

Pemetaan Jalur Evakuasi Tsunami Di Pesisir Pantai Kabupaten Kulon Progo Menggunakan Metode *Closest Facility*

Eka Sekar Masyithoh ^{a*} Rochmad Muryamto ^a

^aTeknologi Survei dan Pemetaan Dasar, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

Research Article

DOI:

10.22146/jgst.v4i2.25064

correspondence:

eka.sekar2003@mail.ugm.ac.id

Article history:

Received:

21-11-2025

Accepted:

30-05-2025

Published:

31-12-2025

ABSTRACT

The coastal area of Kulon Progo Regency, encompassing Temon, Wates, Panjatan, and Galur Subdistricts, is potentially vulnerable to a tsunami reaching heights of up to 20 meters. The tsunami is triggered by a megathrust earthquake with a magnitude greater than 8 in the subduction zone south of Java Island. The high risk of casualties requires mitigation efforts, particularly through the development of proper evacuation routes. Inaccurate route planning and the lack of information on estimated travel times may lead to evacuation delays. This study aims to identify the fastest evacuation routes to the nearest evacuation sites and to estimate the travel time for each route. The method begins with the conversion of tsunami inundation modeling data from Meteorology, Climatology, and Geophysics Agency (BMKG) of the Special Region of Yogyakarta into vector data to identify inundated areas and safe evacuation sites. Residential areas and coastal tourist attractions were used as starting points, while safe evacuation sites served as endpoints. Evacuation route determination was carried out using the Closest Facility method in Network Analyst, with scenarios involving walking, running, and riding motorcycles. The results identified three coastal tourist attractions and 185 inundated residential areas with a total area of 1,101.354 hectares. Route determination produced six routes from coastal tourist attractions and 370 routes from residential areas. The average evacuation travel times by walking, running, and using motorcycles are 60.34 minutes, 21.87 minutes, and 8.01 minutes, respectively.

Keywords: Kulon Progo, megathrust, tsunami, evacuation routes, Closest Facility

INTISARI

Wilayah pesisir Kabupaten Kulon Progo, yang meliputi Kapanewon Temon, Wates, Panjatan, dan Galur, berpotensi terdampak tsunami dengan ketinggian hingga 20 meter. Tsunami tersebut dipicu oleh gempa megathrust dengan magnitudo > 8 di zona subduksi selatan Pulau Jawa. Ancaman tingginya korban jiwa memerlukan upaya mitigasi, khususnya melalui penyusunan jalur evakuasi yang tepat. Ketidaktepatan jalur serta minimnya informasi estimasi waktu tempuh berpotensi menimbulkan keterlambatan evakuasi. Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi jalur evakuasi tercepat menuju lokasi evakuasi terdekat dan mengestimasi waktu tempuh dari setiap jalur evakuasi. Metode diawali dengan konversi hasil pemodelan inundasi tsunami Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Daerah Istimewa Yogyakarta menjadi data vektor untuk mengidentifikasi wilayah terinundasi dan tempat evakuasi yang aman. Wilayah permukiman dan objek wisata pantai digunakan sebagai titik awal evakuasi, sementara tempat evakuasi yang aman sebagai titik akhir. Penentuan jalur evakuasi dilakukan menggunakan metode *Closest Facility* pada *Network Analyst* dengan skenario kecepatan berjalan kaki, berlari, dan menggunakan sepeda motor. Hasil identifikasi menunjukkan adanya tiga objek wisata pantai dan 185 wilayah permukiman terinundasi dengan total luas 1.101,354 ha. Penentuan jalur menghasilkan total enam jalur dari objek wisata pantai dan 370 jalur dari permukiman. Rata-rata waktu tempuh evakuasi dengan berjalan kaki, berlari, dan menggunakan sepeda motor berturut-turut adalah 60,34 menit, 21,87 menit, dan 8,01 menit.

Kata kunci: Kulon Progo, megathrust, tsunami, jalur evakuasi, *Closest Facility*

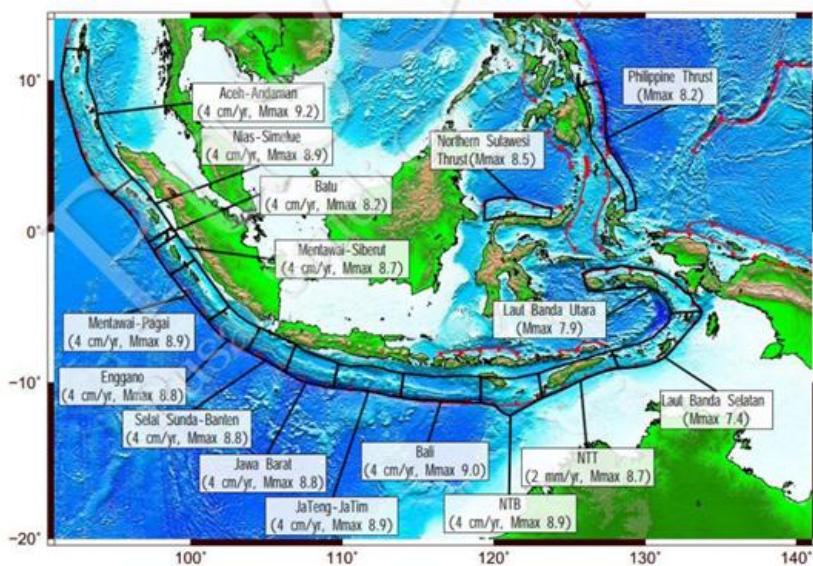
1. Pendahuluan

Indonesia menempati posisi ketujuh sebagai negara paling rawan bencana alam (Universitas Pertamina, 2024). Kondisi geologi menjadi faktor utama tingginya risiko bencana alam di Indonesia. Pertemuan empat lempeng tektonik menjadikan Indonesia rawan gempa bumi, tsunami, dan letusan gunung api (Adi dkk., 2024). Pesisir selatan Pulau Jawa, termasuk Kabupaten Kulon Progo berbatasan langsung dengan zona subduksi yang berpotensi terjadi gempa megathrust > 8.0 dan tsunami hingga 20 meter (CEST ITB, 2020). Potensi bahaya ini semakin berisiko karena wilayah pesisir Kulon Progo merupakan kawasan permukiman, destinasi wisata populer, serta lokasi infrastruktur strategis seperti Bandara Internasional Yogyakarta. Oleh karena itu, diperlukan langkah mitigasi bencana tsunami untuk meminimalkan potensi kerugian.

