

Pemetaan Bencana Tsunami Menggunakan Metode Sistem Informasi Geografis Melalui Aplikasi ArcGis sebagai Upaya Preventif Potensi Gempa Megathrust di Pantai Sumbermanjing Malang

Tazkiya Voletta Alin^{1*}, Syaqueeena Almira Margo Mulyo²

^{1,2} SMP Islam Bani Hasyim

*Corresponding author

E-mail addresses: volinyuri123@gmail.com

Kata Kunci:

Megathrust, Tsunami, Hloss

Keywords:

Megathrust, Tsunami, Hloss.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan potensi bahaya tsunami sebagai upaya mitigasi preventif terhadap ancaman gempa megathrust di wilayah pesisir Pantai Sumbermanjing, Kabupaten Malang. Indonesia sebagai negara yang berada di pertemuan tiga lempeng tektonik memiliki risiko tinggi terhadap bencana gempa dan tsunami, terutama di wilayah pesisir selatan Jawa yang berbatasan langsung dengan Samudera Hindia. Oleh karena itu, diperlukan upaya pemetaan bahaya guna mengurangi risiko kerugian jiwa dan material.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan bantuan aplikasi ArcGIS. Data yang digunakan meliputi data DEM SRTM untuk analisis kemiringan, peta tutupan lahan untuk menentukan koefisien kekasaran permukaan, garis pantai, serta skenario ketinggian gelombang tsunami. Proses analisis dilakukan melalui pemodelan genangan tsunami menggunakan model Hloss dan fungsi cost distance untuk mengetahui sebaran dan batas genangan berdasarkan berbagai skenario ketinggian gelombang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat bahaya tsunami di wilayah penelitian bervariasi tergantung pada ketinggian gelombang. Pada ketinggian 1 meter, luas genangan sebesar 0,461 km² dengan kategori sangat rendah. Pada ketinggian 2 meter, luas genangan meningkat menjadi 1,738 km².

Sementara itu, pada ketinggian 5 meter, luas genangan mencapai 4,364 km² dengan kategori rendah. Pada ketinggian 15 meter, luas genangan meningkat signifikan menjadi 17,419 km² (kategori tinggi), dan pada ketinggian 30 meter mencapai 25,958 km² dengan kategori sangat tinggi. Kesimpulannya, semakin tinggi gelombang tsunami, semakin luas wilayah terdampak. Faktor kemiringan dan kekasaran permukaan turut memengaruhi tingkat penyebaran genangan. Pemetaan ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam perencanaan mitigasi bencana, seperti penentuan jalur evakuasi dan lokasi pengungsian, serta meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat terhadap potensi tsunami di wilayah pesisir Sumbermanjing.

ABSTRACT

This study aims to map tsunami hazard potential as a preventive mitigation effort against the threat of megathrust earthquakes in the coastal area of Sumbermanjing, Malang Regency. Indonesia, located at the convergence of three major tectonic plates, is highly vulnerable to earthquakes and tsunamis, particularly along the southern coast of Java which directly faces the Indian Ocean. Therefore, hazard mapping is essential to minimize potential loss of life and property. The method used in this research is a Geographic Information System (GIS) approach utilizing ArcGIS software. The data employed include DEM SRTM for slope analysis, land cover maps to determine surface roughness coefficients, coastline data, and various tsunami wave height scenarios. The analysis process involves tsunami inundation modeling using the Hloss model and the cost distance function to determine the distribution and extent of inundation under different wave height scenarios. The results indicate that tsunami hazard levels vary depending on wave height. At a wave height of 1 meter, the inundation area is 0.461 km², categorized as very low hazard. At 2 meters, the inundation area increases to 1.738 km². At 5 meters, the inundation area reaches 4.364 km², classified as low hazard. At 15 meters, the inundation expands significantly to 17.419 km² (high hazard), and at 30 meters, it reaches 25.958 km², categorized as very high hazard. In conclusion, higher tsunami wave heights result in broader affected areas. Slope and surface roughness are important factors influencing the extent of inundation. This mapping is expected to serve as a basis for disaster mitigation planning, including evacuation route design and shelter location, as well as to improve community preparedness for potential tsunami hazards in the Sumbermanjing coastal area.

1. PENDAHULUAN

Gempa *megathrust* sering kali menjadi topik perbincangan para masyarakat di Indonesia. *Issue megathrust* muncul pertama kali karena adanya peristiwa *megathrust* berkekuatan 7 *Magnitude* yang terjadi di Kyusu, Jepang di awal bulan Agustus 2024 (Daryono, 2024). Adanya *issue* gempa *Megathrust* ini dikarenakan faktanya wilayah selatan Jawa dan Jepang memiliki kesamaan secara garis geologi, yang dimana gempa *megathrust* terjadi di zona subduksi. Zona *megathrust* bukanlah peristiwa yang baru, melainkan gempa *megathrust* ini sudah ada sejak jutaan tahun yang lalu, sudah tercatat bahwa zona selatan Jawa memang sangat perlu diwaspadai karena sifatnya yang aktif. Dalam sejarah, selatan Jawa sudah beberapa kali mengalami gempa yang besar, hal itu bisa terjadi karena *magnitude* yang kuat yang dapat mencapai 0,8 *magnitude*. (Firdausiyah, 2022). Dengan adanya *issue* seperti ini wajar bahwa masyarakat harus tetap waspada, semisal akan adanya peristiwa gempa *megathrust*.

Indonesia memasuki peringkat pertama dengan resiko tsunami tertinggi di dunia (Aditya Yudha, 2022). Hal itu terjadi karena Indonesia berada di pertemuan 3 lempeng tektonik yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Pasifik, dan Lempeng Indo-Australia. Tsunami yang pernah terjadi di Jawa Timur ada Kota Banyuwangi, yang merupakan tsunami terbesar kedua di Indonesia. Tsunami tersebut terjadi pada 3 Juni 1994 sekitar pukul 02.00 WIB. Tsunami menerjang wilayah Dusun Pancer, Rajagwesi, Lampon, Pantai Grajagan, dan Taman Nasional Alas Purwo. Gempa yang terjadi sebelum adanya tsunami berkekuatan 7.2 Skala Richter. Tsunami Banyuwangi ini menyebabkan 250 orang meninggal, 127 orang hilang, 424 orang terluka, 1.500 rumah rusak, 278 perahu rusak dan hilang. Efek dari tsunami tersebut mencapai pantai Banyuwangi, Jember, Malang, Blitar, Tulung Agung, dan Pacitan (Nurokhim, 2024). *Megathrust* dalam istilah ilmu bumi yaitu kata “*mega*” yang artinya besar dan “*trust*” menunjukkan pada gerakan lempeng bumi yang menimbulkan gempa serta memicu gelombang tsunami. Jika antara dua benua bertemu akan terjadi bencana gempa yang di sebut *megatruster* (Daryono, 2020). Wilayah pertemuan dari lempeng tersebut bisa disebut zona subduksi jika dilihat dari sudut pandang geologi tektonik. Gempa *megatruster* memiliki kekuatan *magnitudo* yang sangat besar dan menimbulkan getaran besar yang bisa memicu gelombang tsunami menuju ke daratan. Zona kejadian gempa bumi di Indonesia dapat di jabarkan menjadi tiga yakni zona subduksi (zona penunjaman lempeng), zona transform, dan zona sumber sesar kerak bumi dengkal. Faktanya pulau Jawa termasuk daerah rawan bencana alam hal ini terjadi karena zona Selatan Jawa bertubrukan dengan lempeng Eurasia utara. Selatan Jawa termasuk wilayah zona *megatruster* subduksi lempeng. Gempa *megatruster* Selatan Jawa biasa mencapai hingga 8.7 Skala Richter, badan penanggulangan bencana daerah (BPDB) mencatat ada dua gempa bumi yang terjadi di zona Subduksi Jawa pada tahun 1994 mengakibatkan banyak korban serta kerusakan lingkungan yang besar (Daryono, 2021).

