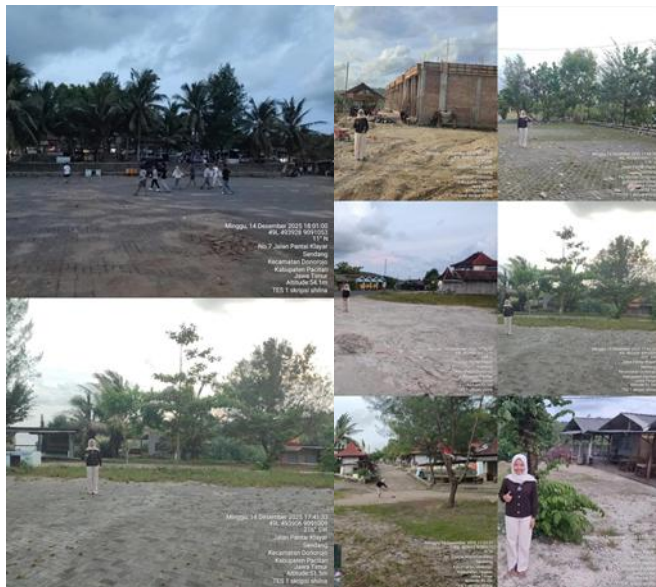
Peta Posisi Shelter TES

Kriteria-kriteria penentuan shelter evakuasi dalam merancang bangunan evakuasi yang efektif untuk menghadapi bencana gempa dan tsunami, terdapat beberapa komponen penting yang harus diperhatikan

Tabel 1. Kriteria-kriteria Penentuan Shelter Evakuasi (Stefanus, Albert. 2022).

No	Komponen	Kriteria
1	Struktur Bangunan	Tahan terhadap guncangan gempa dan gelombang tsunami
2	Ketinggian Bangunan	Perkiraan tinggi diatas genangan tsunami (Minimal 20 meter dan 4 lantai)
3	Fungsi bangunan	Sebagai sarana publik yang sementara (tidak boleh digunakan untuk kegiatan lain dengan waktu setiap harinya)
4	Aksesibilitas	Memiliki akses yang baik
5	Lokasi	Berada di zona aman
6	Kapasitas	Cukup menampung pengunjung selama evakuasi berlangsung

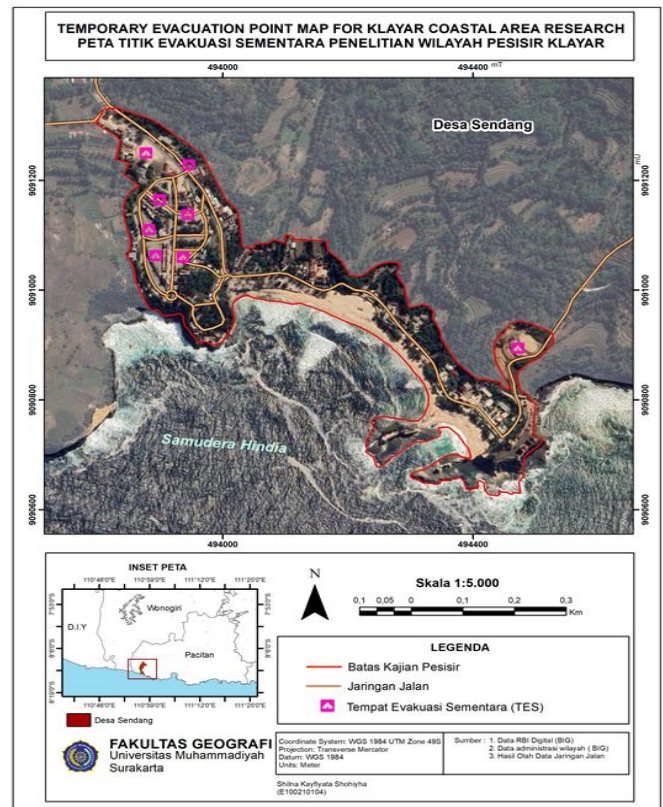
Sumber: Sintesis teori, diadaptasi dari (FEMA)



