

PETA JALUR EVAKUASI BENCANA TSUNAMI DI WILAYAH PESISIR KABUPATEN PANGANDARAN BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

(*Tsunami Disaster Evacuation Route Map in Coastal Area of Pangandaran Regency
Based on Geographic Information System*)

Mohamad Mahfudz, Rudie R. Admawidjaja, Yudi Firmansyah
Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Pakuan
Jl. Pakuan, Tegalega, Kecamatan Bogor Tengah, Kota Bogor Jawa Barat
E-mail: mohamadmahfudz@unpak.ac.id

Diterima: 5 Februari 2024; Direvisi 12 Maret 2024; Disetujui untuk Dipublikasikan 29 April 2024

ABSTRAK

Tsunami Kabupaten Pangandaran tanggal 17 Juli 2006 menimbulkan kerugian yang sangat besar baik dalam kehidupan manusia maupun infrastruktur. Kurangnya informasi dan tidak adanya peta jalur evakuasi menyebabkan banyak korban jiwa dan harta benda. Pembuatan peta jalur evakuasi menjadi sangat penting untuk dikaji guna mengurangi kerugian di masa mendatang dengan tetap memperhatikan kondisi wilayah Kabupaten Pangandaran. Penentuan jalur evakuasi dalam penelitian ini menggunakan metode *Network Analysis* dikombinasikan dengan SIG (Sistem Informasi Geografis). Metode ini menggunakan data jaringan jalan dan dapat menggunakan tanda *stop* secara manual agar tidak memilih jalur yang diberi tanda *stop* tersebut pada jalan yang berada di zona bahaya. Pembuatan data set jaringan jalan dilakukan dengan menentukan terlebih dahulu panjang dan waktu tempuh setiap segmen jalan melalui atribut spasialnya. Sedangkan data set jaringan jalan merupakan data masukan (*input*) untuk membuat rencana jalur evakuasi dengan menggunakan *Network Analysis*. Peta keterpaparan bahaya bencana tsunami di wilayah pesisir Kabupaten Pangandaran dibagi menjadi 5 tingkatan, yaitu kategori sangat tinggi berada di wilayah Kecamatan Parigi dengan luas 43,56% dari luas wilayah; kategori tinggi berada di wilayah Kecamatan Parigi dengan luas 49,92% dari luas wilayah; kategori sedang berada di wilayah Kecamatan Kalipucang dengan luas 57% dari luas wilayah; kategori rendah berada di Kecamatan Sidamulih dengan luas 8,74% dari luas wilayah; dan kategori sangat rendah berada di wilayah Kecamatan Sidamulih dan Parigi dengan luas 0,02% dari luas wilayah.

Kata Kunci: Peta jalur evakuasi, Pangandaran, SIG, Tsunami

ABSTRACT

The tsunami in Pangandaran Regency on July 17, 2006, resulted in significant losses both in terms of human lives and infrastructure. The lack of information and the absence of evacuation route maps led to numerous casualties and property damage. The creation of evacuation route maps is crucial to mitigate future losses while maintaining the conditions of the Pangandaran Regency area. In this study, the determination of evacuation routes utilizes Network Analysis combined with GIS (Geographic Information System). This method utilizes road network data and can manually designate stop signs to avoid selecting routes marked with these signs in hazardous zones. The creation of a road network dataset involves determining the length and travel time of each road segment through its spatial attributes. The road network dataset serves as input for devising evacuation route plans using Network Analysis. The hazard exposure map for tsunami disasters in the coastal areas of Pangandaran Regency is divided into 5 levels: very high, located in Parigi District covering 43.56% of the area; high, also in Parigi District covering 49.92% of the area; moderate exposure level in Kalipucang District covering 57% of the area; low exposure category in Sidamulih District covering 8.74% of the area; and very low, found in both Sidamulih and Parigi Districts covering 0.02% of the area.

Keywords; Evacuation route map, GIS, Pangandaran, Tsunami

PENDAHULUAN

Berbagai bencana alam seperti gempabumi, gelombang badai, gelombang tsunami, banjir, dan lainnya, terjadi setiap tahun di berbagai belahan dunia. Untuk memperkirakan tingkat bencana secara kuantitatif, perlu untuk memperkirakan

perilaku fenomena alam yang menyebabkan bencana alam (Uno & Kashiyama, 2008). Tsunami juga sering dianggap sebagai gelombang air pasang. Hal ini terjadi karena pada saat mencapai daratan, gelombang tsunami lebih menyerupai air pasang yang tinggi daripada menyerupai ombak biasa yang mencapai pantai secara alami oleh

tiupan angin. Namun sebenarnya gelombang tsunami sama sekali tidak berkaitan dengan peristiwa pasang surut air laut. Karena itu untuk menghindari pemahaman yang salah, para ahli oseanografi sering menggunakan istilah gelombang laut *seismic* untuk menyebut tsunami yang secara ilmiah (Power & Leonard, 2013).

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki ancaman terhadap bencana gempa bumi dan tsunami. Hal ini dikarenakan Indonesia berada di antara tiga lempeng dunia, yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik. Lempeng-lempeng ini mengalami pergerakan yang dapat menyebabkan terjadinya gangguan-gangguan di dasar laut berupa gempa bumi tektonik, longsor lempeng di dasar laut, dan letusan gunung api di dasar laut (Hadi & Astrid 2017).

Pada rentang tahun 1629 sampai 2000, terdapat 108 kejadian tsunami, yang terdiri dari 98 (90,7%) tsunami yang disebabkan oleh gempa bumi, 9 (8,3%) oleh erupsi gunung api, dan 1 (1%) karena longsor. Tingginya kejadian tsunami di Indonesia itu berkaitan erat dengan tatanan tektonik (*tectonic setting*) kepulauan Indonesia (Tejakusuma, 2008). Total ada 110 tsunami yang terjadi di Indonesia. Di antara 110 tsunami tersebut, 100 tsunami disebabkan oleh gempa bumi, sembilan tsunami disebabkan oleh letusan gunung berapi, dan satu tsunami oleh disebabkan oleh tanah longsor (Febrina et al., 2020).