Salah satu langkah mitigasi yang telah dilakukan adalah pembuatan jalur evakuasi tsunami oleh BPBD Kabupaten Kulon Progo pada tahun 2014. Penetapan daerah rawan bencana tsunami dan tempat evakuasi dalam peta tersebut berasal dari hasil kesepakatan Pemerintah Kabupaten Kulon Progo di tahun yang sama. Namun, peta jalur evakuasi tersebut sudah tidak relevan dengan Peta Bahaya Tsunami yang disusun oleh BMKG DIY tahun 2022 yang berbasis pemodelan ilmiah dengan skenario worst-case gempa megathrust. Selain itu, jalur evakuasi yang ada belum dilengkapi dengan estimasi waktu tempuh, padahal informasi tersebut sangat penting untuk memastikan masyarakat dapat mencapai lokasi evakuasi sebelum gelombang tsunami tiba. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jalur evakuasi tercepat menuju lokasi evakuasi terdekat dari permukiman terinundasi dan objek wisata pantai, serta mengestimasi waktu tempuh evakuasi. Analisis dilakukan menggunakan metode *Closest Facility* pada *Network Analyst*, yang memungkinkan penentuan rute terpendek dengan mempertimbangkan impedansi jarak dan waktu.

1.1. Tsunami

Istilah tsunami diadopsi dari bahasa Jepang, tsu berarti pelabuhan dan nami berarti gelombang. Tsunami disebut gelombang pelabuhan karena daya hancurnya baru tampak ketika gelombang tersebut mencapai pelabuhan atau pantai (Rahardian, 2019). Tsunami dapat dipicu oleh gempa bumi di dasar laut pada zona subduksi, seperti zona subduksi antara Lempeng Hindia dan Lempeng Eurasia di lautan selatan Yogyakarta, Indonesia (Putri dkk., 2019). Gempa bumi yang terjadi pada zona subduksi disebut gempa megathrust (Damayanti dkk., 2020). Berdasarkan Gambar 1. Samudra Hindia selatan Jawa terbagi menjadi tiga segmen megathrust, yaitu Segmen Jawa Tengah–Jawa Timur, Segmen Jawa Barat, dan Segmen Banten–Selat Sunda.



Gambar 1. Segmentasi Gempa Megathrust (Tim Pusat Studi Gempa Nasional, 2017).

Tsunami di lautan lepas biasanya memiliki tinggi permukaan sekitar satu kaki atau kurang dari beberapa puluh centimeter. Tinggi gelombang tsunami meningkat dengan cepat saat memasuki perairan dangkal. Energi gelombang tsunami menjalar dari permukaan hingga ke dasar laut, bahkan perairan terdalam. Ketika tsunami mencapai garis pantai, energi gelombang terkompresi dalam jarak

yang lebih pendek dan kedalaman yang lebih dangkal, menciptakan gelombang yang destruktif dan mengancam jiwa (Intergovernmental Oceanographic Commission, 2014).

1.2. Jalur Evakuasi

Evakuasi merupakan suatu tindakan pemindahan korban bencana dari lokasi terdampak bencana ke tempat yang aman dan atau menuju area penampungan pertama agar mendapatkan tindakan penanganan lebih lanjut (Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2010). Jalur yang dipakai untuk menyelamatkan diri ketika terjadi bencana atau suatu kejadian yang tidak diinginkan disebut jalur evakuasi. Sarana dan keberadaan jalur evakuasi merupakan salah satu hal yang diutamakan. Jalur evakuasi yang ideal adalah jalur terpendek, tercepat, dan teraman untuk menuju suatu tempat yang dianggap aman agar terhindar dari keadaan darurat tersebut (Murtiadi dkk., 2021). Pada SNI 7766:2012 tentang Jalur Evakuasi Tsunami terdapat faktor yang perlu diperhatikan untuk menentukan jalur evakuasi, yaitu jalur evakuasi sebaiknya tidak melewati sungai atau jembatan terutama yang dekat kawasan pantai. Jika tidak terdapat jalan lain dan harus melintasi jembatan, perlu dilakukan pengecekan guna memastikan jembatan tetap layak digunakan setelah terjadi gempa.

1.3. Data Pemodelan Tsunami

Data pemodelan tsunami diperoleh dari BMKG Daerah Istimewa Yogyakarta dengan format raster dengan resolusi spasial 11 meter. Data raster berisi informasi potensi kedalaman genangan (inundasi) tsunami. Data ini diperoleh dari pemodelan tsunami menggunakan skenario gempa bumi dengan magnitudo maksimum Mw 8,8. Pemodelan tsunami ini menggunakan perangkat lunak Cornell Multi-grid Coupled Tsunami Model (COMCOT) (Gunawan dkk., 2022). Pada proyek akhir ini, data raster pemodelan tsunami akan direklasifikasi. Detail klasifikasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Potensi Genangan Tsunami (Gunawan dkk., 2022)

No	Rentang Klasifikasi Potensi Kedalaman Genangan Tsunami (m)
1	<0,5
2	0,5 – 3
3	3 – 6
4	6 – 10
5	10 – 14
6	14 – 18
7	18 – 22

1.4. Network Analyst

Network Analyst atau analisis jaringan adalah pendekatan dalam analisis spasial yang fokus pada perpindahan dan pergerakan sumber daya dari suatu lokasi ke lokasi lainnya (Koemesan dkk., 2024). Pergerakan atau perpindahan berproses terutama melalui elemen-elemen geografis yang dibuat oleh manusia (man-made) membentuk jaringan garis dan titik dan saling terhubung antara satu sama lain, seperti sungai, jalan, pipa, kabel, jaringan komunikasi dan sejenisnya (Dudung dkk., 2021). ESRI menggolongkan fungsi-fungsi *Network Analyst* menjadi beberapa jenis, diantaranya yaitu berupa *Routing*, *Closest Facility*, *Service Area*, *OD Matrix*, dan *Vehicle Routing Problem*.

ArcGIS menggunakan algoritma *Dijkstra* dalam *Network Analyst* untuk menentukan jalur terpendek berdasarkan bobot jaringan, seperti jarak atau waktu tempuh. *Dijkstra* adalah sebuah algoritma yang memeriksa konektivitas suatu jaringan untuk menemukan jalur terpendek antara dua titik. Diciptakan oleh ilmuwan komputer Belanda, Edsger Dijkstra (1930–2002) (ESRI, 2021).