Gambar 8. Lokasi Evakuasi Sementara berdasarkan kriteria

Proporsi luas bangunan yang dapat digunakan sebagai ruang evakuasi ditentukan berdasarkan penilaian terhadap ketersediaan ruang yang masih dapat dimanfaatkan pada bangunan terpilih, baik dalam kondisi siang maupun malam hari. Penentuan daya tampung bangunan dilakukan dengan mempertimbangkan luas efektif ruang yang memungkinkan digunakan untuk evakuasi. Pada kondisi siang hari, bangunan diasumsikan berada dalam keadaan terpakai sebesar 100 persen. Meskipun demikian, masih terdapat beberapa ruangan di dalam

bangunan yang berpotensi dialihfungsikan sebagai ruang evakuasi sementara. Ruang-ruang tersebut umumnya merupakan area bersama, koridor, atau ruang terbuka dalam bangunan.



Gambar 9. Peta Titik Evakuasi Sementara Wilayah Pesisir Klayar

Pada malam hari, tingkat pemanfaatan bangunan diasumsikan lebih rendah dibandingkan siang hari. Kondisi ini memungkinkan peningkatan proporsi ruang yang dapat dimanfaatkan untuk evakuasi. Perbedaan kondisi siang dan malam berpengaruh terhadap kapasitas maksimum bangunan sebagai tempat evakuasi. Oleh karena itu, perhitungan daya tampung dilakukan secara terpisah untuk masing-masing kondisi waktu. Pendekatan ini bertujuan untuk menghasilkan estimasi kapasitas evakuasi yang lebih realistis. Dengan demikian, bangunan yang dipilih dapat dioptimalkan fungsinya sebagai ruang evakuasi dalam berbagai kondisi.

Data Jumlah Pengunjung

Data jumlah pengunjung Klayar pada bulan Oktober hingga November disajikan secara mingguan untuk menggambarkan variasi tingkat kunjungan wisatawan pada periode transisi menuju akhir tahun. Data ini digunakan secara khusus sebagai dasar dalam memperkirakan kepadatan aktivitas manusia di kawasan pada waktu tertentu, yang berimplikasi langsung terhadap perhitungan potensi risiko dan kebutuhan kapasitas evakuasi apabila terjadi bencana tsunami.

Tabel 2. Data Jumlah Pengunjung Klayar Dalam Kurun Waktu 2 Bulan

Minggu Ke -	Periode Tanggal	Jumlah Pengunjung (orang)
1	1-4 Oktober	3.248
2	5-11 Oktober	3.992
3	12-18 Oktober	4.313
4	19-25 Oktober	3.426
5	26-31 Oktober	845
1	1 November	2.357
2	2-8 November	4.208
3	9-15 November	3.724
4	16-22 November	3.596
5	23-30 November	3.476
Total		36.616