Tsunami yang disebabkan oleh gempa bumi merupakan faktor utama terjadinya tsunami di Indonesia. Pusat gempa berhubungan erat dengan zona subduksi dan menyebabkan jalur gempa yang terjadi sering melewati zona subduksi (Febrina et al., 2020). Kabupaten Pangandaran merupakan kabupaten yang cukup terkenal. Pada 2016, terdapat 2.459.096 pengunjung yang mengunjungi tempat wisata di Kabupaten Pangandaran. Dari jumlah tersebut, 56% pengunjung mengunjungi wisata Pantai Pangandaran. Hal tersebut menjadi bukti bahwa Pantai Pangandaran menjadi bagian dari destinasi tempat wisata favorit (Putra Sandrika et al., 2020). Pantai Pangandaran ialah salah satu dari beberapa pantai yang berada di selatan Pulau Jawa yang letaknya berada pada zona tumbukan (subduksi) antara Lempeng Indo-Australia dan Eurasia sehingga menyebabkan Pantai Pangandaran rawan akan terjadinya gempa bumi dan tsunami (Lestari et al., 2023). Daerah Pesisir Selatan Kabupaten Pangandaran yang memiliki riwayat tsunami dengan ketinggian run up tsunami mencapai 15,7 meter pada tahun 2006 berdasarkan data BPBD Kabupaten Pangandaran (Nurwatik et al., 2022). Ketika tsunami di Pangandaran terjadi pada 2006, sistem peringatan dini tsunami Indonesia masih dalam proses pengembangan. Sistem pelampung penilaian laut dalam dan

pelaporan tsunami belum dikerahkan dan 160 jaringan seismograf dan pengukur pasang surut di sepanjang perairan Indonesia masih dalam proses pembangunan.

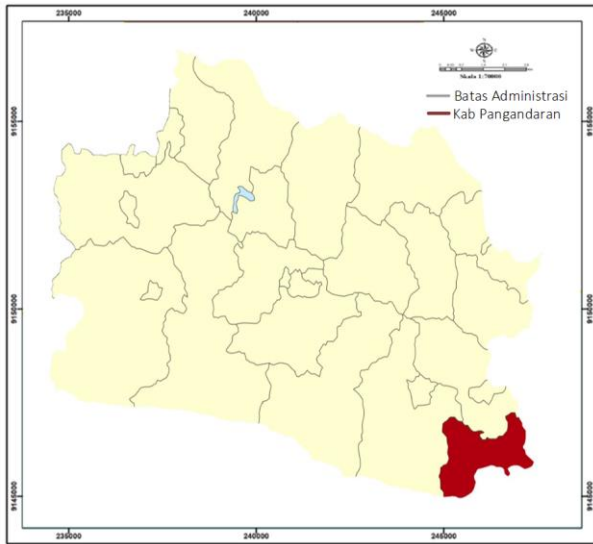
Berdasarkan survei yang dilakukan, dapat diketahui bahwa tidak semua masyarakat setempat merasakan guncangan gempa bumi yang kuat. Kesadaran dan informasi tsunami ditemukan tidak merata. Sebanyak lebih dari 90% masyarakat tidak pernah diberikan informasi tentang tsunami di 2 dari 5 desa. Umumnya, sebagian besar responden mulai mengungsi ketika melihat gelombang tsunami dan melihat orang lain mengungsi (Sujatmiko, 2021). Kurangnya sistem peringatan tsunami yang efektif sering menjadi penyebab tingginya angka kematian saat tsunami melanda Indonesia. Namun, terdapat faktor lain yang mempengaruhi kematian yaitu skala gelombang masuk, kurangnya kesadaran masyarakat, kurangnya kesiapan, hingga komunikasi yang tidak efektif sebelum dan selama evakuasi (Wargadalam et al., 2021).

Struktur data jaringan adalah salah satu representasi paling awal dalam sistem informasi geografis (SIG), dan analisis jaringan tetap menjadi salah satu yang paling signifikan. Analisis jaringan memiliki dasar teoritis yang kuat dalam disiplin matematika teori graf dan topologi. Hal tersebut memiliki hubungan topologi yang melekat dalam jaringan yang mengarah pada kemajuan revolusioner dalam struktur data SIG (Curtin, 2007). *Network Analysis* merupakan salah satu *tools* dalam perangkat lunak ArcGIS yang dapat digunakan untuk menganalisis suatu objek di permukaan bumi berdasarkan rangkaian jaringan yang berada di sekitarnya. Misalnya rangkaian jaringan transportasi, rangkaian jaringan listrik, dan sebagainya. *Network Analysis* tergolong salah satu jenis pemodelan spasial yang digunakan untuk menjawab beberapa pertanyaan mengenai jarak, ketepatan waktu, dan cakupan area (Tistariawan & Nugraha, 2020). ArcGIS *Network Analysis* merupakan salah satu *extension* yang disediakan pada *software* ArcGis yang memiliki kemampuan untuk melakukan analisis jaringan, dimana dalam melakukan analisis jaringan *Network Analysis* akan menemukan jalur dengan impedansi yang paling kecil. Yang termasuk jaringan pada *Network Analysis* yaitu jaringan jalan, jaringan kabel listrik, jaringan sungai, serta jaringan pipa (Buana, 2012).

METODE

Lokasi Penelitian

Geografis wilayah Kabupaten Pangandaran berada pada 108°30' sampai dengan 108°40' bujur timur dan 7°40'20" sampai dengan 7°50'20" lintang selatan. Luas wilayah Kabupaten Pangandaran secara keseluruhan mencapai 101.092 hektare (**Gambar 1**).



Gambar 1. Lokasi penelitian.

Analisis spasial sangat efektif dalam memvisualisasikan pengolahan dan analisis data secara cepat, akurat, dan praktis. Hal ini mempercepat proses pengambilan keputusan di bidang yang sedang dikaji. Dalam penelitian ini, pengumpulan data merupakan langkah pertama yang dilakukan, yang kedua melakukan proses analisis data dan yang terakhir adalah hasil. Perangkat lunak untuk pengolahan data dalam penelitian ini adalah Envi 5.3 dan ArcGIS 10.3. Lebih jelasnya proses pengolahan data dapat dilihat pada diagram alir **Gambar 2**.

