

**ANALISIS *DIGITAL ELEVATION MODEL* (DEM) DAN PREDIKSI JALUR
TERCEPAT PADA DAERAH RAWAN TSUNAMI SELATAN PULAU JAWA
(STUDI KASUS KABUPATEN PURWOREJO JAWA TENGAH)**

Iqbal Hanun Azizi¹, Achmad Ruchlihadiana T., Ir., MM.², Levana Apriani S.T., M.T.²

Teknik Geodesi Universitas Winaya Mukti, Bandung

ABSTRACT

A tsunami is a disaster caused by a wave from the soil-based caused by plate shifts, landslides, volcanic eruptions, or the fall of meteors and then forwarded into large sea waves. To minimize the incidence of casualties during a disaster, it is necessary to have insight into the community regarding the tsunami disaster and how to carry out evacuations independently. In this case, the community must know the time it takes to evacuate after the tsunami warning alarm is informed, which is about 15-17 minutes before the estimated arrival of the tsunami waves. This research has two activities carried out with the concept of a Geospatial information system, namely the overlay and weighting method from DEMNAS and DEM Google Earth which is compared with a map of tsunami-prone areas from BNPB for a map of tsunami-prone areas and the network analyst method to find out the fastest path and the estimated time needed to carry out an evacuation.

Keywords : *Tsunami, Evacuation, GIS, Network Analysis*

ABSTRAK

Tsunami merupakan suatu bencana yang diakibatkan oleh suatu gelombang dari dasar tanah yang diakibatkan pergeseran lempeng, tanah longsor, erupsi gunung api, ataupun jatuhnya meteor kemudian diteruskan menjadi gelombang air laut besar. Untuk meminimalisir timbulnya korban jiwa pada saat bencana, maka perlunya wawasan terhadap masyarakat terkait bencana tsunami dan cara melakukan melakukan evakuasi secara mandiri. Dalam hal ini masyarakat harus mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk melakukan evakuasi setelah alarm peringatan terjadinya bencana tsunami di informasikan yaitu sekitar 15-17 menit sebelum perkiraan datangnya gelombang tsunami. Penelitian ini memiliki dua kegiatan dilakukan dengan konsep sistem informasi Geospasial yaitu metode overlay dan pembobotan dari DEMNAS dan DEM Google Earth yang dibandingkan dengan peta daerah rawan tsunami dari BNPB untuk peta daerah rawan tsunami serta metode network analyst untuk mengetahui jalur tercepat dan estimasi waktu yang dibutuhkan untuk melakukan evakuasi.

Kata Kunci : *Bencana Tsunami, Evakuasi, Dampak, SIG, Analisis Jaringan*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan sekaligus menjadi negara yang diapit oleh pertemuan tiga lempeng besar antara lain Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Pasifik. Pulau Bali dan sekitarnya adalah bagian dari seismotektonik Indonesia. Daerah tersebut dilalui jalur pegunungan Mediterania dan terdapatnya zona subduksi akibat pertemuan antara Lempeng Eurasia dan Lempeng Indo-Australia. Pada bulan September tahun 2020, terdapat riset penelitian dari ITB dan BMKG terkait tsunami dan gempa mengemukakan pendapat bahwa berdasarkan pemodelan-pemodelan skenario kebencanaan bahwa sepanjang selatan Pulau Jawa akan terjadi tsunami dengan skala masif dan segmen-segmen megathrust dan diprediksi setinggi 20 meter menghantam selatan Pulau Jawa.

Pada selatan pulau jawa terdiri atas beberapa kabupaten salah satunya Kabupaten Purworejo merupakan salah satu kabupaten yang berada di selatan pulau jawa. Terkait dengan tindakan evakuasi agar berjalan dengan lancar diperlukan adanya analisis daerah mana saja yang akan terdampak dari tsunami dan analisis posisi dan rute terbaik dengan asumsi ketinggian *terrain* yang sudah masuk pada zona hijau terhindar dari zona rawan tsunami dengan jarak tempuh dalam 15-17 menit dari tempat paling terdampak. Dalam hal ini perlu peta mitigasi bencana beserta estimasi waktu evakuasi ini akan berguna sebagai informasi bagi masyarakat Kab. Purworejo apabila terjadi bencana tsunami terutama saat setelah informasi BMKG keluar setelah 3-5 menit kemudian.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dan tugas akhir ini dilakukan di Kabupaten Purworejo.