1.5. Closest Facility

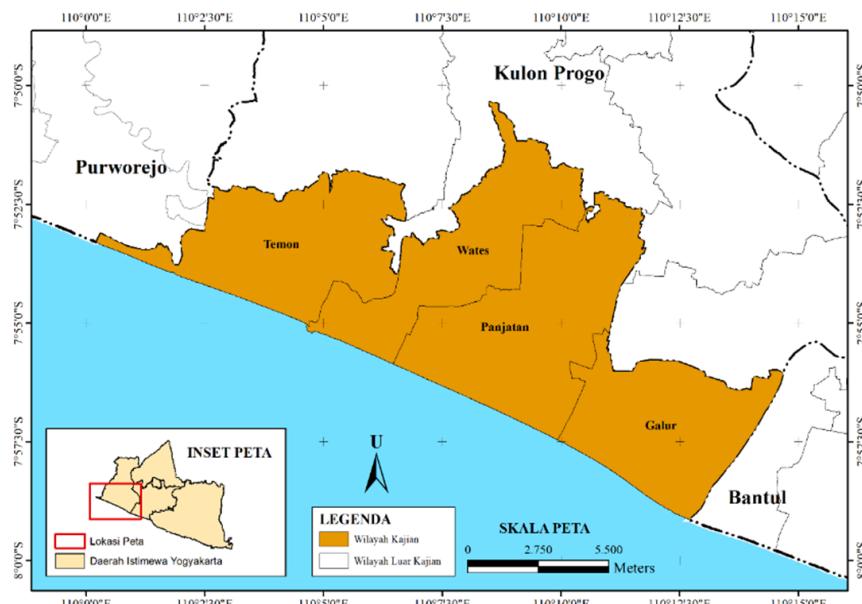
Closest Facility adalah salah satu jenis *Network Analyst* yang digunakan untuk menemukan fasilitas terdekat dan dapat menampilkan rute terpendek menuju fasilitas tersebut. Analisis jaringan menggunakan metode *closest facility* dapat menggunakan impedansi waktu maupun jarak sehingga rute terbaik yang dihasilkan akan disertai dengan atribut *cost variable* yang berisi jarak atau waktu tempuh dari rute tersebut (Ballas dkk., 2018). Dalam pencarian fasilitas terdekat, pengguna dapat menentukan batasan tertentu, seperti biaya pemotongan (*cutoff cost*) yang menjadi batas maksimal pencarian fasilitas oleh *Network Analyst*. Sebagai contoh, dalam pencarian fasilitas terdekat dapat diatur untuk mencari rumah sakit yang dapat dijangkau dalam jarak 15 menit berkendara dari lokasi kecelakaan. Rumah sakit yang membutuhkan waktu tempuh lebih dari 15 menit tidak akan dimasukkan ke dalam hasil (ESRI, 2021).

2. DATA

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi beberapa peta dan data spasial. Peta batas administrasi, lokasi permukiman, dan jembatan Kabupaten Kulon Progo tahun 2022 diperoleh dari tanahair.indonesia.go.id dalam format shapefile dengan sistem proyeksi UTM zona 49S, datum WGS 84, dan skala 1:25.000. Peta jalan pesisir Kabupaten Kulon Progo tahun 2025 diperoleh dari OpenStreetMap dalam format shapefile dengan sistem proyeksi yang sama. Data koordinat lokasi wisata pantai di pesisir Kulon Progo bersumber dari Dinas Pariwisata Kabupaten Kulon Progo dan Google Earth Pro, sedangkan data koordinat lokasi tempat evakuasi tsunami diperoleh dari BPBD Kabupaten Kulon Progo dan Google Earth Pro, keduanya menggunakan sistem proyeksi UTM zona 49S dengan datum WGS 84. Selain itu, digunakan pula data hasil pemodelan tsunami tahun 2022 dari BMKG yang berformat raster dengan resolusi spasial 11 meter, menggunakan proyeksi UTM zona 49S, datum WGS 84, dan skenario gempa Mw 8,8 yang dimodelkan dengan *Cornell Multi-grid Couple Tsunami Model* (COMCOT). Data ini mampu menggambarkan genangan tsunami secara cukup detail, sehingga batas area terinundasi dapat ditentukan dengan lebih akurat dalam penentuan rute evakuasi.

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah Kapanewon Temon, Kapanewon Wates, Kapanewon Panjatan, dan Kapanewon Galur. Lokasi penelitian disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi Penelitian.

3. METODOLOGI

Pelaksanaan penelitian ini secara garis besar dapat dilihat pada diagram alir yang terdapat pada Gambar 3.