Digital Elevation Model (DEM)

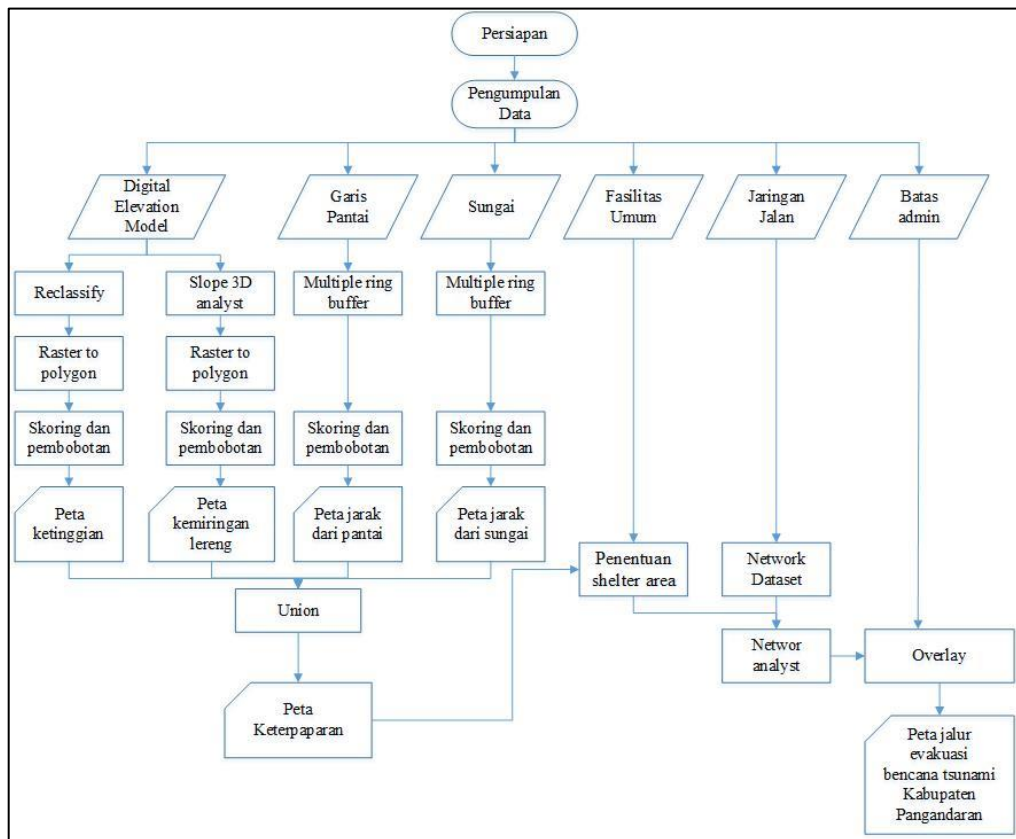
Data DEM secara nasional dikeluarkan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG). DEM ini disebut dengan DEMNAS (DEM Nasional). DEMNAS merupakan integrasi data ketinggian yang meliputi data IFSAR (resolusi 5m), TERRASAR-X (resolusi 5m) dan ALOS PALSAR (11,25m). Dengan beberapa macam data DEMNAS mempunyai resolusi spasial 0,27 arc-second (Iswari & Anggraini, 2018).

Skoring dan Pembobotan

Metode skoring adalah suatu metode pemberian skor atau nilai terhadap masing-masing nilai parameter berdasarkan kriteria yang telah ditentukan. Metode pembobotan atau metode *weighting* adalah suatu metode yang digunakan apabila setiap parameter memiliki peranan yang berbeda-beda. Pembobotan dipakai jika objek penelitian memiliki beberapa parameter untuk menentukan kemampuan lahan atau sejenisnya (Sholikhan et al., 2019). Skoring dan pembobotan tersebut dilakukan untuk menentukan nilai bahaya. Secara matematis skoring dan pembobotan tersebut dilakukan dengan menggunakan **Persamaan 1**.

$$x = \sum_{i=1}^{\infty} (W_i * X_i) \dots\dots\dots(1)$$

di mana:
 X = Nilai bahaya
 W_i = Bobot untuk parameter ke-i
 X_i = Skor kelas pada parameter ke-i



Gambar 2. Diagram alir penelitian.

Pemberian skor dan bobot pada masing-masing kelas keterpaparan berdasarkan empat (4) parameter yaitu jarak dari garis pantai, ketinggian, wilayah lereng, dan jarak dari sungai (Tabel 1). Pada level parameter tersebut diberikan skor dan bobot kemudian di-overlay untuk mendapatkan tingkat kerentanan. Parameter dibuat setelah menerapkan overlay berbobot menggunakan analisis spasial (Jankowski, 1995).

Tabel 1. Parameter keterpaparan.

Parameter	Kelas	Skor	Bobot
Jarak dari garis pantai (m)	0 – 5000	5	30
	501 – 1000	4	
	1001 – 1500	3	
	1501 – 3000	2	
	>3000	1	
Ketinggian (m)	>10	5	30
	11 – 25	4	
	26 – 50	3	
	51 – 100	2	
	> 100	1	25
Wilayah lereng (%)	0 – 2	5	
	3 – 5	4	
	6 – 15	3	
	16 – 40	2	
	>40	1	15
Jarak dari sungai	0 – 100	5	
	101 - 200	4	
	201 – 300	3	
	301 – 500	2	
	>500	1	

Waktu Tempuh

Jarak jalur evakuasi dari titik awal menuju shelter area berkaitan dengan waktu yang dibutuhkan korban untuk menyelamatkan diri berdasarkan kecepatan rata-rata orang dewasa berlari yaitu 47 m/16,5 detik (Andreas et al., 2021). Rumus untuk menghitung waktu yang dibutuhkan terhadap jarak jalur evakuasi dijabarkan sebagai berikut:

Waktu tempuh = $\frac{L}{V} \times t \dots\dots\dots(2)$

- di mana:
- L = Jarak bibir pantai ke Shelter
- V = Kecepatan Berlari
- t = Faktor Pengali

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jarak dari Garis Pantai

Data yang digunakan untuk membuat peta jarak dari garis pantai yaitu shapefile garis pantai dengan bantuan tool multiple ring buffer. Jarak yang digunakan untuk membuat peta tersebut yaitu radius 0-500 m, 501-1.000 m, 1.001-1.500 m, 1.501-3.000 m, dan 3.001-5.000 m. Jarak terjauh diasumsikan 5.000 m karena potensi terpapar tsunami akan lebih kecil apabila jarak dari pantai semakin jauh. Peta jarak dari garis pantai diperoleh berdasarkan hasil reklasifikasi nilai menggunakan metode Quantil yang menggambarkan tingkat

keterpaparan dibagi ke dalam 5 (lima) kelas (Tabel 2).

Tabel 2. Pengkelasan keterpaparan jarak dari pantai.