Sumbermanjing adalah suatu wilayah di kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur. Memiliki pusat pemerintahan di desa Argotirto, sebagian topografi Kecamatan Sumbermanjing berupa dataran tinggi (perbukitan) yang ketinggiannya 0-650 meter diatas permukaan laut (Lestari, 2021). Wilayah Sumbermanjing memiliki penduduk sebanyak 100.065 jiwa terdiri dari 31.691 ribu kepala keluarga (Putra, 2021). Rata rata mata pencaharian masyarakat Sumbermanjing sebagai petani. Daerah Selatan Kecamatan Sumbermanjing merupakan wilayah pesisir pantai karena berhadapan langsung dengan samudera hindia (Isdianto, 2022).

Tercatat sampai saat ini belum ada bencana tsunami di pesisir pantai selatan Sumbermanjing meski begitu warga tetap waspada semisal akan di landa tsunami, mengingat pesisir pantai selatan Sumbermanjing yang berhadapan langsung Samudera Hindia dan zona subduksi wilayah Malang juga termasuk zona subduksi. Subduksi yaitu terjadi pada 2 lempeng yang bertemu satu sama lain. (Alif, 2021).

Penelitian ini dilakukan dengan sistem informasi geografis (SIG) dengan aplikasi ArcGis. Sistem SIG adalah sistem computer yang dapat menyimpan berbagai macam informasi alam (geografis), sistem SIG ini juga memiliki keunggulan mengintegrasikan social dan ekonomi. Penelitian ini juga dapat membangun upaya mitigasi bencana tsunami untuk membantu warga yang tinggal di wilayah rawan bencana agar tidak terkena dampak negatif seperti banyaknya korban jiwa, kerugian ekonomi, maupun kerusakan bangunan, serta dengan adanya pemetaan ini agar dapat mengetahui sejauh mana bahaya dan resiko bencana tsunami bagi warga di daerah-daerah yang rawan bencana termasuk pesisir pantai Sumbermanjing Kabupaten Malang.

Perkembangan Sistem Informasi Geografis di Indonesia berkembang dengan baik dan dapat memudahkan pemerintah untuk merumuskan kebijakan dalam pembangunan, aplikasi Sistem Informasi Geografis dapat digunakan dalam bidang pemetaan wilayah, bencana, perencanaan tata ruang, ataupun pemodelan. Indonesia adalah negara yang rawan akan terjadinya bencana alam seperti banjir, tanah longsor, kebakaran, gunung meletus, dan tsunami, maka dari itu aplikasi ArcGis sangat diperlukan untuk pemetaan bencana sebagai upaya mitigasi khususnya pada penelitian ini dilakukan di pesisir pantai selatan Kecamatan Sumbermanjing menggunakan bantuan metode Sistem Informasi Geografis.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif berbasis analisis spasial dengan tujuan untuk memetakan tingkat bahaya tsunami sebagai upaya mitigasi preventif di wilayah pesisir Kecamatan Sumbermanjing, Kabupaten Malang. Pendekatan yang digunakan adalah Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan bantuan perangkat lunak ArcGIS. Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu pengumpulan data, pengolahan data, pemodelan, serta analisis hasil. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari berbagai sumber terpercaya. Data tersebut meliputi Digital Elevation Model (DEM) SRTM untuk analisis kelereng, data tutupan lahan (land cover) untuk menentukan koefisien kekasaran permukaan, peta rupa bumi, serta data garis pantai wilayah penelitian.



Gambar 1. Alur Pembuatan Peta Bahaya Tsunami

Data yang diperlukan untuk membuat peta bahaya diantaranya kekasaran permukaan, garis pantai, dan skenario ketinggian gelombang tsunami. Data yang akan dijadikan parameter untuk

menyusun model genangan dan ketinggian tsunami dengan menggunakan piksel koefisien bisa diakses dengan memasukkan nilai kekasaran pada peta tutupan lahan, kelerengn berpengaruh pada perhitungan pengerangan ketinggian pada genangan. Untuk mendapatkan peta kelerengn yaitu dengan menggunakan data DEM SRTM dan diolah menggunakan slope, parameter yang dibuat akan di model persamaann dengan membuat model builder yang di sediakan pada ArcGis 10.4. Data yang sudah terkumpul akan dilakukan pemodelan genangan tsunami dengan model yang dikembangkan Mesaveney dan Rottenbury (2000). Pemodelan genangan tsunami menggunakan model builder serta fungsi cost distance pada software. Cost distance memiliki tujuan agar mengetahui batas ma pada rambatan genangan tsunami, masukan pada Cost distance garis pantai sebagai sumber genangan (*source*) dan nilai *hloos* untuk *cost surface*. Tingkat bahaya tsunami dibagi menjadi 5 kelas, yaitu bahaya sangat rendah dengan ketinggian 2 meter, lalu bahaya rendah mencapai ketinggian 2-5 meter, bahaya sedang dengan ketinggian 5-15 meter, serta yang terakhir bahaya tinggi dan sangat tinggi bisa mencapai 15-30 meter dengan kawasan tergenang mencapai lebih dari 30 meter. Itu sudah termasuk bahaya yang sangat tinggi.

Data hasil analisis kemudian diinterpretasikan secara deskriptif untuk mengetahui luas wilayah terdampak serta tingkat bahaya tsunami di setiap skenario. Hasil akhir penelitian ini berupa peta bahaya tsunami yang dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan mitigasi bencana, seperti penentuan jalur evakuasi dan lokasi pengungsian di wilayah pesisir Sumbermanjing.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian kali ini dilakukan pada wilayah Kabupaten Malang tepatnya pada Kecamatan Gedangan yang memiliki enam desa di sekitarnya yaitu di Desa Gedangan, Desa Sumberejo, Desa Segaran, Desa Tumpakrejo, Desa Sindurejo, Desa Gajahrejo, dan Desa sidodadi. Untuk meneliti peta bahaya di penelitian kali ini dibantu oleh sistem ArcGIS dengan empat parameter, meliputi peta koefisien kekasaran, garis pantai, ketinggian gelombang, serta parameter kelerengn. Parameter yang pertama adalah kelerengn yang diperoleh dari *DEM SRTM 1 Arc-Second Global*, *DEM SRTM 1 Arc-Second Global* serta diproses menggunakan *slope* yang ada pada *raster surface* di menu *3D Analys Tools*, dengan hasil akhir kelerengn atau derajat. Hasil dari proses kelerengn pada desa gedangan yaitu 0 - 442574 derajat, Desa Sumberejo memiliki kelerengn yaitu 0 – 24,2007 derajat, Desa Segaran memiliki kelerengn yaitu 0 – 32,2765 derajat, Desa Tumpakrejo memiliki kelerengn yaitu 0 – 52,4869 derajat, Desa Sindurejo memiliki kelerengn yaitu 0 – 36,9024 derajat, Desa Gajahrejo memiliki kelerengn yaitu 0 – 41,0315 derajat, dan yang terakhir Desa Sidodadi memiliki kelerengn yaitu 0 – 60,3941 derajat.