Gambar 1. Peta Administrasi Kabupaten Purworejo

Dalam penelitian ini menggunakan metode analisis untuk beberapa pengolahan data. Adapun penggunaan metode analisis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Metode *Scoring* dan Pembobotan

Metode ini memberikan nilai untuk setiap kelas parameter untuk menentukan tingkat kemampuan berdasarkan kriteria yang ditentukan serta pemberian nilai pembobotan dilakukan secara kualitatif tergantung pada ketentuan bobot dari suatu peristiwa yang ingin dianalisis. Pemberian nilai ini didasarkan pada kriteria yang ditetapkan. Dalam menentukan pembobotan memiliki konsep pengambilan keputusan dalam proses yang menggabungkan berbagai faktor, memberikan bobot untuk masing-masing faktor tersebut.

2. Metode *Network Analyst*

Metode ini merupakan salah satu fungsi analisis pada SIG yang berguna bagi suatu organisasi yang mengelola atau menggunakan fasilitas berdasarkan suatu jaringan seperti sistem utilitas, transmisi, dan transportasi serta metode ini dilakukan untuk menemukan jalur terpendek antara dua titik. Dengan memodelkan jalur perjalanan potensial dengan jaringan, dimungkinkan untuk melakukan analisis yang terkait dengan pergerakan minyak, truk, atau objek lain di jaringan. Analisis jaringan yang paling umum adalah menemukan jalur terpendek antara dua titik. ArcGIS mengelompokkan jaringan ke dalam dua kategori yaitu jaringan utilitas dan network dataset.

membangun topologi adalah menentukan aturan yang berlaku untuk setiap elemen yang dibangun. Aturan ini digunakan untuk menjaga integritas data.

Pembangunan *network dataset*

Network dataset dibangun berdasarkan pada *feature dataset* yang telah dibuat. Hal yang harus dijadikan patokan saat membangun *network dataset* yaitu memastikan bahwa atribut yang digunakan di jaringan cocok dengan bidang yang digunakan untuk membuat jaringan sebagaimana dimaksud. Atribut yang digunakan untuk membuat *network dataset* adalah *cost* dan *restriction*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

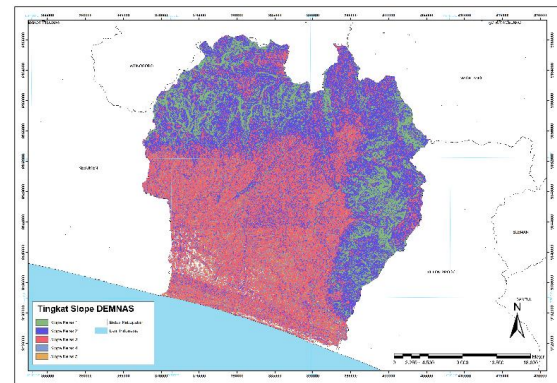
Hasil Raster Wilayah Lereng

Hasil pembuatan raster wilayah lereng dari data dasarnya dari DEM Nasional dan DEM *Google Earth* menghasilkan klasifikasi kelas kemiringan. Satuan kemiringan lereng dalam penelitian ini adalah persen. Hasil klasifikasi raster wilayah lereng terbagi menjadi 5 klasifikasi. Hasil luasan klasifikasi wilayah lereng tersebut di representasikan pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil Luasan *Slope DEMNAS*

No	Kelas <i>Slope</i>	Klasifikasi	Luas Area (km ²)
1	Kelas 1	0-2%	147.7214
2	Kelas 2	3-5%	395.8409
3	Kelas 3	6-15%	411.3237
4	Kelas 4	16-40%	83.7784
5	Kelas 5	>40%	39.0814

Dalam hal ini, tabel saja tidak dapat menggambarkan lokasi wilayah yang diklasifikasikan. Berikut hasil klasifikasi raster wilayah lereng DEMNAS pada Gambar 3.