Jarak (m)	Skor	Bobot	Skor* Bobot (x)	Kelas Keterpaparan
0-500	5		150	Sangat tinggi
501-1.000	4		120	Tinggi
1.001-1.500	3	30	90	Sedang
1.501-3.000	2		60	Rendah
3.001-5.000	1		30	Sangat rendah

Ketinggian dan Kemiringan Lereng

Ketinggian yang rendah disertai dengan debit yang relatif lebih tinggi dan lebih cepat maka menyebabkan gelombang air yang tinggi (Sowmya et al., 2015). Lereng yang lebih curam lebih rentan terhadap permukaan limpasan, sedangkan daerah datar rentan terhadap genangan air (Ouma & Tateishi, 2014). Laju aliran air berbanding terbalik dengan sudut kemiringan, sehingga permukaan aliran meningkat di daerah lereng yang lebih tinggi, tetapi ketika tiba-tiba terjadi penurunan terhadap lereng, maka sejumlah besar air menjadi tidak bergerak dan mengakibatkan situasi banjir (Fernández & Lutz, 2010).

Ada korelasi positif secara signifikan antara permukaan kecepatan aliran dan kemiringan suatu daerah (Li et al., 2012). Kemiringan juga mengarahkan aliran air yang tidak putus-putus pada suatu wilayah dan menjadi indikator terhadap kerawanan banjir (Fox et al., 1997).

Tabel 3. Pengkelasan ketinggian.

Tinggi (m)	Skor	Bobot	Skor* Bobot (x)	Kelas Keterpaparan
<10	5		150	Sangat tinggi
11-25	4		120	Tinggi
26-50	3	30	90	Sedang
51-100	2		60	Rendah
>100	1		30	Sangat rendah

Tabel 4. Pengkelasan kemiringan tanah.

Kemiringan (%)	Skor	Bobot	Skor* Bobot (x)	Kelas Keterpaparan
0-2	5		125	Sangat tinggi
3-5	4		100	Tinggi
6-15	3	25	75	Sedang
16-40	2		50	Rendah
>40	1		25	Sangat rendah

Untuk menentukan ketinggian dibuat menggunakan data digital elevation model (DEM) dengan bantuan tool reclassify. Tool tersebut akan mengkelaskan ketinggian dari data DEM dalam format raster. Data raster harus diubah menjadi data vector menggunakan tool raster to polygon agar data tersebut dapat ditambahkan informasi

berupa data *attribute*. Semakin tinggi permukaan tanah, maka tingkat keterpaparan suatu wilayah terhadap tsunami semakin kecil. Sedangkan informasi tentang pengkelasan ketinggian, skor, bobot, dan tingkat keterpaparan dijabarkan pada **Tabel 3**. Tingkat kemiringan tanah semakin tinggi juga mengurangi resiko terdampak oleh tsunami (**Tabel 4**).

Keterpaparan

Infrastruktur atau masyarakat yang berada di zona bahaya tsunami secara langsung terkena potensi tsunami sehingga berisiko terpapar (Steinritz et al., 2021). Berdasarkan distribusi spasial populasi keterpaparan terhadap bahaya tergantung dari waktu, terutama di daerah dengan kepadatan penduduk yang tinggi. Karena aktivitas manusia, mobilitas distribusi dan kepadatan populasi sangat bervariasi dalam siklus harian (Freire et al., 2011). Faktor penentu keterpaparan suatu wilayah terhadap bencana tsunami dipengaruhi oleh jarak dari pantai, ketinggian, kemiringan lereng, dan jarak dari sungai. Luasan terdampak tiap kecamatan terhadap bencana tsunami dilihat dari jumlah nilai bahaya, hal tersebut dapat dilihat pada **Tabel 5**. **Tabel 5** menunjukkan

bahwa $\sum x$ paling tinggi yaitu 500 dan $\sum x$ paling rendah adalah 100, maka untuk kelas keterpaparannya yaitu 0-100 (sangat rendah), 101-200 (rendah), 201-300 (sedang), 301-400 (tinggi), 401-500 (sangat tinggi).

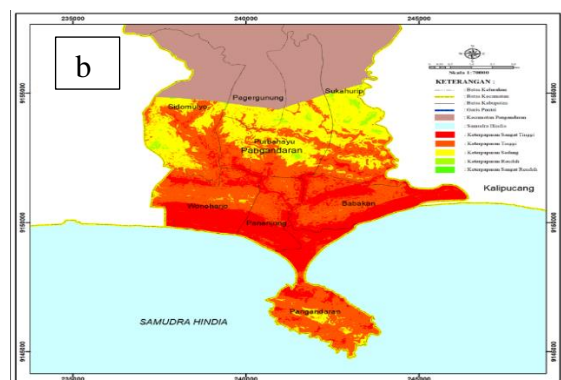
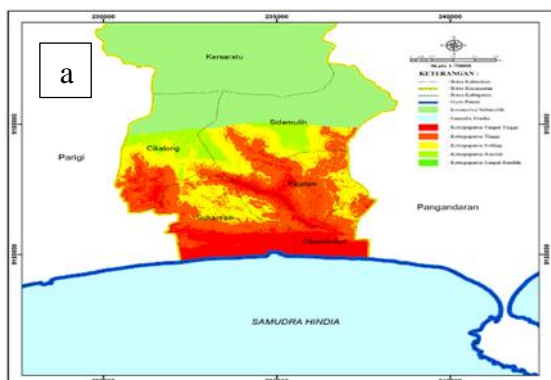
Tabel 5. Pengkelasan keterpaparan bahaya tsunami.