3.1 PETA TUTUPAN LAHAN

Skor Koefisien dan Luas Tutupan Lahan

NO	keterangan	Luas (Km)
1	Badan Air	1,298
2	Hutan	111,991
3	Lahan Pertanian	0,405
4	Lahan Terbuka	18,432
5	Pemukiman	17,230
6	Perkebunan	19,156
7	Semak/Belukar	0,061

Pada tabel di atas dapat disimpulkan bahwa wilayah Kecamatan Gedangan memiliki mayoritas wilayah seperti badan air seluas 1,298 km², dilanjut dengan wilayah hutan seluas 111,991 km², lahan pertanian seluas 0,405 km², lahan terbuka seluas 18,432 km², pemukiman seluas 17,230 km², perkebunan seluas 19,156 km², serta Semak/Belukar seluas 0,061 km²

3.2 PETA KOEFISIEN KEKASARAN PERMUKAAN

NO	Keterangan	Skor Koefisien
1	Badan Air	0,007
2	Hutan	0,07
3	Lahan Pertanian	0,025
4	Lahan Terbuka	0,015
5	Pemukiman	0,045
6	Perkebunan	0,035
7	Semak/Belukar	0,04

Parameter yang kedua yaitu kekasaran permukaan yang di dapatkan pada peta tutupan lahan, yang mana pada datanya ditambah dengan kekasaran. Selanjutnya diresterkan dengan cara *polygon to raster* yang terdapat di bagian menu *conversion tools*, penelitian ini memiliki nilai koefisien kekasaran permukaan tertinggi hingga terendah. Nilai tertinggi dapat mencapai 0,07, sedangkan pada nilai terendah 0,007, kekuatan untuk menahan adanya terpaan gelombang tsunami dapat ditunjukkan pada nilai tertinggi koefisien. Dan sebaliknya, jika semakin rendah nilai koefisien dapat mempengaruhi kekuatan dalam menahan terpaan gelombang tsunami.

Parameter yang terakhir terdapat pada skenario ketinggian tsunami serta garis pantainya. Parameter yang digunakan pada garis pantai yaitu didapatkan di peta rupa bumi 1:25000 Kabupaten Malang, serta garis pantai yang dipakai yaitu pada wilayah Kecamatan Gondangan yang sesuai dengan lokasi yang diteliti. Skenario pada ketinggian gelombang tsunami yang telah digunakan yaitu pada ketinggian 1 meter yang difondasikan menurut badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, pada peristiwa tanggal 3 juni 1994 yang ada di wilayah Banyuwangi yaitu tsunami yang disebabkan oleh gempa tektonik yang kekuatannya mencapai 7,7 *magnitudo* pada dini hari. Sedangkan untuk skenario ketinggian pada gelombang 1 meter, 2 meter, 5 meter, 15, serta 30 meter diambil dari skala *immamura* dalam upaya *mitigasi* bencana alam.

3.3 Peta Bahaya Tsunami

Bahaya tsunami dapat diartikan sebagai kumpulan gelombang yang disebabkan oleh tsunami yang dapat mencapai garis pantai dan dapat merambat sampai ke daratan, dan akan menghasilkan luas genangan. Bahaya tsunami dirancang menggunakan model *Hloss*, terdapat beberapa faktor yang harus dibutuhkan dalam merancang pemodelan tsunami yaitu tinggi gelombang tsunami di garis pantai, koefisien kekasaran, serta kemiringan pada lereng.

Penentuan bahaya bencana tsunami memerlukan peran penting dari tinggi gelombang tsunami karena semakin tinggi pemodelan gelombang tsunami maka dampak yang di hasilkan dari gelombang tsunami akan semakin melebar dan meluas. Kemiringan lereng (*slope*) menjadi pengaruh nilai bahaya genangan dari gelombang tsunami. Kemiringan lereng yang besar di suatu wilayah juga membuat berkurangnya genangan yang masuk ke daratan.

Dalam membuat pemodelan bahaya tsunami dapat menjadi salah satu upaya dalam langkah pertama untuk mengukur sampai mana potensi terhadap adanya bencana yang diakibatkan oleh tsunami di Kecamatan Gedangan. Kecamatan Gedangan adalah salah satu wilayah yang rawan dalam adanya bencana alam, karena berhadapan langsung oleh Samudra Hindia yang mana memiliki potensi terhadap bencana alam, khususnya pada tsunami. Luas

pada genangan tsunami dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti topografi dalam suatu wilayah ataupun dipengaruhi oleh ketinggian pada tsunami di garis pantai. Karena sebab itu, pemodelan peta dibuat berdasarkan dari ketinggian gelombang yang ada pada pesisir pantai sebagai hal penting dalam upaya pemodelan *mitigasi* bencana.

Peta bahaya tsunami dibuat agar dapat mengetahui rambatan pada gelombang tsunami ketika memasuki kawasan daratan. Hasil dari proses pemodelan yang dilakukan mendapatkan hasil akhir berupa peta dengan jumlah sebanyak enam peta, peta bahaya yang sudah diproses selanjutnya akan dilakukan *reclassify* supaya mudah untuk menentukan pengelompokan bahaya serta luasan suatu wilayah yang tergenang. Setiap skenario terhadap ketinggian tsunami memiliki bahaya dan luas wilayah yang tergenang berbeda beda.