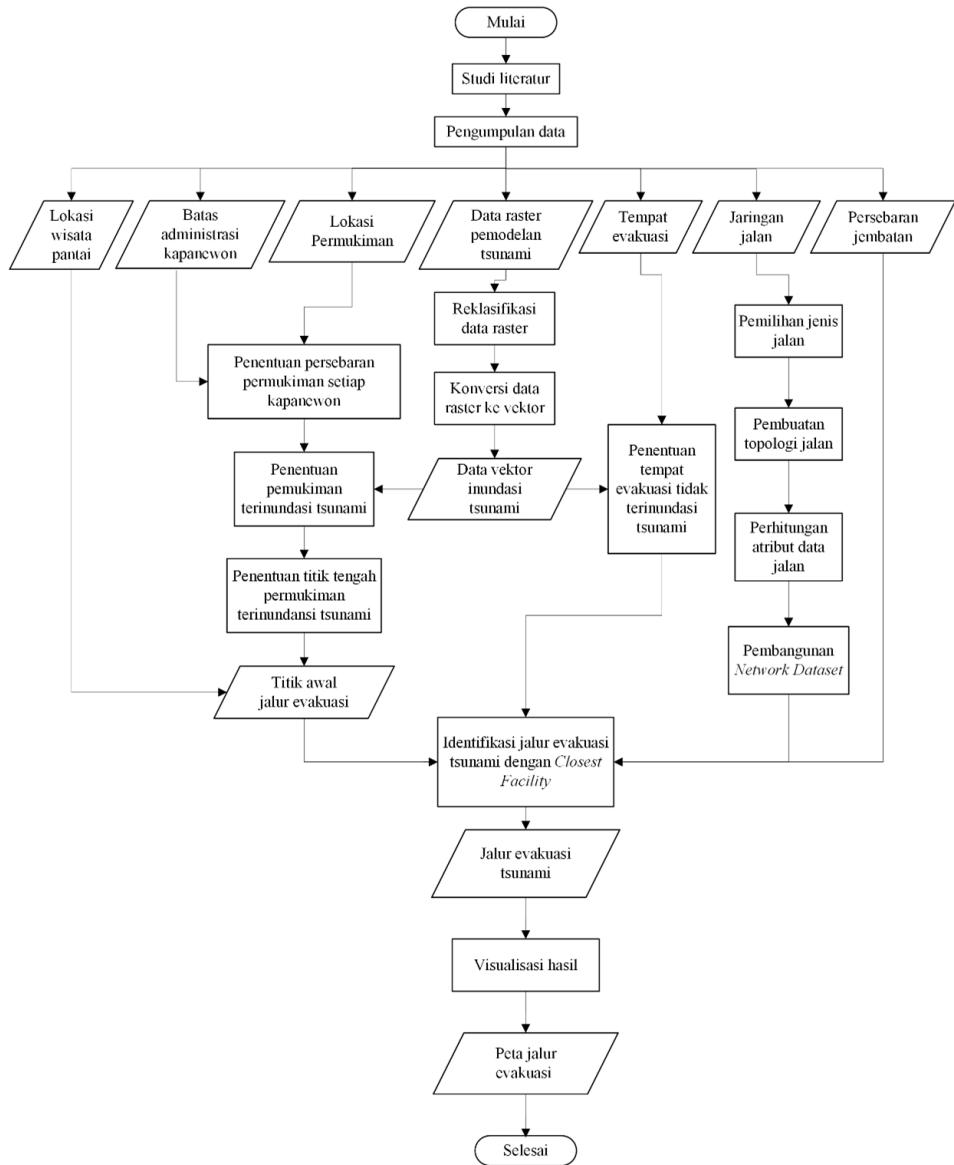
3.1. Pengolahan Data Pemodelan Tsunami

Hasil pemodelan tsunami dari BMKG berformat raster sehingga perlu disesuaikan dengan data vektor yang digunakan dalam analisis spasial. Tahap pertama adalah reklassifikasi data raster berdasarkan kedalaman genangan menjadi tujuh kategori. Reklassifikasi dilakukan melalui *Spatial Analyst Tools → Reclassify* di ArcGIS, di mana rentang nilai ditentukan pada jendela Classification. Data raster hasil reklassifikasi dikonversi menjadi data vektor menggunakan *Conversion Tools→From Raster→Raster to Polygon*. Hasil konversi berupa poligon dengan atribut nilai genangan.

3.2. Penentuan Titik Awal Evakuasi

Titik awal evakuasi ditentukan dari lokasi wisata pantai dan permukiman yang terdampak tsunami. Lokasi wisata pantai yang digunakan meliputi Pantai Trisik, Pantai Glagah, dan Pantai Congot, dengan koordinat diperoleh melalui Google Earth Pro. Untuk data permukiman, dilakukan proses clip terhadap area inundaasi tsunami sehingga diperoleh poligon permukiman terdampak. Selanjutnya,

titik tengah (*centroid*) dari setiap poligon dihitung menggunakan tool *Add Geometry Attributes*. Titik tengah ini yang menjadi titik awal evakuasi.



Gambar 3. Diagram alir.

3.3. Penentuan Tempat Evakuasi

Terdapat 15 Tempat Evakuasi Sementara (TES) dan lima Tempat Evakuasi Akhir (TEA) yang telah ditetapkan BPBD Kulon Progo. Data koordinat lokasi diperoleh dari Google Earth Pro. Tahap evaluasi dilakukan untuk memastikan lokasi evakuasi berada di luar area genangan tsunami. Hal ini dilakukan dengan *Overlay Analysis-Erase* antara data evakuasi dan area genangan tsunami. Titik yang masih berada dalam area genangan dihapus sehingga tersisa lokasi evakuasi yang aman.

3.4. Pemilihan Jenis Jalan

Evakuasi tsunami dilakukan melalui dua moda yaitu berjalan atau berlari dan menggunakan sepeda motor. Hal ini mempertimbangkan tingginya kepemilikan sepeda motor di Kulon Progo, yang mencapai > 50% dari jumlah penduduk (BPS, 2022). Jenis jalan yang dipilih harus sesuai dengan moda evakuasi. Untuk sepeda motor, jalan dengan atribut *footway*, *steps*, *path*, *service*, *track* dikecualikan karena tidak layak dilalui kendaraan bermotor (Humanitarian Openstreetmap, 2024). Proses pengecualian dilakukan dengan *Select by Attributes* lalu menghapus segmen yang tidak sesuai.

3.5. Pembangunan Network Dataset

Sebelum analisis jalur evakuasi, diperlukan Network Dataset. Data jaringan jalan yang digunakan terdiri atas dua jenis, yaitu data asli untuk evakuasi berjalan/berlari dan data hasil seleksi untuk evakuasi menggunakan sepeda motor. Tahap pertama adalah pembuatan topologi jalan. Data jaringan jalan dimasukkan ke Feature Dataset dalam *File Geodatabase*, kemudian dibuat topologi dengan lima aturan: *Must Not Overlap*, *Must Not Intersect*, *Must Not Have Pseudo Nodes*, *Must Not Have Dangles*, dan *Must Be Single Part*. Validasi dilakukan dengan *Error Inspector* untuk memperbaiki kesalahan, misalnya dengan fitur *Subtract*, *Split*, *Merge*, *Snap*, *Extend*, dan *Trim*. Tahap kedua adalah penambahan atribut jarak dan waktu tempuh. Field baru ditambahkan berupa panjang_meter, menit_jalan, menit_lari, dan menit_motor. Nilai panjang jalan dihitung dengan *Calculate Geometry*. Nilai waktu tempuh diperoleh dari kecepatan evakuasi: 1,08 m/s (jalan), 2,98 m/s (lari) (Baeda dkk., 2016), dan 8,33 m/s (sepeda motor) sesuai Peraturan Menteri Perhubungan No.111/2015. Network Dataset dibuat dengan mendefinisikan atribut jarak (meter) dan waktu tempuh (menit) sebagai *cost*. Atribut ini dikaitkan dengan field pada jaringan jalan melalui menu *Evaluators*.

3.6. Analisis Jalur Evakuasi

Analisis jalur evakuasi dilakukan menggunakan metode *Closest Facility* pada *Network Analyst*. Titik awal (*incident*) ditentukan dari lokasi pantai dan permukiman terdampak, sedangkan titik akhir (*facility*) berupa TES dan TEA. Jalur evakuasi pada prinsipnya dirancang untuk tidak melewati jembatan. Namun, apabila tidak terdapat tempat evakuasi yang dapat dicapai tanpa melewati jembatan, maka jalur diperbolehkan melewati jembatan. Data jembatan dimasukkan sebagai *Point Barriers* untuk menghindari jalur yang melewati jembatan, sedangkan apabila masih terdapat jalan yang melintasi sungai, *Point Barriers* ditambahkan secara manual. Pengaturan *Analysis Settings* menggunakan parameter *length* sebagai impedansi dengan arah perjalanan dari *incident to facility*. Pada bagian *Accumulation*, atribut panjang jalan dan waktu tempuh diaktifkan agar hasil jalur mencantumkan informasi jarak dan durasi perjalanan.