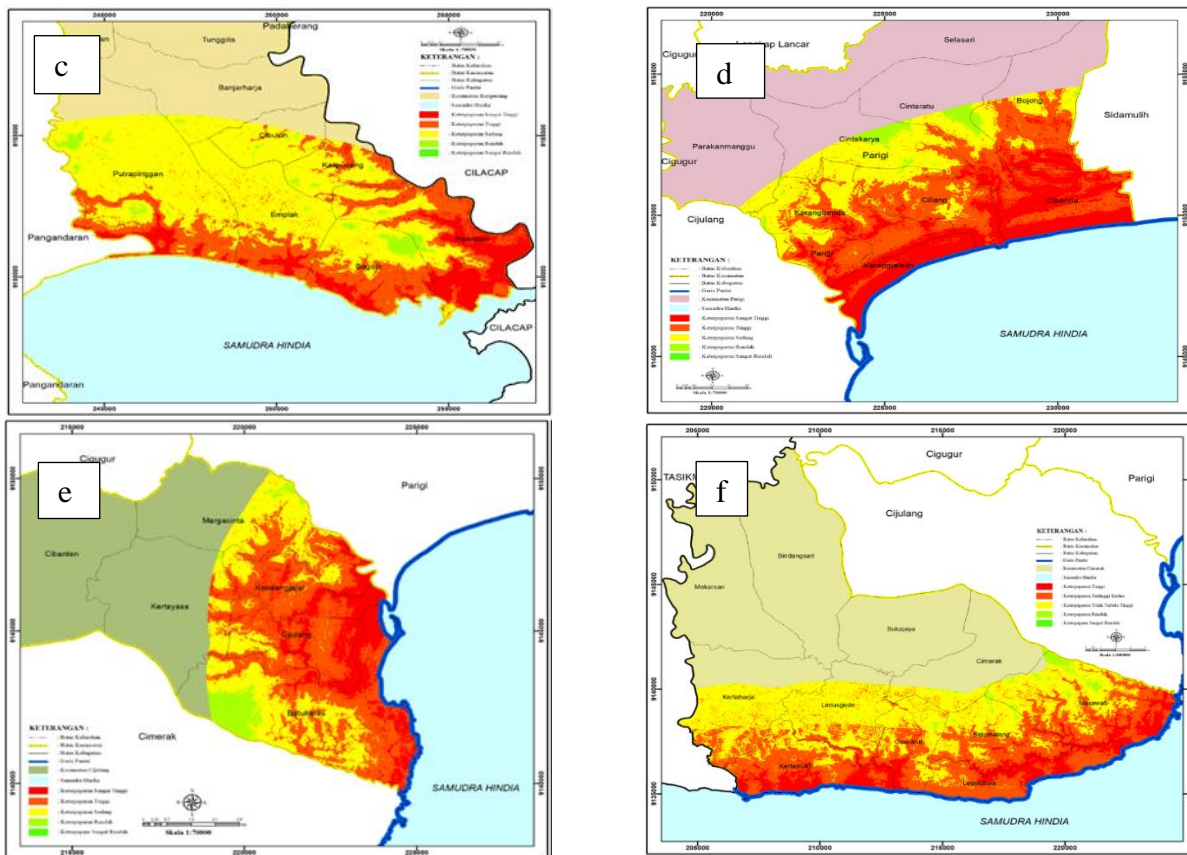
x jarak dari pantai	x Ketinggian	x Kemiringan	x Sungai	$\sum x$	Kelas
150	150	125	75	500	Sangat tinggi
120	120	100	60	400	Tinggi
90	90	75	45	300	Sedang
60	60	50	30	200	Rendah
30	30	25	15	100	Sangat rendah

Tabel 6 menggambarkan kecamatan yang terpapar bahaya tsunami berdasarkan persentase dari total wilayah di masing-masing kecamatan. Data tersebut menunjukkan keterpaparan sangat tinggi berada di Kecamatan Parigi sebesar 43,56% dari total luas wilayah 3.554,3 hektare. Sedangkan keterpaparan sangat rendah berada di Kecamatan Kalipucang (0%). Peta keterpaparan tiap kecamatan dari bahaya tsunami dapat dilihat pada **Gambar 3**

Tabel 6. Data keterpaparan di Pesisir Kabupaten Pangandaran.

Kecamatan	Luas Area Terpapar Keseluruhan (hektare)	Luas Area Berdasarkan Kelas Terpapar (hektare)				
		Sangat tinggi	Tinggi	Sedang	Rendah	Sangat Rendah
Kalipucang	6.045,64	826,37 13,67%	1.560,12 25,80%	3.484,42 57,63%	174,72 2,89%	0,00 0,00%
Pangandaran	4.303,38	1221,64 28,39%	1922,15 44,67%	1107,21 25,73%	52,06 1,21%	0,32 0,01%
Sidamulih	3.149,40	792,44 25,16%	1175,73 37,33%	905,43 28,75%	275,18 8,74%	0,62 0,02%
Parigi	3.554,30	1548,24 43,56%	1774,44 49,92%	70,70 1,99%	160,16 4,51%	0,76 0,02%
Cijulang	4.080,05	820,01 20,10%	1809,57 44,35%	1249,98 30,64%	200,01 4,90%	0,49 0,01%
Cimerak	9.373,69	1319,63 14,08%	3576,38 38,15%	4329,28 46,18%	147,34 1,57%	1,06 0,01%





Gambar 3. Peta keterpaparan a. Kecamatan Kalipucang, b. Kecamatan Pangandaran, c. Kecamatan Sidamulih, d. Kecamatan Parigi, e. Kecamatan Cijulang, f. Kecamatan Cimerak.

Kecamatan Kalipucang

Jalur terpendek evakuasi tsunami yaitu 47,71 m dan jalur terpanjang yaitu 8.629,76 m, panjang jalur evakuasi erat kaitannya dengan waktu yang dibutuhkan korban tsunami untuk menyelamatkan diri menuju *shelter area*. Kecepatan rata-rata orang dewasa berlari yaitu 50 m/16,5 detik. Wilayah terpapar di Kecamatan Kalipucang memiliki luas 6045,64 Ha dengan tingkat keterpaparan rendah sampai dengan sangat tinggi. Kecamatan Kalipucang memiliki jumlah fasilitas umum untuk *shelter area* yaitu 17 unit yang terdiri dari fasilitas pendidikan, kantor kepala desa dan masjid dengan jumlah jalur evakuasi 53 jalur.

Kecamatan Pangandaran

Jalur terpendek evakuasi tsunami yaitu 1,28 m dan jalur terpanjang yaitu 4996,42 m, panjangnya jalur evakuasi erat kaitannya dengan waktu yang dibutuhkan korban tsunami untuk menyelamatkan diri menuju *shelter area*. Kecepatan rata-rata orang dewasa berlari yaitu 50 m/16,5 detik. Wilayah terpapar di Kecamatan Pangandaran memiliki luas 4303,38 Ha dengan tingkat keterpaparan sangat rendah sampai dengan sangat tinggi. Kecamatan Pangandaran memiliki jumlah fasilitas umum untuk *shelter area* yaitu 23 unit yang terdiri dari fasilitas pendidikan, kantor kepala desa dan masjid dengan jumlah jalur evakuasi 68 jalur.

Kecamatan Sidamulih

Kecamatan Sidamulih memiliki luas wilayah terpapar tsunami yaitu 3149,40 Ha dengan tingkat keterpaparan sangat rendah sampai dengan tertinggi. Kecamatan Sidamulih memiliki jumlah fasilitas umum untuk menyelamatkan diri apabila terjadi tsunami yaitu 21 unit yang terdiri dari fasilitas kesehatan, fasilitas pendidikan, masjid dan kantor kepala desa. Terdapat 39 jalur evakuasi dengan jarak terpendek adalah 8,47 m dan jarak terjauh adalah 3711,97 m. Panjangnya jalur evakuasi menuju *shelter area* erat kaitannya dengan waktu yang dibutuhkan korban untuk menyelamatkan diri. Kecepatan rata-rata orang dewasa berlari yaitu 50 m/16,5 detik.