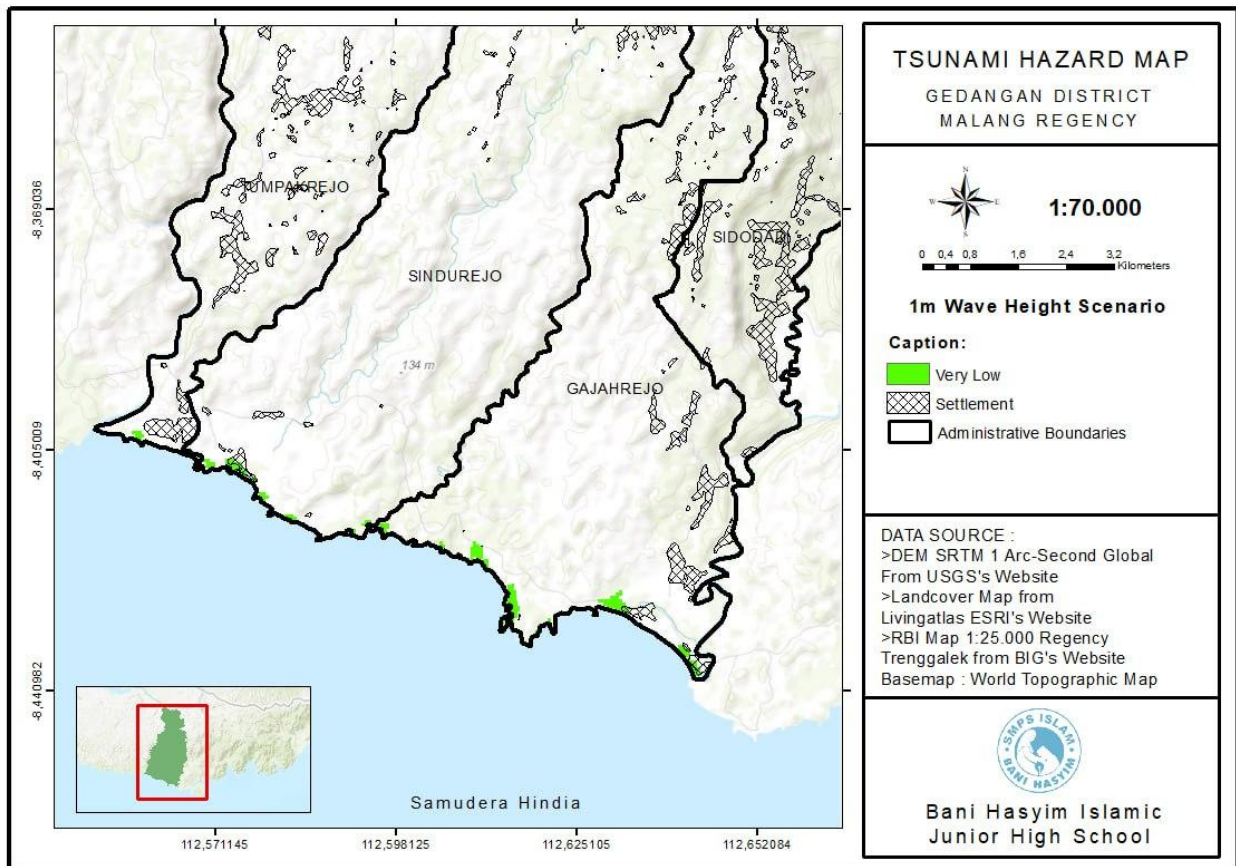
Bahaya tsunami dalam penelitian ini di bagi menjadi 4 klasifikasi yang sesuai dengan ketentuan Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) meliputi, yang pertama ketinggian tsunami yang sangat rendah dengan klasifikasi 1 meter, yang kedua ketinggian tsunami rendah dengan klasifikasi sebesar 2 meter, yang ketiga ketinggian tsunami dengan klasifikasi sedang sebesar 5 meter, yang keempat ketinggian tsunami dengan klasifikasi tinggi sebesar 15 meter, dan yang terakhir ketinggian tsunami dengan klasifikasi sangat tinggi sebesar 30 meter.

Berdasarkan pembahasan dari beberapa penelitian sebelumnya tentang pemetaan bahaya tsunami, menurut Latue dkk (2023) dan Pratama (2025) dengan luas wilayah yang tergenang dan kelas bahaya yang berbeda. Tinggi gelombang tsunami sangat di butuhkan untuk membuat peta bahaya tsunami, hal tersebut di karenakan tinggi gelombang yang ada pada garis pantai dapat mengukur tingkat seberapa jauh rambatan gelombang yang nantinya masuk ke kawasan daratan. Pemetaan dibuat agar mengetahui dan memprediksi berkurangnya tinggi gelombang ketika memasuki garis pantai, dengan menghitung di garis pantai beberapa kondisi antara lain tinggi gelombang, kekasaran, dan kemiringan pada lereng.

Kemudian proses selanjutnya membuat pemodelan genangan tsunami menggunakan *model builder* serta *cost distance* pada perangkat lunak ArcGIS. Parameter dimasukan satu persatu untuk *input* parameter ke dalam *model builder* pada *model hloss* yang telah di sempurnakan oleh Mcssaveny serta pattenbury (2000). Warna biru pada gambar yang telah di masukan memperlihatkan pada data *input* ataupun masukan, warna kuning memperlihatkan pada *tool*, serta warna hijau memperlihatkan pada *output*.

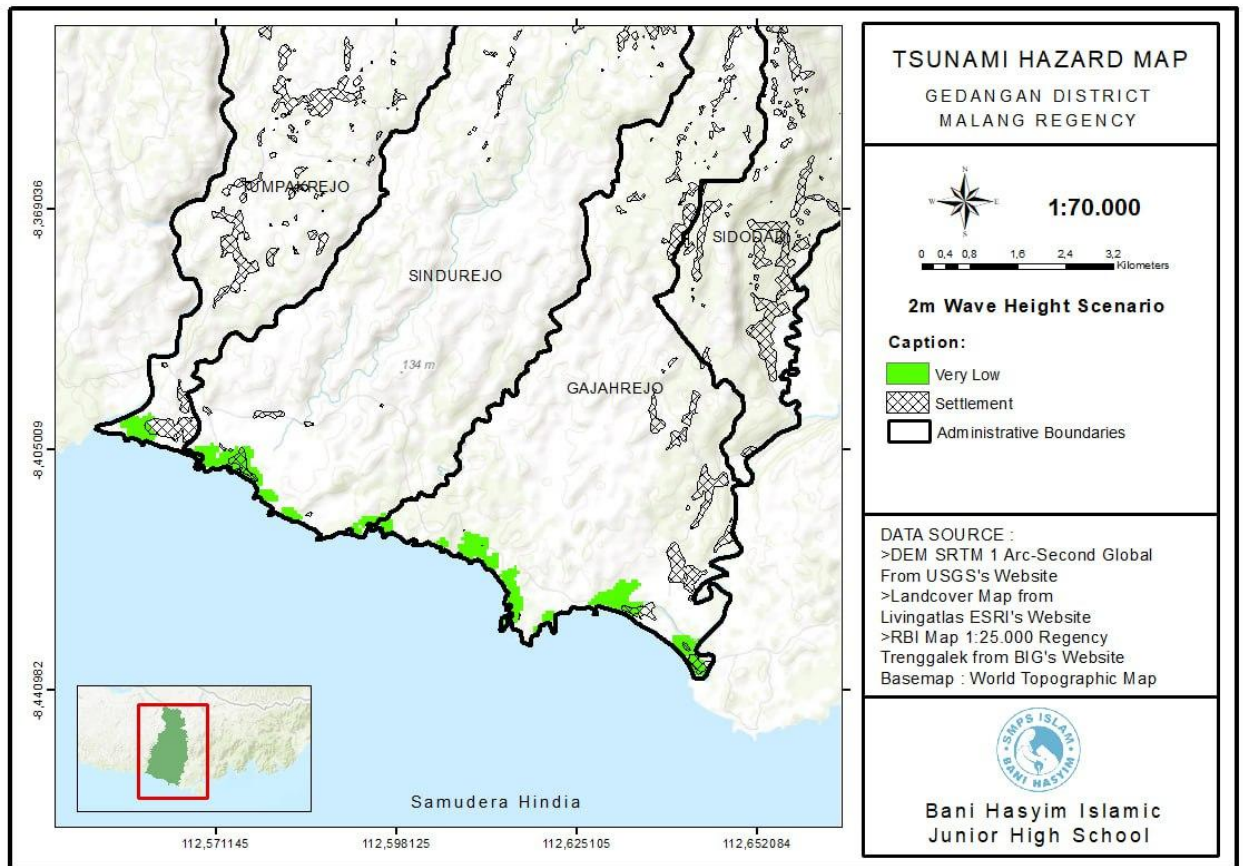
3.4 LUAS WILAYAH TERDAMPAK TSUNAMI

NO	Skenario Ketinggian Gelombang Tsunami (m)	2m (sangat rendah)	5m (rendah)	15m (sedang)	30m (tinggi)	Total Luas Genangan (km ²)
1	1meter	0,461	-	-	-	0,461
2	2 meter	1,738	-	-	-	1,738
3	5meter	4,054	4,364	-	-	4,364
4	15 meter	2,904	4,371	17,419	-	17,419
5	30 meter	3,159	4,223	14,995	25,958	25,958