4. Hasil

4.1. Objek Wisata Pantai dan Pemukiman Terinundasi Tsunami

Pada penelitian, objek wisata pantai yang digunakan merupakan objek wisata pantai yang dikelola secara resmi oleh Dinas Pariwisata Kabupaten Kulon Progo. Terdapat tiga lokasi objek wisata pantai yang telah dikelola secara resmi oleh pemerintah terkait, yaitu Pantai Trisik, Pantai Congot dan Pantai Glagah.

Proses identifikasi permukiman dilakukan dengan menyeleksi wilayah permukiman yang terinundasi tsunami berdasarkan hasil pemodelan tsunami. Identifikasi ini penting untuk menentukan titik awal jalur evakuasi, yang diambil dari titik tengah (centroid) masing-masing wilayah permukiman terdampak. Hasil analisis menunjukkan bahwa di Kapanewon Temon terdapat 48 wilayah permukiman terinundasi dengan total luas 374,0974 ha. Di Kapanewon Wates, terdapat 30 wilayah permukiman terdampak dengan luas 134,747 ha. Sementara itu, di Kapanewon Panjatan jumlah permukiman terdampak paling banyak, yaitu 66 wilayah dengan luas genangan 272,2185 ha. Adapun di Kapanewon Galur terdapat 41 wilayah dengan total luas terdampak 320,2919 ha.

4.2. Tempat Evakuasi

Pada penelitian ini, tempat evakuasi digunakan sebagai tujuan akhir jalur evakuasi. TES dan TEA yang masih berada dalam area genangan tidak digunakan karena diasumsikan belum sepenuhnya aman dari ancaman tsunami. Berdasarkan hasil identifikasi, terdapat 14 tempat evakuasi di Kabupaten Kulon Progo yang memenuhi kriteria tersebut, yang dalam analisis diperlakukan sama tanpa membedakan antara TES dan TEA. Rincian sebaran tempat evakuasi meliputi Kapanewon Lendah tiga lokasi, Panjatan tiga lokasi, Wates empat lokasi, Pengasih satu lokasi, Kokap satu lokasi, dan Temon tiga lokasi. Tempat evakuasi ini terdiri dari berbagai fasilitas seperti lapangan, makam, stadion, sekolah, gedung, serta kantor kalurahan.

4.3. Jalur Evakuasi

Metode yang digunakan pada penentuan jalur evakuasi dalam proyek akhir ini adalah *Closest Facility* pada *Network Analyst*. Penentuan jalur evakuasi pada penelitian ini menggunakan parameter jarak. Jalur evakuasi dirancang untuk tidak melewati jembatan. Namun, apabila tidak terdapat tujuan tempat evakuasi yang dapat dicapai tanpa melewati jembatan, maka jalur evakuasi dirancang melewati jembatan.

4.3.1. Jalur Evakuasi Objek Wisata Pantai

Hasil jalur evakuasi dengan berjalan dan berlari berjumlah tiga jalur. Terdapat dua jalur evakuasi yang melewati jembatan. Jalur evakuasi menggunakan sepeda motor terdiri dari tiga jalur. Terdapat dua jalur evakuasi yang melewati jembatan. Gambar jalur evakuasi dapat dilihat pada gambar 4.



(a)

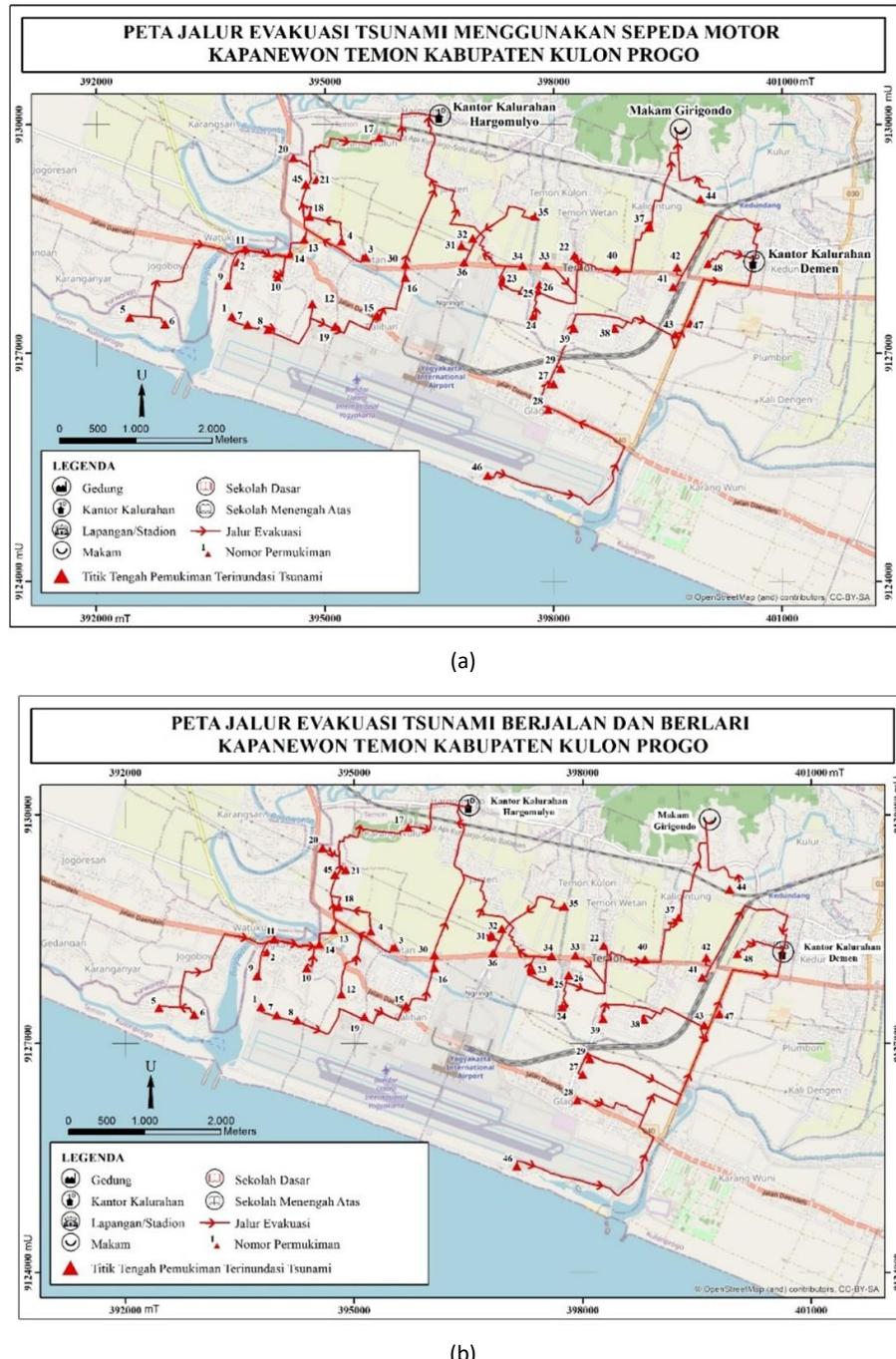


(b)

Gambar 4. Jalur Evakuasi Berjalan dan Berlari (a) dan Menggunakan Sepeda Motor (b) dari Objek Wisata Pantai.