Sumber : Disparpora Kabupaten Pacitan, 2025

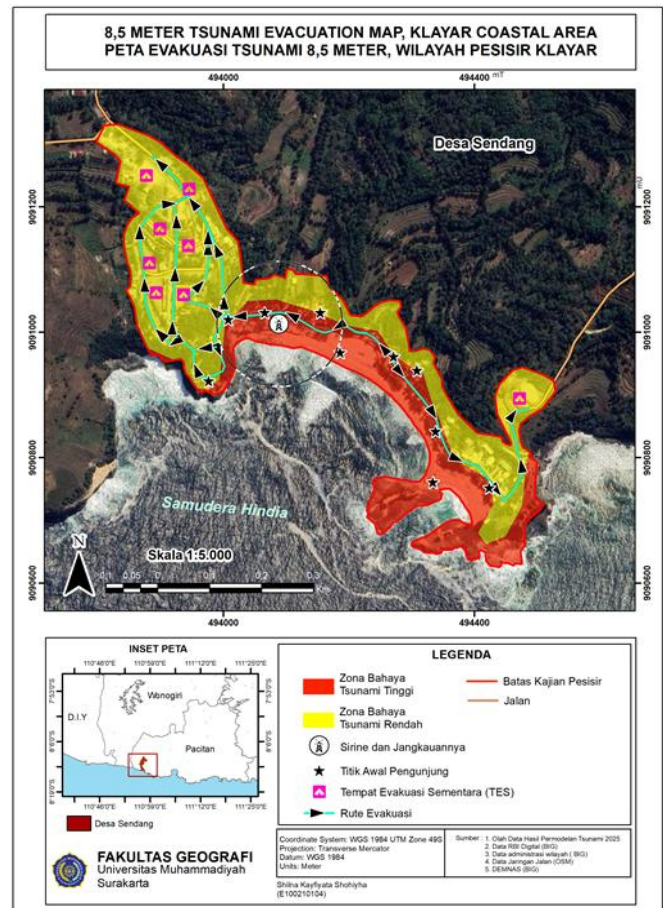
Dengan mengetahui jumlah pengunjung pada tiap minggu, analisis dapat difokuskan pada periode dengan tingkat kunjungan tertinggi sebagai skenario terburuk (worst-case scenario) dalam perencanaan jalur evakuasi dan strategi mitigasi bencana di Klayar.

Jumlah pengunjung Pantai Klayar selama bulan Oktober hingga November menunjukkan fluktuasi yang

cukup signifikan dengan total kunjungan sebanyak 36.616 orang. Pada awal Oktober, jumlah pengunjung tercatat sebesar 3.248 orang pada periode 1-4 Oktober dan meningkat menjadi 3.992 orang pada minggu kedua 5-11 Oktober, kemudian mencapai puncak tertinggi pada periode 12-18 Oktober dengan jumlah 4.313 orang. Setelah itu, jumlah pengunjung mengalami penurunan menjadi 3.426 orang pada periode 19-25 Oktober dan turun tajam pada akhir Oktober 26-31 Oktober dengan 845 orang, yang kemungkinan dipengaruhi oleh durasi periode yang lebih singkat

. Memasuki bulan November, jumlah pengunjung kembali meningkat dengan 2.357 orang pada tanggal 1 November dan mencapai 4.208 orang pada minggu kedua 2-8 November. Selanjutnya, jumlah kunjungan relatif stabil pada minggu-minggu berikutnya, yaitu 3.724 orang pada periode 9-15 November, 3.596 orang pada periode 16-22 November, dan 3.476 orang pada periode 23-30 November. Pola kunjungan ini menunjukkan bahwa Pantai Klayar memiliki tingkat aktivitas wisata yang tinggi dan cenderung stabil,