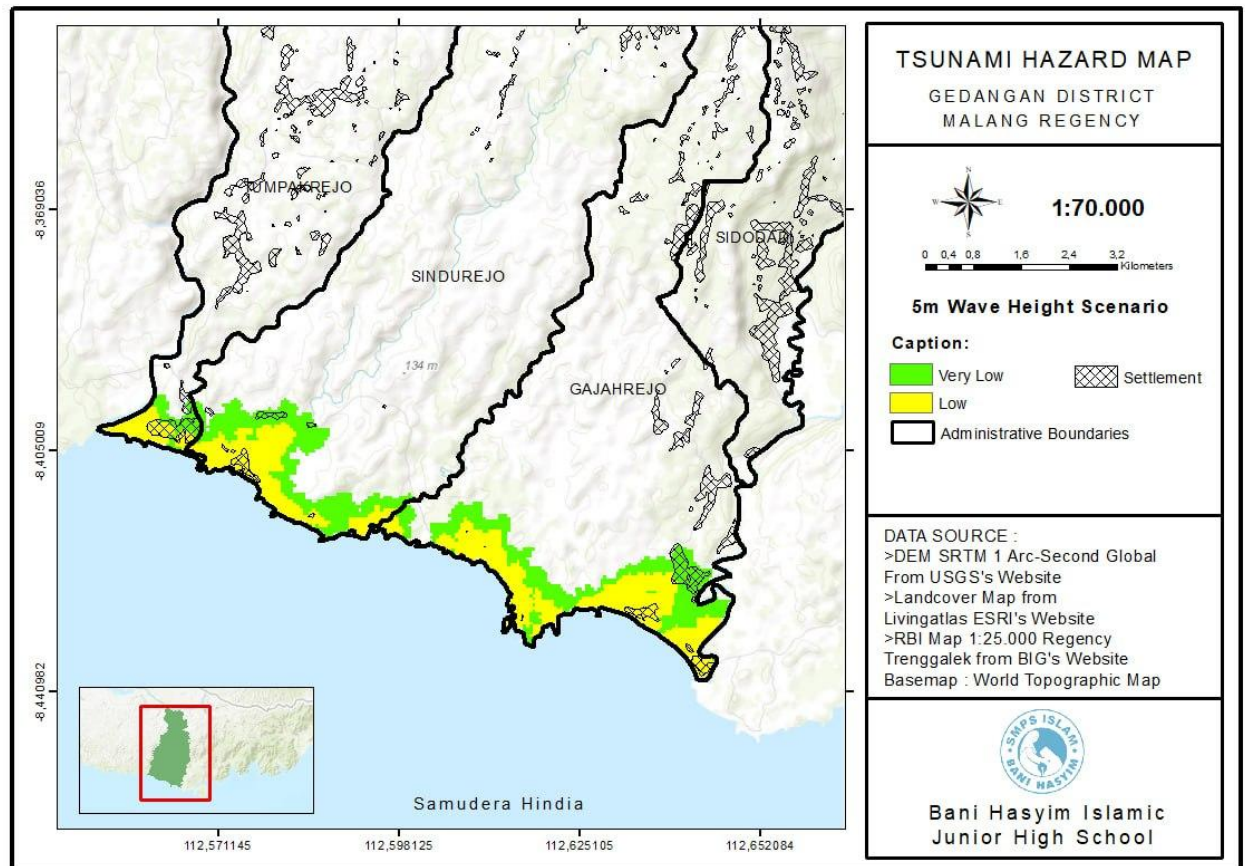


Berdasarkan skenario tabel ketinggian gelombang tsunami pada ketinggian 1 meter dengan klasifikasi bahaya sangat rendah dengan luasan genangan hanya seluas 0,461 km², wilayah yang terkena dampak genangan bahaya tsunami dengan ketinggian gelombang tsunami 1 meter di tepi pantai ada 3 desa diantaranya adalah Desa Gajahrejo, Desa Tumpakrejo, dan Desa Sindurejo. Pemukiman yang terdampak oleh genangan tsunami dengan ketinggian 1 meter seluas 0,06 km² dengan tingkatan sangat rendah.