4.3.2. Jalur Evakuasi Kapanewon Temon

Hasil analisis jalur evakuasi di Kapanewon Temon menunjukkan terdapat 96 jalur, terdiri dari 48 jalur untuk berjalan dan berlari serta 48 jalur untuk menggunakan sepeda motor. Jalur evakuasi dapat dilihat pada Gambar 5.



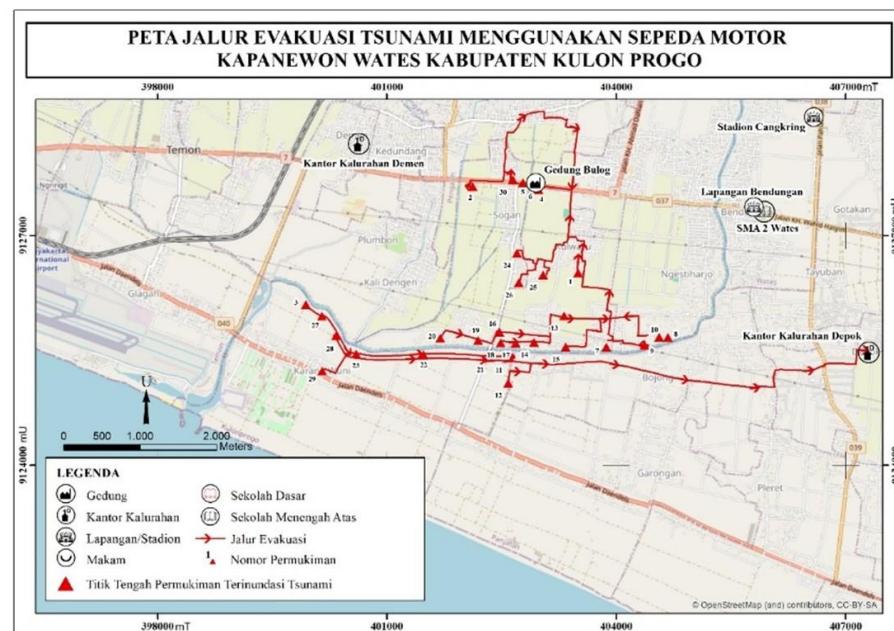
Gambar 5. Jalur Evakuasi Berjalan dan Berlari (a) dan Menggunakan Sepeda Motor (b) di Kapanewon Temon.

4.3.3. Jalur Evakuasi Kapanewon Wates

Hasil analisis jalur evakuasi di Kapanewon Wates menunjukkan terdapat 60 jalur, terdiri dari 30 jalur untuk berjalan dan berlari serta 30 jalur untuk menggunakan sepeda motor. Jalur evakuasi dapat dilihat pada Gambar 6.



(a)

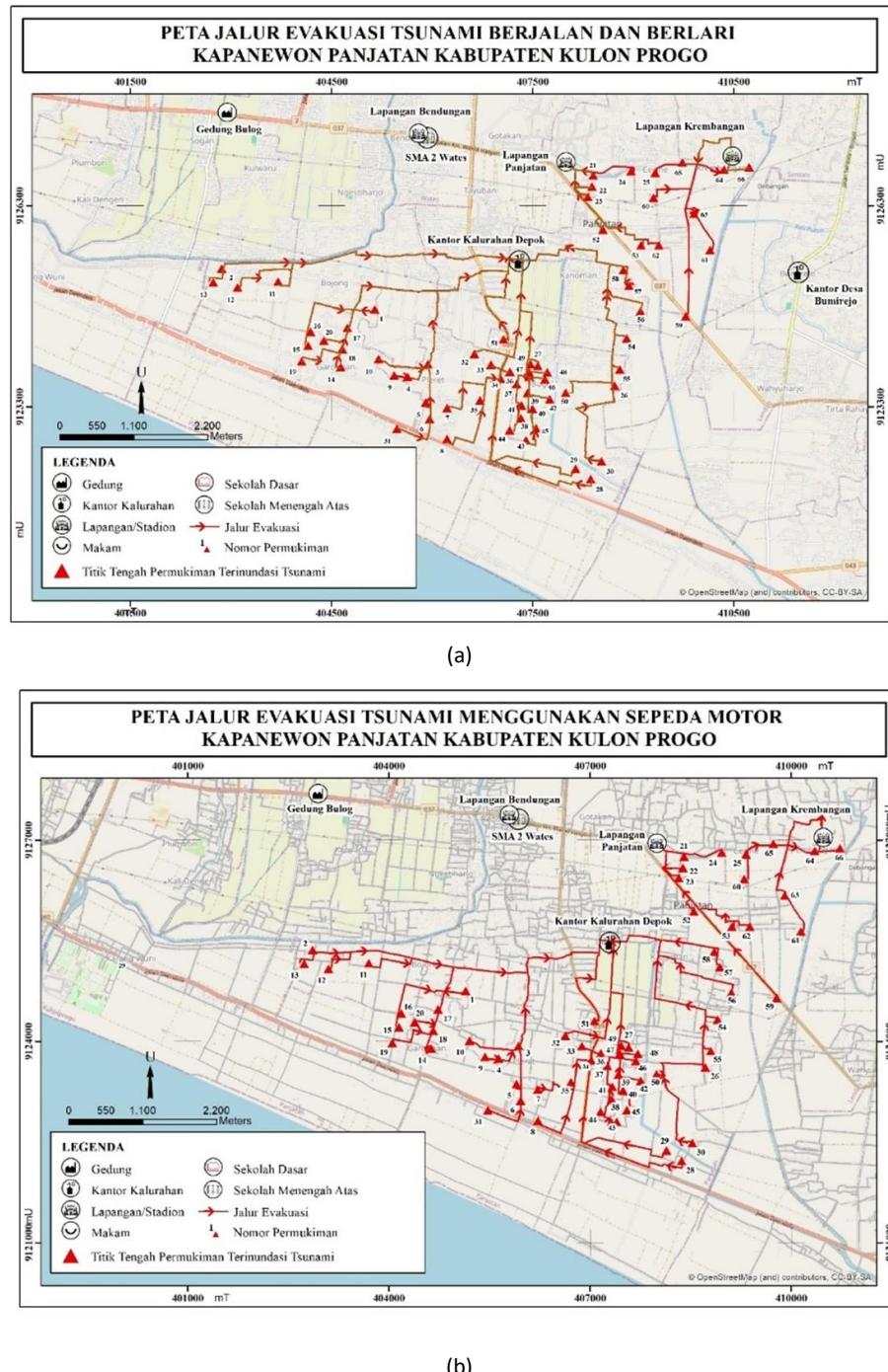


(b)

Gambar 6. Jalur Evakuasi Berjalan dan Berlari (a) dan Menggunakan Sepeda Motor (b) di Kapanewon Wates.