Peta Rute Evakuasi

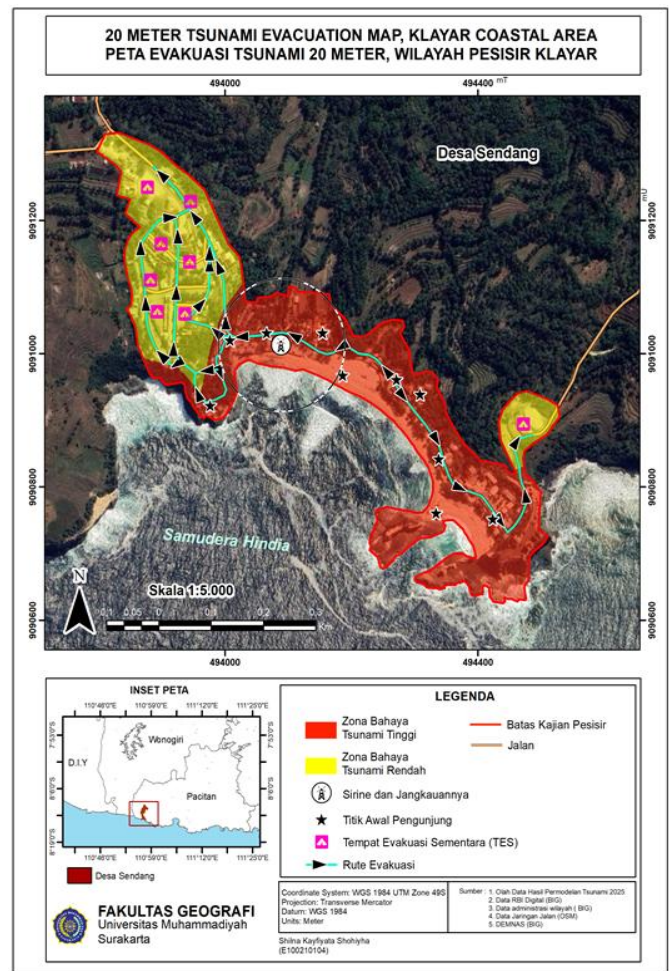


Gambar 10. Peta Titik Evakuasi Sementara Wilayah Pesisir Klayar

Tabel 3. Waktu Tempuh Evakuasi Tsunami 8,5 meter di Pesisir Klayar

Titik Awal	Tujuan (TES)	Panjang Rute (m)	Waktu (menit)	Keterangan
Pantai Klayar Barat	TES 1 (Bukit Barat)	420	5,4	Rute Landai-Menajak
Pantai Klayar Barat	TES 2 (Tengah)	510	6,5	Jalur terpadat Wisata
Area Teluk Tengah	TES 3 (Bukit Utara)	680	9,4	Elevasi meningkat signifikan
Pantai Klayar Timur	Tes 4 (Bukit Timur)	740	5,5	Rute Terpanjang
Pantai Klayar Timur	Tes 5 (Zona Kuning Timur)	460	5,5	Jalur relatif cepat
Area Parkir Wisata	Tes 2 (Tengah)	390	4,3	Akses Jalan baik

Sumber: Olah Data, Penulis



Gambar 11. Peta Titik Evakuasi Sementara Wilayah Pesisir Klayar

Tabel 4. Waktu Tempuh Evakuasi Tsunami 20 meter di Pesisir Klayar

Titik Awal	Tujuan (TES)	Panjang Rute (m)	Waktu (menit)	Keterangan
Pantai Klayar Barat	TES 1 (Bukit Barat-elevasi tinggi)	610	9,2	Tes masih aman
Pantai Klayar Barat	TES 2 (Tengah)	720	10,9	Akses Kritis
Area Teluk Tengah	Tes 3 (Perbukitan Utara)	890	14,8	Evakuasi wajib segera
Pantai Klayar Timur	Tes 4 (Bukit Timur)	980	16,3	Rute terjauh
Pantai Klayar Timur	TES Alternatif (Zona tinggi timur)	670	9,3	Jalur relatif efektif
Area Parkir Wisata	Tes 3 (Perbukitan Utara)	560	7,8	Akses masih memungkinkan

Kesimpulan

Pemetaan evakuasi tsunami di wilayah pesisir Klayar menunjukkan bahwa peningkatan skenario

tinggi gelombang dari 8,5 meter menjadi 20 meter secara signifikan memperluas zona bahaya tsunami tinggi dan meningkatkan waktu tempuh evakuasi. Beberapa jalur

evakuasi dan Tempat Evakuasi Sementara (TES) yang masih efektif pada skenario 8,5 meter menjadi kurang optimal pada skenario 20 meter. Oleh karena itu, perencanaan mitigasi tsunami di wilayah pesisir Klayar perlu mengacu pada skenario terburuk dengan memperhatikan ketersediaan TES pada elevasi lebih tinggi serta peningkatan kesiapsiagaan melalui sistem peringatan dini dan perencanaan evakuasi berbasis spasial.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam pelaksanaan penelitian ini.