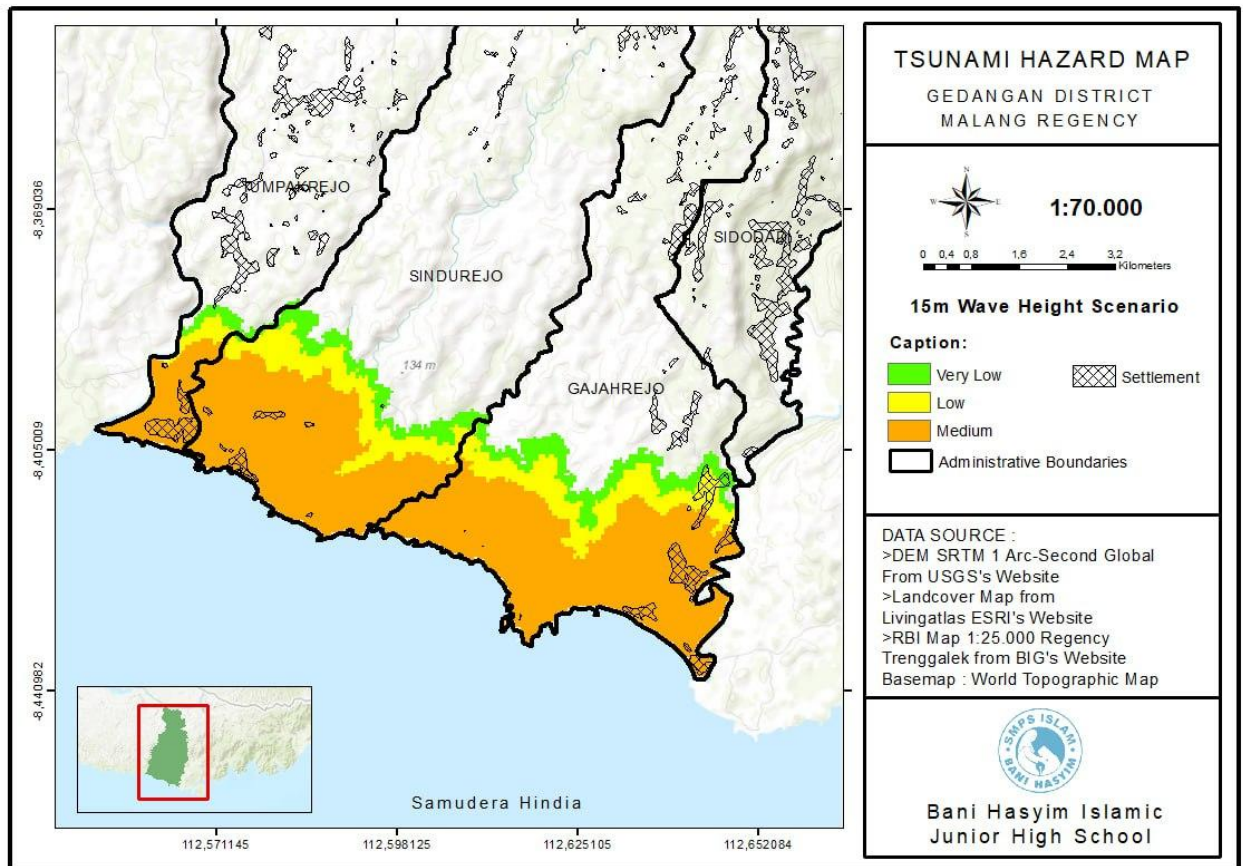
Pada ketinggian gelombang tsunami 1-5 meter dipengaruhi karena adanya faktor topografi atau kemiringan lereng yang rendah mengakibatkan suatu wilayah sangat rentan terhadap paparan tsunami karena dapat memungkinkan gelombang tsunami untuk mencapai daratan dengan tingkatan yang jauh lebih tinggi pada suatu daerah. Semakin rendah topografi di suatu daerah maka semakin berpotensi terpapar dampak negatif dari paparan tsunami (Akbar, dkk, 2020), faktor selanjutnya karena suatu daerah yang dekat dengan garis pantai yang mengakibatkan tsunami dapat merambat dengan cepat saat sampai ke daratan.



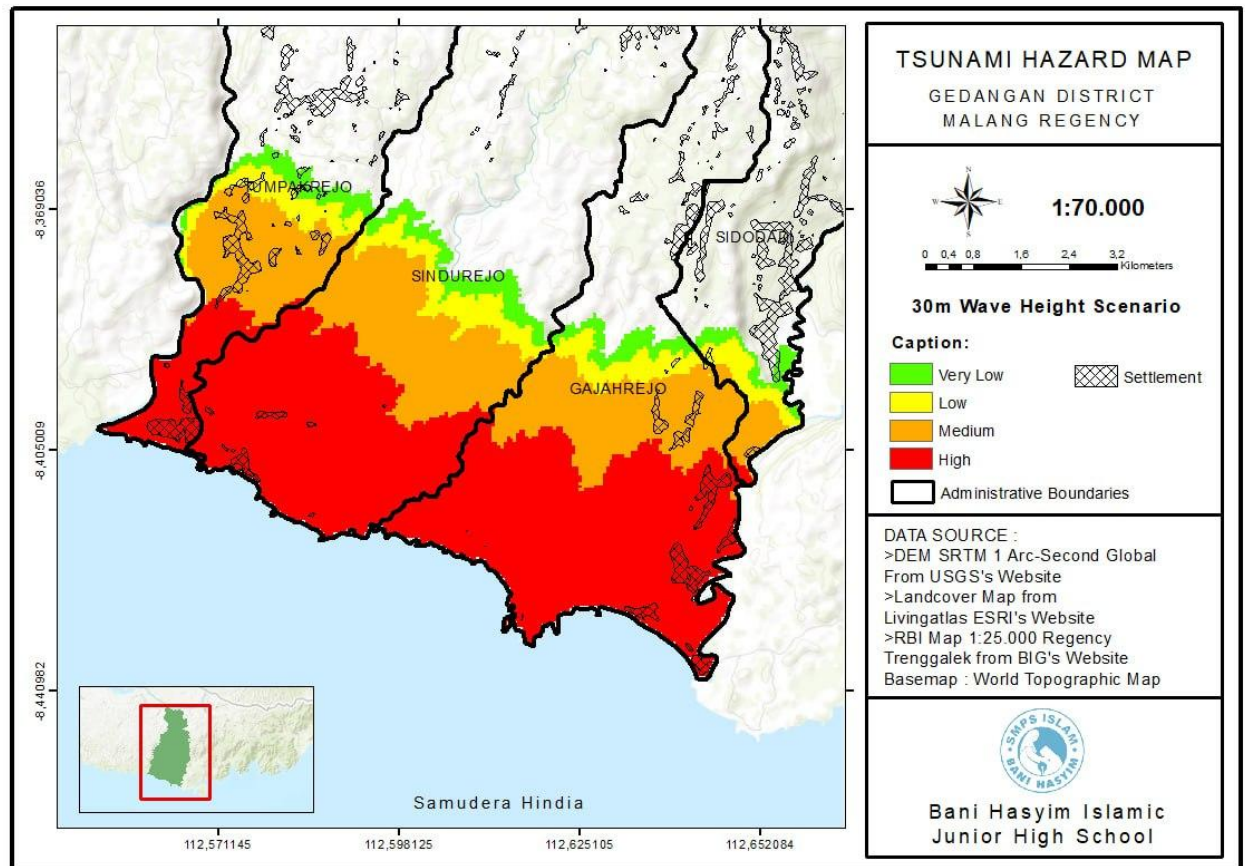
Selanjutnya ketinggian gelombang tsunami pada ketinggian 2 meter klasifikasi bahayanya masih sangat rendah karena luasan genangan 1,738 km², wilayah yang terkena dampak genangan bahaya tsunami dengan ketinggian gelombang tsunami 2 meter di tepi pantai sama halnya pada ketinggian 1 meter, terdapat 3 desa diantaranya adalah Desa Gajahrejo, Desa Tumpakrejo, dan Desa Sindurejo. Pemukiman yang terdampak oleh genangan tsunami dengan ketinggian 1 meter seluas 0,197 km², dengan tingkat bahaya sangat rendah.



Selanjutnya ketinggian gelombang tsunami di ketinggian 5 meter mulai memasuki klasifikasi bahaya rendah, dengan luasan genangan seluas 4,364 km², sama hal nya dengan genangan tsunami pada ketinggian 1 meter dan 2 meter wilayah yang terkena dampak genangan tsunami dengan ketinggian 5 meter di tepi pantai ada 3 desa diantaranya Desa Gajahrejo, Desa Tumpakrejo, serta Desa Sindurejo. Yang membedakan antara 1 meter dan 2 meter adalah luasan dari genangan tsunami. Pemukiman yang terdampak oleh genangan tsunami dengan ketinggian 5 meter seluas 0,371 km² dengan tingkat bahaya rendah.