Kecamatan Parigi

Kecamatan Parigi luas wilayah terpapar yaitu 3554,35 Ha dengan tingkat keterpaparan sangat rendah sampai dengan sangat tinggi. Kecamatan Parigi memiliki jumlah fasilitas umum untuk *shelter area* yaitu 18 unit yang terdiri dari masjid dan sarana pendidikan. Terdapat 56 jalur evakuasi dengan jarak terdekat adalah 29,40 m dan jarak terjauh adalah 6791,04 m. Panjangnya jalur evakuasi menuju *shelter area* erat kaitannya dengan waktu yang dibutuhkan korban untuk menyelamatkan diri. Kecepatan rata-rata orang dewasa berlari yaitu 50 m/16,5 detik, maka hubungan jarak terhadap waktu tempuh yang di butuhkan korban menuju *shelter area*.

Kecamatan Cijulang

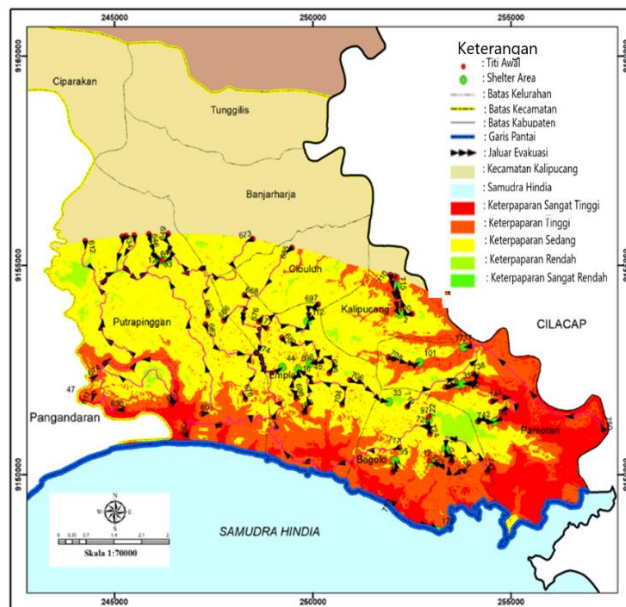
Kecamatan Cijulang memiliki luas wilayah terpapar tsunami yaitu 4080,05 Ha dengan kelas keterpaparan sangat rendah sampai dengan sangat tinggi. Kecamatan tersebut memiliki fasilitas umum untuk shelter area yaitu 14 unit yang terdiri sarana pendidikan, masjid dan kantor kepala desa dengan jalur evakuasi sebanyak 31 jalur, jalur terdekat evakuasi yaitu 44,10 m dan jalur terjauh yaitu 6262,67 m. Panjangnya jalur evakuasi menuju shelter area erat kaitannya dengan waktu yang dibutuhkan korban untuk menyelamatkan diri. Kecepatan rata-rata orang dewasa berlari yaitu 50 m/16,5 detik, maka hubungan jarak terhadap waktu tempuh yang di butuhkan korban menuju shelter area.

Kecamatan Cimerak

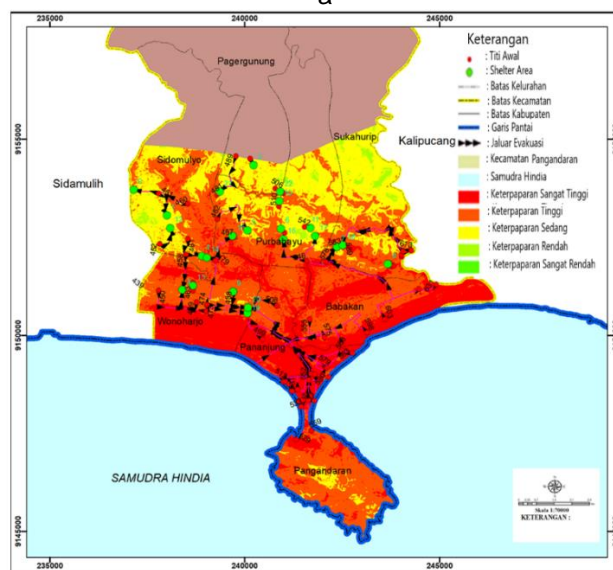
Kecamatan Cimerak memiliki luas wilayah terpapar yaitu 9373,69 Ha dengan tingkat

keterpaparan mulai dari sangat rendah sampai dengan sangat tinggi. Kecamatan tersebut memiliki shelter area sebanyak 26 unit yang terdiri dari masjid, fasilitas pendidikan, fasilitas perdagangan, fasilitas kesehatan dan kantor kepala desa dengan jalur evakuasi sebanyak 63 jalur, jalur terdekat yaitu 21,21 m dan jalur terjauh yaitu 7282,35 m. Panjangnya jalur evakuasi menuju shelter area erat kaitannya dengan waktu yang dibutuhkan korban untuk menyelamatkan diri. Kecepatan rata-rata orang dewasa berlari yaitu 50 m/16,5 detik, maka hubungan jarak terhadap waktu tempuh yang di butuhkan korban menuju shelter area.

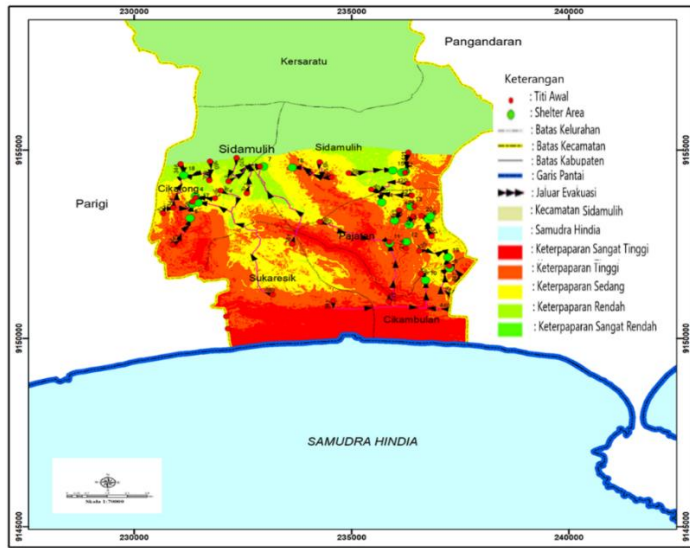
Keterpaparan dimasing-masing Kecamatan untuk memudahkan dibuat dalam bentuk peta evakuasi tsunami yang komprehensif dan informatif untuk membantu penduduk Kabupaten Pangandaran dalam menghadapi potensi bencana tsunami dengan lebih siap dan efektif. Peta keterpaparan tiap Kecamatan dari bahaya tsunami dapat dilihat pada **Gambar 4**.