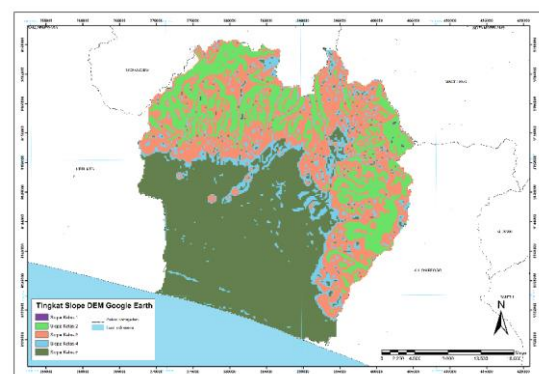


Gambar 3. *Slope Raster DEMNAS*

Adapun hasil luasan dari pembandingnya yaitu DEM *Google Earth* yang di representasikan pada Tabel 3. Sedangkan hasil hasil klasifikasi raster wilayah lereng DEM *Google Earth* pada Gambar 4.

Tabel 3. Hasil Luasan *Slope DEM Google Earth*

No	Kelas <i>Slope</i>	Klasifikasi	Luas Area (km ²)
1	Kelas 1	0-2%	0.3863
2	Kelas 2	3-5%	208.0677
3	Kelas 3	6-15%	312.3275
4	Kelas 4	16-40%	96.3414
5	Kelas 5	>40%	472.4308



Gambar 4. *Slope Raster DEM Google Earth*

Hasil Raster Ketinggian

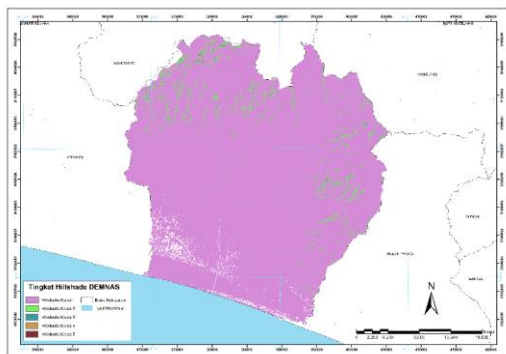
Hasil pembuatan raster wilayah lereng dari data dasarnya dari DEM Nasional dan DEM *Google Earth* menghasilkan klasifikasi kelas kenampakan ketinggian. Hasil klasifikasi raster ketinggian terbagi menjadi 5

klasifikasi. Hasil luasan klasifikasi wilayah ketinggian tersebut di representasikan pada Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil Luasan *Hillshade* DEMNAS

No	Kelas <i>Hillshade</i>	Klasifikasi	Luas Area (km ²)
1	Kelas 1	<10m	1036.9489
2	Kelas 2	11-25m	30.2636
3	Kelas 3	26-50m	2.1039
4	Kelas 4	51-100m	0.2351
5	Kelas 5	>100m	0.1051

Hillshade hanya mempresentasikan kenampakan tiga dimensi. Sehingga yang memiliki ketinggian ialah yang terlihat dari shadow yang tercipta dari sinar matahari dari setting parameter azimuth dan *altitude*. Berikut hasil klasifikasi raster wilayah lereng DEMNAS pada Gambar 5.

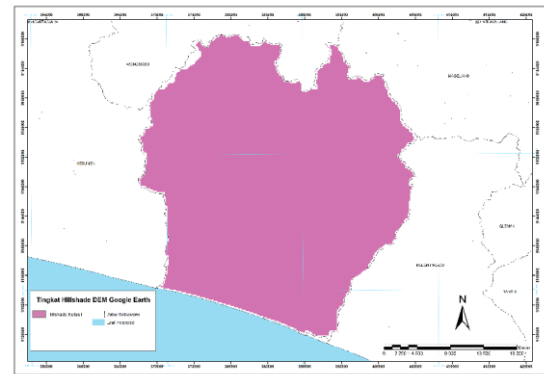


Gambar 5. *Hillshade* Raster DEM Google Earth

Adapun hasil luasan *hillshade* dari pembandingnya yaitu DEM *Google Earth* yang di representasikan pada Tabel 5. Sedangkan hasil klasifikasi raster ketinggian DEM *Google Earth* pada Gambar 6.