Ketinggian gelombang tsunami pada ketinggian 15 meter sudah memasuki klasifikasi tinggi dengan luasan genangan 17,419 km². Wilayah yang terkena dampak genangan bahaya tsunami dengan ketinggian 15 meter di tepi pantai seperti ketinggian tsunami pada 1 meter, 2 meter, dan 5 meter yang menggenangi 3 desa yang sama diantaranya Desa Gajahrejo, Desa Tumpakrejo, dan Desa Sindurejo. Pemukiman yang terdampak oleh genangan tsunami dengan ketinggian 15 meter seluas 0,930 km² dengan tingkat bahaya sedang.



Terakhir terdapat ketinggian gelombang tsunami pada ketinggian 30 meter di ketinggian pada 30 meter sudah memasuki klasifikasi bahaya sangat tinggi dengan luas wilayah yang tergenang mencapai 25,958 km². Wilayah yang terkena dampak genangan bahaya tsunami dengan ketinggian 30 meter di tepi pantai ada 4 desa yang mendapatkan dampak dari genangan tsunami diantaranya Desa Gajahrejo, Desa Sindurejo, Desa Tumpakrejo, dan Desa Sidodadi dengan tingkat bahaya sangat tinggi. Pemukiman yang terdampak oleh genangan tsunami dengan ketinggian 30 meter seluas 1,115 km² dengan tingkat bahaya tinggi.

Pada ketinggian gelombang tsunami 15-30 meter diakibatkan oleh beberapa faktor utama seperti gempa bumi besar lebih dari 6 SR yang berada pada dasar laut yang mengakibatkan pergeseran dasar laut yang dapat menciptakan adanya gelombang tsunami ataupun dikarenakan adanya longsor yang terjadi pada dasar laut, terutama saat terjadinya gempa bumi yang dapat memicu gelombang tsunami, letusan gunung berapi juga dapat menciptakan gaya yang besar dalam waktu yang singkat (gaya impulsif) selanjutnya dapat di sebabkan oleh pergesekan lempeng tektonik yang menyebabkan pergeseran pada dasar laut yang pada akhirnya dapat menyebabkan longsor bawah laut (Lumban, 2025).

4. KESIMPULAN

Skenario ketinggian gelombang tsunami pada ketinggian 1 meter dengan klasifikasi bahaya sangat rendah dengan luasan genangan hanya seluas 0,461 km², pada skenario ketinggian 2 meter klasifikasi bahayanya masih sangat rendah karena luasan genangan 1,738 km², pada skenario ketinggian 5 meter memiliki klasifikasi bahaya rendah dengan luasan genangan seluas 4,364 km², pada skenario ketinggian 15 meter sudah memasuki klasifikasi tinggi dengan luasan genangan 17,419 km², pada skenario ketinggian 30 meter di ketinggian pada 30 meter memasuki klasifikasi bahaya sangat tinggi dengan luas wilayah yang tergenang mencapai 25,958 km².

Kelerengan dapat diperoleh dari *DEM SRTM 1 Arc- Second Global*, *DEM SRTM 1 Arc- Second Global* serta diproses menggunakan *slope* yang ada pada *raster surface* di menu *3D Analys Tools*, dengan hasil akhir kelerengan atau derajat. Hasil dari proses kelerengan pada desa gedangan yaitu 0 - 442574 derajat, Desa Sumberejo memiliki kelerengan yaitu 0 – 24,2007 derajat, Desa Segaran memiliki kelerengan yaitu 0 – 32,2765 derajat, Desa Tumpakrejo memiliki kelerengan yaitu 0 – 52,4869 derajat, Desa Sindurejo memiliki kelerengan yaitu 0 – 36,9024 derajat, Desa Gajahrejo memiliki kelerengan yaitu 0 – 41,0315 derajat, dan yang terakhir Desa Sidodadi memiliki kelerengan yaitu 0 – 60,3941 derajat.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh Bapak/Ibu guru di SMP Islam Bani Hasyim yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, serta dukungan selama proses pelaksanaan penelitian ini. Segala ilmu, saran, dan perhatian yang diberikan sangat membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian dengan baik.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Aji R.C.N, Sukmasetya P. 2022. *Kajian Literatur Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis Untuk Pariwisata Indonesia. Vol 1 NO 2.* <https://doi.org/10.24127/jisi.v1i2.3174>
- Alif S.M, Sauri M.S, Perdana R.S. 2021. *Perubahan Kecepatan Subduksi Lempeng Indo-Australia terhadap Lempeng Sundaland akibat Gempa Bumi Samudra Hindia tahun 2016.* Vol 4, No 3. <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jgt>
- BMKG. 2021. *Zona Megatrast, Alasan Banyuwangi Berpotensi Gempa M 8,7.* <https://www.cnnindonesia.com/teknologi/20210305152028-199-614238/zona-megathrust-alasan-banyuwangi-berpotensi-gempa-m-87#:~:text=Berdasarkan%20data%2C%20dia%20membeberkan%20Banyuwangi,bukan%20prediksi%2C%22%20ujar%20Daryono.> (5 Maret 2021)
- BMKG. 2024. *BMKG Sebut Gempa Megathrust RI Hanya Tunggu Waktu, Ini Zona Merahnya.* <https://www.cnbcindonesia.com/tech/20241230110310-37-599471/bmkg-sebut-gempa-megathrust-ri-hanya-tunggu-waktu-ini-zona-merahnya> . (26 Oktober 2024)
- BMKG. 2025. *Ciri-Ciri Gempa Megatrast PICU Tsunami, BMKG Buka bukaan Bilang Ini.* <https://www.cnbcindonesia.com/news/20250301092034-4-614658/ciri-ciri-gempa-megathrust-picu-tsunami-bmkg-buka-bukaan-bilang-ini> (1 Maret 2025).
- BPBD. 2020. *Mengenai dan Memahami Gempa Megatrast.* <https://bpbd.jogiaprov.go.id/berita/mengenai-dan-memahami-gempa-megatrast-1> (29 September 2020)
- Budiman M.J, Sutoyo, Syafiudin M.F.2024. *Pemetaan Kerentanan Bahaya Tsunami dengan Pemodelan Inundansi Studi Kasus: Kabupaten Bantul. Vol. 09 No. 02.* <https://doi.org/10.29244/jsil.9.2.157-166>
- Chaeran M. 2018. *TSUNAMI DAN KECELAKAAN KAPAL. Vol XVIII Nomor* <https://jurnal.unimar-amni.ac.id/index.php/JSTM/article/download/190/147147178>
- Fachri H.T, Malik Y, Murtianto H. 2022. *Pemetaan Tingkat Bahaya Bencana Tsunami Menggunakan Sistem Informasi Geografis di Pesisir Kota Bengkulu. Vol. 10 No.2.* <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JJPG/article/view/43541>
- Fadhilla A. 2023. *Mengenai ArcGIS Sebagai Solusi Sistem Informasi Geografis.* <https://solarindustri.com/blog/apa-itu-arcgis/> (20 Juni 2023)
- Febrianty A, Rahmadhanty A.Z, Nurokhim A, Widodo A. 2024. *Rekontruksi dan Pemodelan Perjalanan Tsunami menggunakan Sistem Toast dengan Metode Pemodelan Easywave (Studi Kasus Tsunami Banyuwangi 3 Juni 1994). Vol 12 (2), 181-190.* <https://doi.org/10.23887/jjpg.v12i02.69204>