References

- Alif, S. M., Sauri, M. S., & Perdana, R. S. (2021). Perubahan Kecepatan Subduksi Lempeng Indo-Australia terhadap Lempeng Sundaland akibat Gempa Bumi Samudera Hindia tahun 2016. *Jurnal Geosains dan Teknologi*, 4(3)
- BNPB. (2020). Rencana nasional penanggulangan bencana 2020–2024. Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- BNPB. (2021). Pedoman Penyusunan Rencana Evakuasi Bencana Tsunami. Jakarta: Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). Sage Publications.
- Esteban, M., et al. (2021). Human behavior and evacuation planning for tsunami risk reduction. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 62, 102–115.
- Gusman, A. R., Supendi, P., Nugraha, A. D., & Widiyantoro, S. (2021). Earthquake and tsunami hazard in southern Java, Indonesia. *Geophysical Journal International*, 225(2), 1374–1391. <https://doi.org/10.1093/gji/ggaa600>
- Jumadi, Danardono, & Fikriyah, V. N. (2021). Sistem informasi geografis dan aplikasinya di bidang geografi. Muhammadiyah University Press.
- Jumadi, J., Priyono, K. D., Sasmi, A. T., Saputra, A., & Gomez, C. (2024). Multi-Scenarios Tsunami Hazard and Evacuation Routes Using Seismic Data in Pacitan Bay, Indonesia. *International Journal of GEOMATE*, 26(116), 46–53.
- Marfai, M. A., et al. (2023). Coastal tourism vulnerability and disaster risk management in Indonesia. *Ocean & Coastal Management*, 232, 106–129.
- Orpin, A. R., Rickard, G. J., Gerring, P. K., & Lamarche, G. (2016). Tsunami hazard potential for the equatorial southwestern Pacific atolls of Tokelau from scenario-based simulations. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 16(5), 1239–1257.
- Putra, I. G. N. A., Santoso, A. B., & Saputra, I. G. B. (2025). Mapping tsunami disaster evacuation routes based on GIS. *Jurnal Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat UNRAM (JPPIPA)*.
- Sidik, V., Alfariji, M., & Nugroho, A. (2024). Analisis Tingkat Kerawanan dan Upaya Mitigasi Bencana Tsunami – Studi Kasus: Pesisir Kabupaten Tasikmalaya. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*.
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Sugiyono. (2022). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Suparno, S., Wiyono, R. U. A., & Hidayah, E. (2023). Tsunami Disaster Risk Assessment Using a Geographic Information System for Puger Sub-District, Jember Regency. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*.
- Suppasri, A., et al. (2022). Tsunami risk assessment and evacuation planning for coastal tourist areas. *Natural Hazards*, 114, 1457–1476.
- Suppasri, A., Muhari, A., Ranasinghe, P., Mas, E., & Imamura, F. (2019). Lessons learned from the 2018 Sulawesi tsunami: Hazard assessment and disaster mitigation. *Coastal Engineering Journal*, 61(4), 1–20. <https://doi.org/10.1080/21664250.2019.1656874>
- Tahir. (2018). Kajian kausalitas tipologi daerah pesisir dan pulau-pulau kecil sebagai paradigma perubahan pengelolaan ekosistem pesisir. Jurusan Geografi, FMIPA, Universitas Halu Oleo.
- ugimoto, M., Murakami, H., Kozuki, Y., Nishikawa, K., & Shimada, T. (2019). A human damage prediction method for tsunami disasters based on evacuation behavior. *Natural Hazards*, 97, 1–21. <https://doi.org/10.1007/s11069-019-03624-4>
- Widiyantoro, S., Nugraha, A. D., Supendi, P., & Pesicek, J. D. (2020). Implications of megathrust earthquakes and tsunamis in the Sunda subduction zone. *Nature Scientific Reports*, 10, 15274. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72187-0>