Tabel 5. Hasil Luasan *Hillshade* DEMNAS

No	Kelas <i>Hillshade</i>	Klasifikasi	Luas Area (km ²)
1	Kelas 1	<10m	1055.4461
2	Kelas 2	11-25m	0
3	Kelas 3	26-50m	0
4	Kelas 4	51-100m	0
5	Kelas 5	>100m	0



Gambar 6. *Hillshade* Raster DEM Google Earth

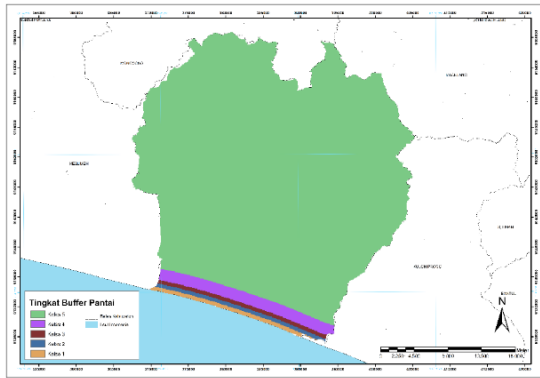
Hasil Raster Jarak dari Garis Pantai

Setelah melakukan analisis terhadap *hillshade* dan *slope* adapun parameter pembuatan wilayah terdampak tsunami, maka perlu adanya range radius jarak dari garis pantai. Jarak dari lokasi ke garis pantai diperkirakan sebagai kerentanan terhadap ancaman tsunami berdasarkan jangkauan rambat tsunami, dan ketika gelombang berada di garis pantai, tinggi gelombang tsunami berkurang seiring dengan bertambahnya jarak. Peta jarak dari garis pantai diklasifikasikan menjadi 5 kelas. Hasil luasan klasifikasi wilayah *buffer* garis pantai tersebut di representasikan pada Tabel 6 sebagai berikut.

Tabel 6. Hasil Luasan *Buffer* Garis Pantai

No	Kelas <i>Buffer</i>	Klasifikasi	Luas Area (km ²)
1	Kelas 1	0-500m	10.7166
2	Kelas 2	501-1000m	11.7071
3	Kelas 3	1001-1500m	11.8609
4	Kelas 4	1501-3000m	36.6027
5	Kelas 5	>3000m	1015.6193

Wilayah dari Kabupaten Purworejo semakin dekat dari garis pantai, maka semakin tinggi risiko terkena dampak tsunami. Dalam hal ini, sangat berpotensi menimbulkan korban jiwa apabila aktivitas masyarakat ramai disaat bencana tsunami melanda. Berikut hasil klasifikasi ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Buffer Poligon Pantai

Hasil yang didapatkan dari buffer garis pantai memiliki maksud bahwa wilayah radius 0-100m dari garis pantai memiliki potensi bahaya tsunami yang paling tinggi dan diikuti dengan kelas 2 yang mempunyai potensi bahaya tsunami tinggi pula. Dalam hal ini pula hubungan dari garis pantai memiliki keterikatan cukup erat dengan bencana tsunami yaitu semakin dekatnya dengan garis pantai maka potensi bahaya bencana tsunami semakin tinggi dan semakin jauhnya dengan garis pantai maka potensi bahaya bencana tsunami maka semakin kecil.

Raster Jarak dari Sungai

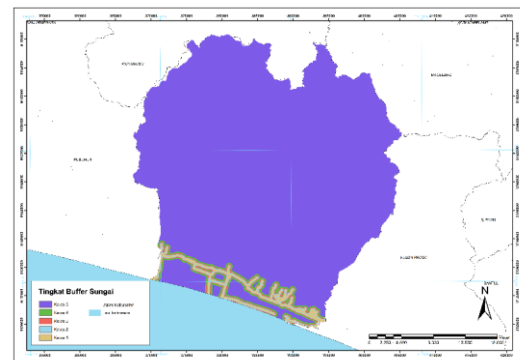
Pada bencana tsunami adanya sungai bisa menambah parahnya dampak kerusakan wilayah dari bencana tersebut. Dalam hal ini disebabkan karena arus tsunami diteruskan melalui sungai yang terhubung oleh laut atau pesisir. Hal tersebut juga mengakibatkan apabila gelombang tsunami menerjang sungai, maka gelombang akan sangat leluasa menembus daratan dan tak ada yang menghalangi. Pada penelitian ini buffer sungai juga diklasifikasikan dalam 5 kelas. Hasil luasan klasifikasi wilayah *buffer* garis pantai tersebut di representasikan pada Tabel 7 sebagai berikut.