4.3.4. Jalur Evakuasi Kapanewon Panjatan

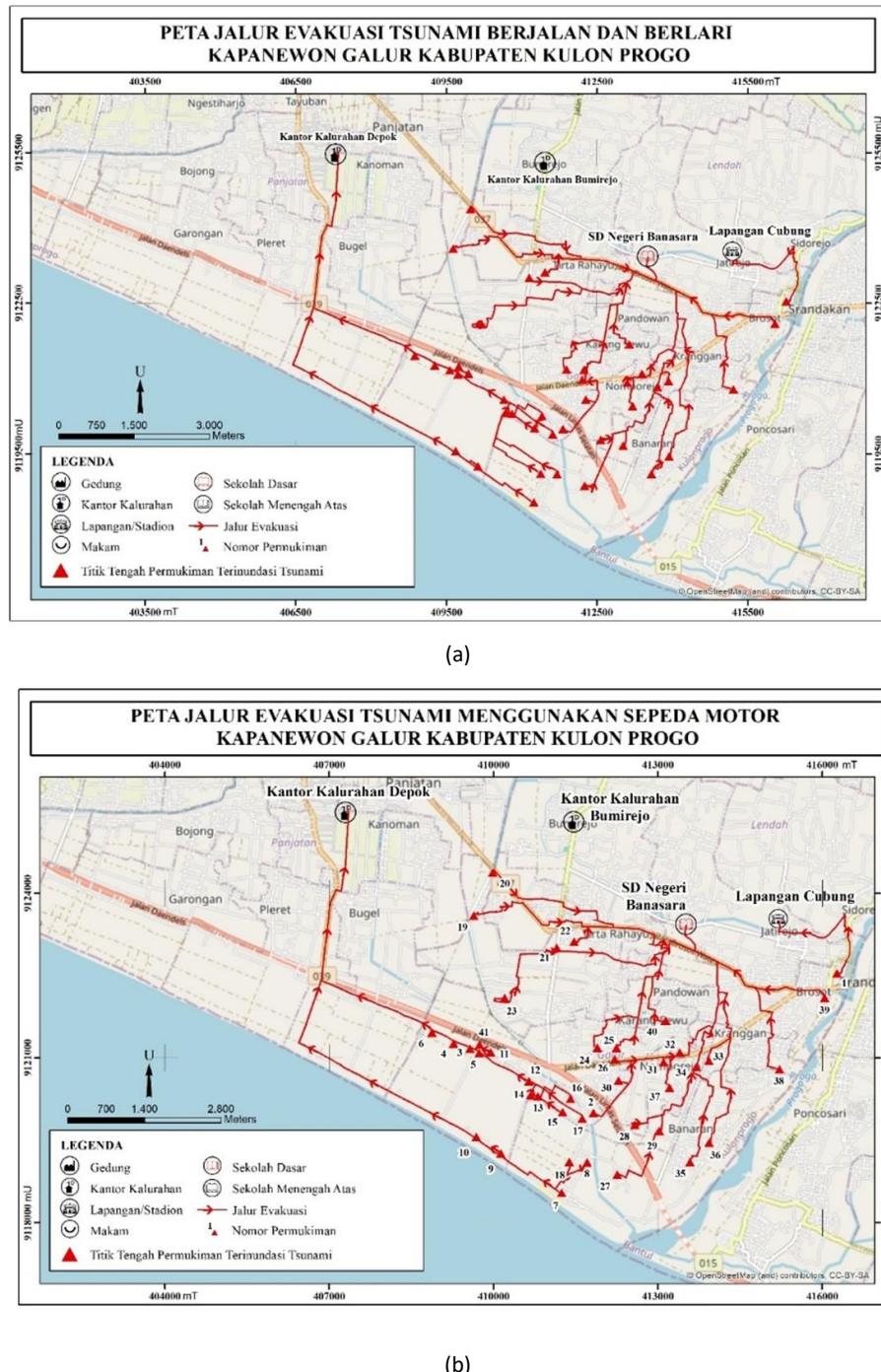
Hasil analisis jalur evakuasi di Kapanewon Panjatan menunjukkan terdapat 132 jalur, terdiri dari 66 jalur untuk berjalan dan berlari serta 66 jalur untuk menggunakan sepeda motor. Jalur evakuasi dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Jalur Evakuasi Berjalan dan Berlari (a) dan Menggunakan Sepeda Motor (b) di Kapanewon Panjatan.

4.3.5. Jalur Evakuasi Kapanewon Galur

Hasil analisis jalur evakuasi di Kapanewon Galur menunjukkan terdapat 82 jalur, terdiri dari 41 jalur untuk berjalan dan berlari serta 41 jalur untuk menggunakan sepeda motor. Jalur evakuasi dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Jalur Evakuasi Berjalan dan Berlari (a) dan Menggunakan Sepeda Motor (b) di Kapanewon Galur.

5. Pembahasan

Berdasarkan enam jalur evakuasi objek wisata pantai, perkiraan waktu tempuh berjalan kaki seluruhnya melebihi estimasi waktu kedatangan tsunami. Apabila evakuasi dilakukan dengan berlari, jalur dari Pantai Trisik dan Pantai Congot masih melebihi estimasi waktu. Sementara itu, jika evakuasi dilakukan menggunakan sepeda motor, seluruh jalur memiliki waktu tempuh lebih cepat dari estimasi kedatangan tsunami.

Jalur evakuasi di Kecamatan Temon diperoleh 17 jalur berjalan kaki dan berlari melewati jembatan, dan terdapat 17 jalur sepeda motor yang melewati jembatan. Berdasarkan jalur evakuasi tersebut, diketahui bahwa 40 jalur berjalan kaki memiliki perkiraan waktu tempuh melebihi estimasi waktu kedatangan tsunami. Apabila evakuasi dilakukan dengan berlari, hanya terdapat dua jalur yang masih melebihi estimasi waktu kedatangan tsunami. Sementara itu, dari 48 jalur evakuasi

menggunakan sepeda motor di Kapanewon Temon, seluruhnya memiliki waktu tempuh kurang dari estimasi waktu kedatangan tsunami.