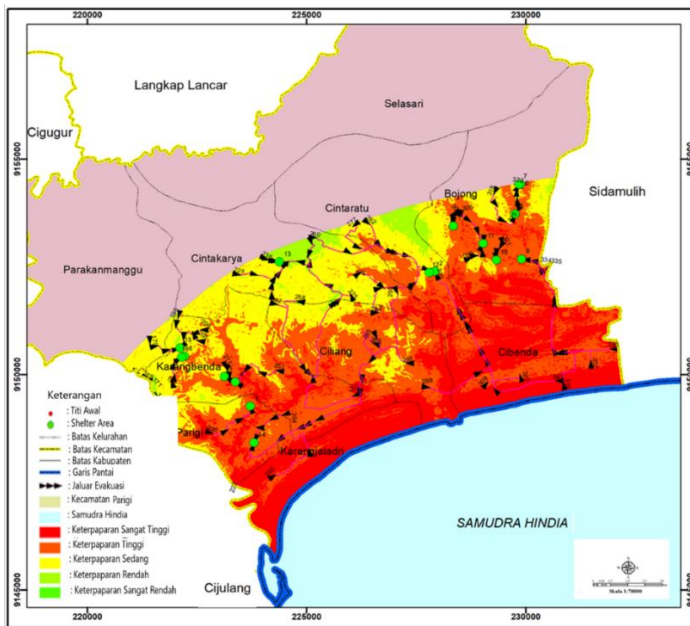
a



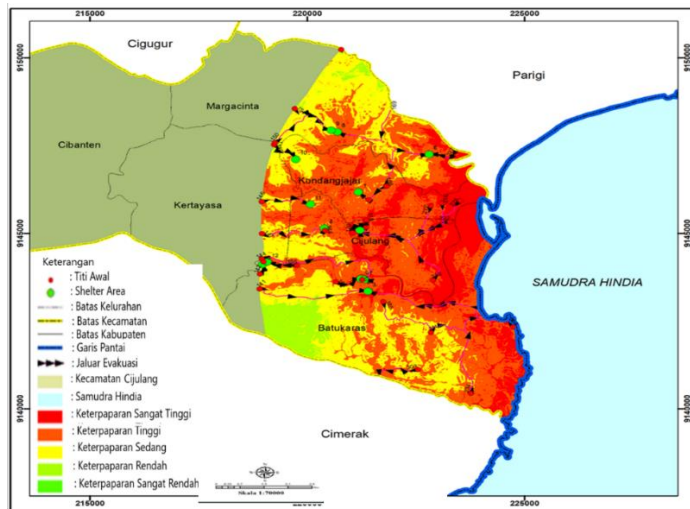
b



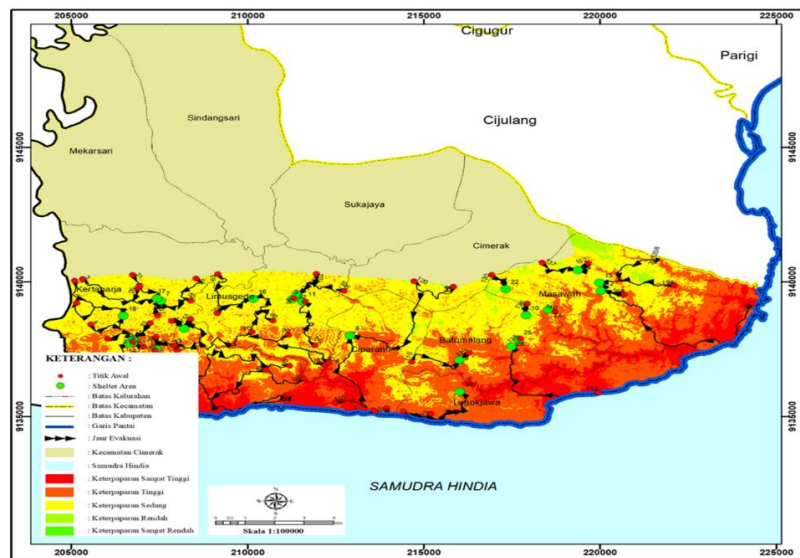
C



d



e



f

Gambar 4. Peta Jalur Evakuasi a. Kecamatan Kalipucang, b. Kecamatan Pangandaran, c. Kecamatan Sidamulih, d. Kecamatan Parigi, e. Kecamatan Cijulang, f. Kecamatan Cimerak.

Peta evakuasi tsunami dalam penelitian ini memberikan panduan yang jelas dan mudah dipahami bagi penduduk di masing-masing kecamatan di Kabupaten Pangandaran dalam menghadapi situasi darurat. Dengan kesiapan dan pengetahuan yang tepat, diharapkan masyarakat dapat bertindak secara cepat dan efektif untuk menyelamatkan diri dan orang lain saat terjadi ancaman tsunami.

KESIMPULAN

Peta keterpaparan bahaya bencana tsunami di wilayah pesisir Kabupaten Pangandaran dibagi menjadi 5 tingkatan, yaitu sangat tinggi yang berada di wilayah Kecamatan Parigi dengan luas 43,56% dari luas wilayah, tinggi yang berada di wilayah Kecamatan Parigi dengan luas 49,92% dari luas wilayah, sedang berada di wilayah Kecamatan Kalipucang dengan luas 57% dari luas wilayah, rendah berada di Kecamatan Sidamulih dengan luas 8,74% dari luas wilayah, dan sangat rendah berada di wilayah Kecamatan Sidamulih dan Parigi dengan luas 0,02% dari luas wilayah.