Tabel 7. Hasil Luasan *Buffer* Garis Pantai

No	Kelas Buffer	Klasifikasi	Luas Area (km ²)
1	Kelas 1	0-500m	16.2383
2	Kelas 2	501-1000m	14.0952

No	Kelas Buffer	Klasifikasi	Luas Area (km ²)
3	Kelas 3	1001-1500m	12.6758
4	Kelas 4	1501-3000m	20.7358
5	Kelas 5	>3000m	1022.7613s

Wilayah dari Kabupaten Purworejo semakin dekat dari garis pantai, maka semakin tinggi risiko terkena dampak tsunami. Berikut hasil buffer dari sungai yang ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Buffer Poligon Sungai

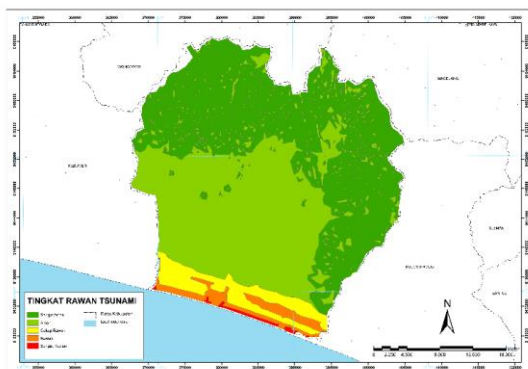
Peta Zona Daerah Rawan Bencana Tsunami

Hasil dari Overlay dan Pembobotan dari kedua DEM yaitu DEMNAS dan DEM Google Earth dengan parameter lainnya menghasilkan Peta Daerah Rawan Bencana Tsunami. Dari kedua peta yang dihasilkan memiliki keidentikan yang cukup sama terkait wilayah pemetaan rawan bencana tsunami walaupun pendefinisian ketinggian terdapat perbedaan. Sehingga dari hasil tersebut membuktikan bahwa DEM dari ekstraksi *software Google Earth* memiliki ketelitian kurang lebih cukup sama dengan syarat pengambilan titik elevasinya harus rapat.

Tabel 8. Perbandingan DEM

Peta Hasil DEMNAS	Peta Hasil DEM Google Earth

Dalam hal ini untuk wilayah hasil rawan identik sama dengan DEMNAS yang memiliki ketelitian cukup detil. Dikarenakan daerah memiliki bentuk yang sama sehingga dapat menggunakan salah satu dari hasil peta daerah rawan bencana tsunami. Setelah itu dilakukan generalisasi untuk menghasilkan peta daerah rawan yang sesuai kaidah kartografi. Berikut peta setelah generalisasi ditampilkan pada Gambar 9.