Jalur evakuasi di Kecamatan Wates diperoleh diketahui bahwa 38 jalur berjalan kaki memiliki perkiraan waktu tempuh melebihi estimasi waktu kedatangan tsunami. Apabila evakuasi dilakukan dengan berlari dan menggunakan sepeda motor, seluruhnya memiliki waktu tempuh kurang dari estimasi waktu kedatangan tsunami.

Jalur evakuasi di Kecamatan Panjatan diperoleh tujuh jalur berjalan kaki dan berlari melewati jembatan, sedangkan tujuh jalur sepeda motor juga melewati jembatan. Berdasarkan jalur evakuasi tersebut, diketahui bahwa 24 jalur berjalan kaki memiliki perkiraan waktu tempuh melebihi estimasi waktu kedatangan tsunami. Apabila evakuasi dilakukan dengan berlari, terdapat lima jalur yang masih melebihi estimasi waktu kedatangan tsunami. Sementara itu, untuk evakuasi menggunakan sepeda motor di Kapanewon Panjatan, seluruhnya memiliki waktu tempuh kurang dari estimasi waktu kedatangan tsunami.

Jalur evakuasi di kecamatan galur diketahui bahwa semua jalur berjalan kaki memiliki perkiraan waktu tempuh melebihi estimasi waktu kedatangan tsunami. Apabila evakuasi dilakukan dengan berlari, terdapat 12 jalur yang masih melebihi estimasi waktu kedatangan tsunami. Sementara itu, untuk evakuasi menggunakan sepeda motor di Kapanewon Galur, seluruhnya memiliki waktu tempuh kurang dari estimasi waktu kedatangan tsunami.

6. Kesimpulan

Hasil identifikasi objek wisata pantai dan permukiman yang terinundasi tsunami menunjukkan bahwa terdapat tiga objek wisata pantai, yaitu Pantai Trisik yang berada di Kapanewon Galur, serta Pantai Glagah dan Pantai Congot yang keduanya berada di Kapanewon Temon. Selain itu, ditemukan 185 wilayah permukiman yang tersebar di empat kapanewon dengan total luas 1.101,354 ha. Penentuan jalur evakuasi tsunami menggunakan metode Closest Facility menghasilkan enam jalur dari objek wisata pantai dan 330 jalur dari titik-titik permukiman terinundasi yang tersebar di empat kapanewon. Pada skenario evakuasi dengan berjalan kaki, sebanyak 146 dari 185 jalur melebihi estimasi waktu kedatangan tsunami. Pada skenario berlari, 24 dari 185 jalur melebihi estimasi waktu kedatangan tsunami. Rata-rata waktu tempuh evakuasi dengan berjalan kaki, berlari, dan menggunakan sepeda motor berturut-turut adalah 60,34 menit, 21,87 menit, dan 8,01 menit.

7. Daftar Pustaka

- Adi, A. W., Bagaskoro, Y., Putra, A. S., Jayanti, T., Shalih, O., Dewi, A. N., & Karimah, R. (2024). Indeks risiko bencana Indonesia (Vol. 2). Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2010). Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 13 Tahun 2010 tentang pedoman pencarian, pertolongan, dan evakuasi. Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- Ballas, D., Clarke, G., Franklin, R. S., & Newing, A. (2018). GIS and the social sciences. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315168838>.
- CEST ITB. (2020, November 12). Melirik potensi tsunami di selatan Pulau Jawa. <https://cest.itb.ac.id/2020/11/12/melirik-potensi-tsunami-di-selatan-pulau-jawa/>
- Damayanti, C., Yamko, A. K., Souisa, C. J., Barends, W., & Naroly, I. L. P. T. (2020). Pemodelan segmentasi Mentawai–Pagai: Studi kasus gempa megathrust di Indonesia. Jurnal Geosains dan Remote Sensing, 1(2). <https://doi.org/10.23960/jgrs.2020.v1i2.56>.
- Dudung, M., Hakim, L. K., & Agustina, S. T. (2021). Pemetaan jalur evakuasi tsunami dengan metode network analysis (Studi kasus: Kabupaten Lampung Selatan). Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, xx(x), xxx–xxx.
- ESRI. (2021). Closest facility analysis. <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/network-analyst/closest-facility.htm>.
- Gunawan, H., Mardiyanto, Wibowo, N. B., Yudhiaستuti, B., Trisnowati, Y. D., Dyana, N., Handayani, W., Kurniawan, A., Adila, A. F., & Perdana, Y. H. (2022). Peta bahaya tsunami Daerah Istimewa Yogyakarta. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika.
- Intergovernmental Oceanographic Commission. (2014). Tsunami: The great waves. UNESCO.
- Koemesan, E. M. P., Kindangen, J. I., & Tungka, A. E. (2024). Perencanaan jalur evakuasi bencana tsunami di Kawasan Strategis Pariwisata Nasional Likupang, Kabupaten Minahasa Utara dengan metode Network Analyst. Jurnal Manajemen dan Perencanaan, 21(1). <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/jmm/index>
- Murtiadi, S., Wahyudi, M., Agustawijaya, D. S., Yasa, I. W., & Akmaluddin, A. (2021). Simulasi jalur evakuasi dan pelatihan identifikasi kerusakan bangunan akibat gempa dan kebakaran di SMAK Cakranegara Mataram. Jurnal PEPADU, 2(1). <https://doi.org/10.29303/jurnalpepadu.v2i1.286>.

- Putri, R. F., Wibirama, S., Mardiatno, D., Giyarsih, S. R., & Sri Sumantyo, J. T. (2019). Investigating a conservation area based on tsunami hazard mapping in land use planning of Sand Dune Parangtritis Area, Yogyakarta, Indonesia. Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences: Part B, 56(2).
- Rahardian, H. (2019). Tsunami. Nuansa Cendekia.
- Tim Pusat Studi Gempa Nasional. (2017). Peta sumber dan bahaya gempa Indonesia tahun 2017. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Universitas Pertamina. (2024). Indonesia rawan bencana, teknik geologi UPER ambil peran dengan memberikan edukasi tentang mitigasi dan adaptasi bencana. <https://universaspertamina.ac.id/berita/detail/indonesia-rawan-bencana-teknik-geologi-uper-ambil-peran-dengan-memberikan-edukasi-tentang-mitigasi-dan-adaptasi-bencana>.