Jarak jalur evakuasi rata-rata Kabupaten Pangandaran adalah 1.730 m dengan rata-rata waktu tempuh 9,51 menit untuk mencapai *shelter*. Bangunan *shelter* sebesar 56,69% berupa bangunan masjid, pendidikan/penelitian lainnya sebesar 33,76%, sedangkan fasilitas kesehatan, kantor desa dan pusat bisnis rata-rata sebesar 3,18%

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pemerintah Kabupaten Pangandaran, Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Pangandaran atas penyediaan data dan informasi untuk kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adji Chandra Tistariawan, Arief Laila Nugraha, B. S. (2020). Jurnal Geodesi Undip Jurnal Geodesi Undip. *Visualisasi Model 3D Kampus Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro*, 4(April), 86–94.
- Andreas, L. O., Rifwan, F., Ashar, F., & Putri, M. A. (2021). Tentang Parameter Kebutuhan Jarak Dan Waktu Zona Rawan Tsunami Pada Proses Evakuasi (Studi Kasus : Kec . Padang Utara , Kel . Air Tawar Barat ,. *Asce*, 2(3), 334–340.
- Curtin, K. M. (2007). Network analysis in geographic information science: Review, assessment, and projections. *Cartography and Geographic Information Science*, 34(2), 103–111. <https://doi.org/10.1559/152304007781002163>
- Febrina, R., Evan, D. K., Afriani, L., Retno, R. M. I., Susilorini, & Fitra, H. A. (2020). The analysis of Tsunami evacuation route based on geographic information system: A case study in the coast of Lampung Bay. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 807(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/807/1/012022>
- Fernández, D. S., & Lutz, M. A. (2010). Urban flood hazard zoning in Tucuman Province, Argentina, using GIS and multicriteria decision analysis. *Engineering Geology*, 111(1–4), 90–98. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2009.12.006>
- Fox, D. M., Bryan, R. B., & Price, A. G. (1997). The influence of slope angle on final infiltration rate for interrill, conditions. *Geoderma*, 80(1–2), 181–194. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(97\)00075-X](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(97)00075-X)
- Freire, S., Aubrecht, C., & Wegscheider, S. (2011). Spatio-temporal population distribution and evacuation modeling for improving tsunami risk assessment in the Lisbon metropolitan area. *Gi4DM 2011 - GeoInformation for Disaster Management*.
- Hadi, F., & Astrid, D. (2017). Aplikasi SIG Untuk Pemetaan Zona Keterpaparan Permukiman Terhadap Tsunami Studi Kasus : Kota Pariaman , Sumatera Barat. *Seminar Nasional Geomatika*, 317–324.

- Iswari, M. Y., & Anggraini, K. (2018). Demnas: Model Digital Ketinggian Nasional Untuk Aplikasi Kepesisiran. *Oseana*, 43(4). <https://doi.org/10.14203/oseana.2018.vol.43no.4.2>
- Jankowski, P. (1995). Integrating geographical information systems and multiple criteria decision-making methods. *International Journal of Geographical Information Systems*, 9(3), 251–273. <https://doi.org/10.1080/02693799508902036>
- Lestari, A. S., Muzani, M., & Setiawan, C. (2023). Mitigasi Bencana Tsunami Pantai Pangandaran, Jawa Barat. *JPIG (Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Geografi)*, 8(1), 55–62. <https://doi.org/10.21067/jpig.v8i1.7435>
- Li, K., Wu, S., Dai, E., & Xu, Z. (2012). Flood loss analysis and quantitative risk assessment in China. *Natural Hazards*, 63(2), 737–760. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0180-y>
- Nurwatik, N., Bioresita, F., & Setiawan, D. (2022). Penentuan Lokasi Titik Evakuasi Sementara Bencana Tsunami Menggunakan Metode Network Analyst (Studi Kasus: Pesisir Selatan Kabupaten Pangandaran). *Geoid*, 17(1), 53. <https://doi.org/10.12962/j24423998.v17i1.10077>
- Ouma, Y. O., & Tateishi, R. (2014). Urban flood vulnerability and risk mapping using integrated multi-parametric AHP and GIS: Methodological overview and case study assessment. *Water (Switzerland)*, 6(6), 1515–1545. <https://doi.org/10.3390/w6061515>
- Power, W., & Leonard, G. S. (2013). Tsunami. *Encyclopedia of Earth Sciences Series*, 1036–1046. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4399-4_56
- Putra Sandrika, H., Maarif, S., & Supriyatno, M. (n.d.). *Analysis of Determining Alternative Selter Position and Modelling of Tsunami Disaster Evacuation Route Based on Geospatial Intelligence (Case Study: Pangandaran District)*. 79–90. <https://www.bps.go.id/staticTabel>
- Putu Wira Buana. (2012). Penemuan Rute Terpendek Pada Aplikasi Berbasis Peta. *Lontar Komputer*, 1(1), 1–8. <https://doi.org/10.24843/LKJITI>
- Sholikhan, M., Prasetyo, S. Y. J., & Hartomo, K. D. (2019). Pemanfaatan WebGIS untuk Pemetaan Wilayah Rawan Longsor Kabupaten Boyolali dengan Metode Skoring dan Pembobotan. *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 5(1), 131–143. <https://doi.org/10.28932/jutisi.v5i1.1588>
- Sowmya, K., John, C. M., & Shrivastava, N. K. (2015). Urban flood vulnerability zoning of Cochin City, southwest coast of India, using remote sensing and GIS. *Natural Hazards*, 75(2), 1271–1286. <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1372-4>
- Steinritz, V., Pena-Castellnou, S., Marliyani, G. I., & Reicherter, K. (2021). GIS-based study of tsunami risk in the Special Region of Yogyakarta (Central Java, Indonesia). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 851(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/851/1/012007>
- Sujatmiko, K. A. (2021). *IOP Conference Series : Earth and Environmental Science Numerical Analysis of Evacuation Start in Pangandaran You may also like Evacuation route and evacuation shelter planning for ... Numerical Analysis of Evacuation Start in Pangandaran. December*.
- Tejakusuma, I. G. (2008). Analisis Pasca Bencana Tsunami Ciamis - Cilacap. *Jurnal Sains Dan Teknologi Indonesia*, 10(2), 78–83.
- Uno, K., & Kashiyama, K. (2008). Development of Simulation System for the Disaster Evacuation Based on Multi-Agent Model Using GIS. *Tsinghua Science and Technology*, 13(SUPPL. 1), 348–353. [https://doi.org/10.1016/S1007-0214\(08\)70173-1](https://doi.org/10.1016/S1007-0214(08)70173-1)
- Wargadalam, R., Nakanishi, H., Vidyattama, Y., Black, J., & Suenaga, Y. (2021). Tsunami evacuation decisions and behaviour: A case study of Pangandaran, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 630(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/630/1/012023>