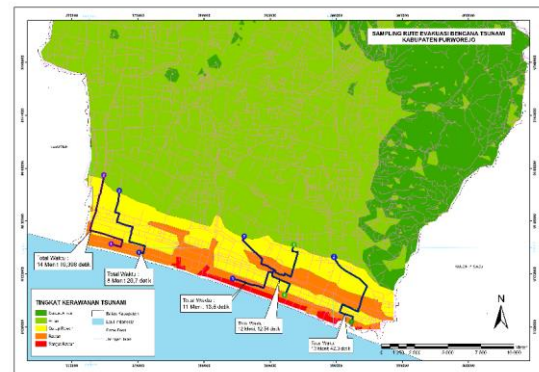


Gambar 9. Peta Daerah Rawan Tsunami Kabupaten Purworejo

Peta Estimasi Waktu Evakuasi Bencana Tsunami Kabupaten Purworejo

Simulasi waktu rute digunakan untuk menganalisis waktu tempuh evakuasi dari bencana tsunami setelah terbitnya informasi peringatan gempa yang berpotensi tsunami atau sirine dari pesisir pantai. Waktu yang harus ditempuh harus bisa kurang dari 15 menit dihitung dari setelah adanya peringatan tsunami yang dikirim estimasi maksimal 1 menit dari kejadian gempa bumi. Metode yang akan digunakan untuk menganalisa waktu tersebut dibutuhkan tahap topologi agar jaringan jalan tidak ada yang berpotongan dan harus *single part*. Perhitungan waktu yang dibutuhkan memerlukan atribut panjang jalan dan kecepatan. Setelah itu dilakukan pembentukan network dataset. Dalam tahap tersebut membentuk sebuah sistem network junctions. Dalam hal ini setiap jaringan jalan menjadi point dan menjadi titik awal dan akhirnya. Hasil akhir pada penelitian ini disajikan dalam bentuk peta. Berikut peta estimasi waktu evakuasi

bencana tsunami pada Kabupaten Purworejo yang ditampilkan pada Gambar 10.



Gambar 8. Peta Estimasi Waktu Jalur Evakuasi

Pada peta yang disajikan dilakukan lima kali sampling jalur untuk menguji waktu tempuh yang dibutuhkan untuk melakukan evakuasi. Parameter kecepatan yang dimasukan berdasarkan waktu rute jalan dengan kepadatan yang cukup rapat (lalu lintas padat). Berikut hasil waktu dari network analyst yang telah dibangun dipresentasikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Jumlah Waktu yang ditempuh untuk Evakuasi Tsunami

No	Sampel Jalur	Waktu Tempuh	Lokasi Zona Hijau yang dituju
1	Jalur 1	14 menit 16.398 detik	Desa Mangunjayan Kecamatan Butuh
2	Jalur 2	8 menit 20.7 detik	Desa Bendungan Kecamatan Grabag
3	Jalur 3	11 menit 13.5 detik	Desa Aglik Kecamatan Grabag
4	Jalur 4	12 menit 12.54 detik	Desa Ringgit Kecamatan Ngombol
5	Jalur 5	13 menit 43 detik	Desa Candi Kecamatan Ngombol

KESIMPULAN

Hasil serangkaian penelitian dari analisis digital elevation model dan SIG jalur evakuasi prediksi tsunami selatan pulau jawa (studi kasus Kabupaten Purworejo Jawa Tengah) menunjukkan bahwa secara umum prediksi tsunami berada pada tingkat risiko kecil hingga sedang. Tingkat resiko tersebut dipengaruhi oleh radius dari garis pantai, ketinggian tempat, kemiringan lereng, dan radius dari sungai. Faktor yang paling berpengaruh adalah radius dari garis pantai dan

ketinggian. Hal ini dapat ditunjukkan sesuai dengan kesimpulan sebagai berikut.

1. Analisis perbandingan DEMNAS dan DEM Google Earth dari peta rawan bencana tsunami Kabupaten Purworejo memiliki hasil yang tidak jauh berbeda. Ditinjau dari faktor pengambilan ekstraksi titik elevasi maka hasil dari DEMNAS lebih teliti dibandingkan dengan DEM Google Earth.
2. Estimasi waktu tempuh rute penyelamatan atau jalur evakuasi pada bencana tsunami Kabupaten Purworejo yaitu 8 menit 20.7 detik untuk waktu tercepat dan 14 menit 16.398 detik untuk waktu terlama.

SARAN

Berdasarkan kegiatan penelitian ini, untuk lebih dapat meningkatkan hasil dari seluruh kegiatan yang dilakukan pada penelitian ini, berikut saran yang disampaikan:

1. Atribut lain seperti tipe permukaan jalan, pemberhentian lampu merah, dan pemodelan side gate jalan raya data jaringan tidak digunakan dalam penelitian ini. Untuk penyelidikan lebih lanjut, perlu diperhitungkan bahwa mengandung lebih banyak atribut agar pemodelan jaringan jalan dapat memperkirakan keadaan sebenarnya.
2. Pada penelitian selanjutnya dapat dijadikan sebagai acuan dasar dan dilanjutkan ke arah pemrograman webgis yang akan lebih mudah diakses dan bermanfaat untuk masyarakat pesisir.

DAFTAR PUSTAKA

Aqli, W. (2010). Analisa Buffer dalam Sistem Informasi Geografis Untuk Perencanaan Ruang Kawasan. *Inersia*, 6(2), 192–201. <https://doi.org/10.21831/inersia.v6i2.10547>

- Arfaini, J. (2016). Pembuatan DEM (Digital Elevation Model) Menggunakan Metode TIN , IDW , Dan Kriging dari Data Foto Udara. In Program Studi Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Astutik, Yuni. (2020). BMKG Simulasi Tsunami & Gempa Berkekuatan M 9,1, Ada Apa?. <https://www.cnbcindonesia.com/news/20201006195949-4-192365/bmkg-simulasi-tsunami-gempa-berkekuatan-m-91-ada-apa>
- Bappeda Provinsi NTB. (2013). Konsep Sistem Informasi Geografis. NTB.
- ESRI. (2011). ArcGIS Geodatabase Topology Rules. 94681–94681. Retrieved from https://pro.arcgis.com/en/proapp/latest/help/editing/pdf/topology_rules_poster.pdf
- ESRI. (2021). Network Analyst. <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/network-analyst/what-is-network-analyst-.htm>
- Fauzi, I. (2011). Penggunaan Algoritma Dijkstra dalam Pencarian Rute Tercepat dan Rute terpendek (Studi Kasus Pada Jalan Raya antara Wilayah Blok M dan Kota). In Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Hartoyo, G. M. E., Nugroho, Y., Bhirowo, A., & Khalil, B. (2010). Modul Pelatihan Sistem Informasi Geografis (SIG) Tingkat Dasar. In Tropenbos International Indonesia Programme (Vol. 1). Retrieved from <https://www.tropenbos.org>
- Irwansyah, E. (2013). Sistem Informasi Geografis: Prinsip Dasar dan Pengembangan Aplikasi. In Digibooks. Yogyakarta.
- Kementerian Pertahanan Republik Indonesia. (2016). Pencegahan Dan

- Mitigasi Bencana. In Bahan Pembelajaran Pencegahan dan Mitigasi (Vol. 53). Jakarta.
- Makdori, Yopi. (2021). Purworejo Sering Digoyang Gempa Besar, BMKG Sosialisasikan Mitigasi Bencana. <https://www.liputan6.com/news/read/4679934/purworejo-sering-digoyang-gempa-besar-bmkg-sosialisasikan-mitigasi-bencana>
- Nuuryagandhi, R. F. (2016). Implementasi Algoritma Dijkstra Untuk Objek Wisata di Kabupaten Pati. Retrieved from <https://lib.unnes.ac.id/27930/>
- Otok, B. W., & Ratnaningsih, D. J. (2019). Konsep Dasar dan Pengumpulan Penyajian Data. Sats4213/Modul 1, 1–45.
- Perko, R., Raggam, H., Gutjahr, K. H., & Schardt, M. (2015). Advanced DTM Generation From Very High Resolution Satellite Stereo Images. In ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (Vol. 2). <https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-3-W4-165-2015>
- Solikhin, A. (2020). Upaya Mitigasi Bencana Tsunami di Pesisir Selatan Jawa. In Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi-KESDM. Bandung.
- Sugandi, D., Somantri, L., & Sugito, N. T. (2009). Sistem Informasi Formasi Geografi (SIG). In Jurusan Pendidikan Geografi, Fakultas Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial, Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung.
- Sugito, N. T. (2008). Tsunami. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4399-4_56
- Thirafi, Hatif. (2021). BMKG: Gempa Magnitudo 8,7 dan Tsunami 29 Meter di Pantai Selatan Jawa Timur adalah Potensi bukan Prediksi. <https://www.bmkg.go.id/press-release/?p=bmkg-gempa-magnitudo-87-dan-tsunami-29-meter-di-pantai-selatan-jawa-timur-adalah-potensi-bukan-prediksi&tag=press-release&lang=ID>
- Wibowo, N. B., & Nurhaci, D. S. (2017). Analisa Shakemap dan Jenis Sesar Studi Kasus: Gempa bumi Terasa di Purworejo – Jawa Tengah. Indonesian Journal of Applied Physics, 7(1), 10. <https://doi.org/10.13057/ijap.v7i1.5066>