- Firdausiyah N. 2022. *Analisis Percepatan Getaran Tanah Maksimum Untuk Menentukan Kerentanan Seismik dan Tingkat Resiko Gempa Bumi Di Jawa Timur*. Vol 1. <http://etheses.uin-malang.ac.id/id/eprint/43560>
- Gunawan H. 2023 . *Analisis Peran Masyarakat Pesisir Terhadap Ketahanan Pasca Bencana Alam Di Desa Pesisir*. Vol 1. <http://dx.doi.org/10.15578/jkpt.v1i0.12062>
- Hayat. W.N, Emeria D.C. 2025. Dasyat Ledakan Megathrust Selatan Jawa: Jakarta Tsunami-Gempa M 9,1 <https://www.cnbcindonesia.com/news/20250117165323-4-604073/dahsyat-ledakan-megathrust-selatan-jawa-jakarta-tsunami-gempa-m-91> (18 Januari 2025).
- Isdianto A, Adibah F, Haykal M.F, Irsyad M.J, Asyari I.M, Supriyadi S. 2022. *INDEKS KERENTANAN PESISIR DITINJAU DARI GEOMORFOLOGI, ELEVASI DAN ANCAMAN GELOMBANG UNTUK MEWUJUDKAN KETAHANAN EKOSISTEM PESISIR*. Vol 8, No 2. <http://dx.doi.org/10.20527/jukung.v8i2.14912>
- Kejora B. 2024. *Manfaat Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam Mitigasi Bencana untuk Meningkatkan Respons dan Penanggulangan*. <https://www.technogis.co.id/manfaat-sig-mitigasi-bencana-tingkatkan-respons-penanggulangan/> (17 Desember 2024)
- Lestari N.P, Fitriarsi F, Rofik M. 2021. *PENGEMBANGAN ASPEK PEMASARAN USAHA KOPI BU TIANI DI DESA SUMBERMANJING WETAN*. Vol. 05 No 02. <http://ejournal.umm.ac.id/index.php/skie>
- Mulyasari R, Solihin H.I, Ghiffary A.I.W, Kuncoro K.H.A, Haerudin N, Yulianti T, Mulyatno B.S. 2024. *Aplikasi Sistem Informasi Geografis Untuk Pemetaan Daerah Berpotensi Tsunami Di Desa Batu Balak, Kecamatan Rajabasa, Kabupaten Lampung Selatan*. Vol 9(3), 125–135. <https://doi.org/10.22437/jop.v9i3.36177>
- Nur A.M. 2010. *Gempa Bumi, Tsunami, Dan Mitigasinya*. Vol 7, No 1. <https://journal.unnes.ac.id/nju/JG/article/viewFile/92/93>
- Nurayabani, Putera R.E, Kusdarini. 2020. *Mitigasi Bencana Dalam Peningkatan Kewaspadaan Terhadap Ancaman Gempa Bumi Di Universitas Andalas*. Vol .08 No. 02. <https://doi.org/10.47828/jianaasian.v8i2.12>
- Prihastiwi D, Yudana G, Miladan N. 2025. *Tingkat Kesiapan Mitigasi Bencana Tsunami di Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul*. Vol 7, No 1. <https://jurnal.uns.ac.id/jdk/article/view/83092/0>
- Puspa A. 2024. *Waspada Potensi Ancaman Megathrust Selatan Jawa*. (<https://www.metrotvnews.com/read/kBVCa0Ey-peneliti-brin-waspada-potensi-ancaman-megathrust-selatan-jawa>) (27 Desember 2024)
- Putra I.P, Neneng N, Megawaty D.Y. 2023. *Sistem Informasi Geografis Untuk Pemetaan Jalur Evakuasi Bencana Tsunami Di Desa Way Muli Kabupaten Lampung Selatan*. Vol 4, No . 10.33365/jatika.v4i1.2467
- Putra N.H.F. 2021. *Analisis Faktor Produksi Kopi Amstirdam Di Kecamatan Ampelgading, Sumbermanjing, Tirtoyudo, dan Dampit, Malang*. https://scholar.google.com/scholar?hl=id&as_sdt=0%2C5&q=sumbermanjing+memiliki+penduduk+sebanyak+100.065+jiwa+terdiri+dari+31.691+ribu+keluarga&btnG=#d=gs_qabs&t=1753552594695&u=%23p%3DI2AjlL9ZX0J (12 Juli 2021)
- Putra Z.Y. 2024. *Indonesia Rawan Bencana, Teknik geologi UPER Ambil Peran dengan Memberikan Edukasi tentang Mitigasi dan Adaptasi Bencana*. <https://universitaspertamina.ac.id/berita/detail/indonesia-rawan-bencana-teknik-geologi-uper-ambil-peran-dengan-memberikan-edukasi-tentang-mitigasi-dan-adaptasi-bencana#:~:text=Hal%20tersebut%20dikarenakan%20wilayah%20Indonesia,longsor%2C%20banjir%2C%20dan%20lainnya> (20 Mei 2024)

- Rahmat D.P, Anton D, Suroyo H. 2021. *Sistem Informasi Geografis Pemetaan Area Menggunakan Arcgis (Studi Kasus Lokasi Organisasi Masyarakat (Ormas) Keagamaan Di Kota Palembang*. Vol 2, No. 4. <https://doi.org/10.36709/jppg.v9i1.214>
- Rehan Y. 2022. *Sistem Informasi Geografis Persebaran Lembaga Kursus Bahasa Inggris Berbasis Web (Study Kasus Kampung Inggris Kecamatan Pare Kabupaten Kediri)*. Vol. 14, No. 1. <https://doi.org/10.33795/jim.v14i1.360>
- Sandi M.R. 2025. *BMKG Minta Warga Papua Waspada Hoaks Gempa Megathrust*. <https://nasional.okezone.com/amp/2025/04/05/337/3128485/bmkg-minta-warga-papua-waspada-hoaks-gempa-megathrust> (5 April 2025)
- Santius S.H. 2015 . *Pemodelan Tingkat Risiko Bencana Tsunami Pada Permukiman di Kota Bengkulu Menggunakan Sistem Informasi Geografis*. Vol 10 (2), 92-105. <https://doi.org/10.31815/jp.2015.10.92-105>
- Sinambela C, Pratikto I, Subardjo P. 2014. *Pemetaan Kerentanan Bencana Tsunami Di Pesisir Kecamatan Kretek Menggunakan Sistem Informasi Geografis, Kabupaten Bantul DIY*. Vol 3, No 4. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jmr/article/view/8362>
- Sisik J, Wardana I.M.S, Zuhdi M, Ayub S, Syamsuddin. 2023. *Efektivitas Sistem Informasi Tsunami Early Warning System (InaTews)*. Vol 4, Issue 1, 26-31. 10.29303/goescienceed.v4i1.219
- Taruna M.R, Ochav A. Rachman A.S, Gunawan M.T, Sulastri S, Rohadi S, Murjaya 2022. *Pemilihan Ground Motion Model di Wilayah Menggunakan Data Percepatan Tanah Tahun 2010-2021*. Vol 11 No 1. <https://dx.doi.org/10.23887/jst-undiksha.v11i1>
- Umayya, Mayub A, Johan H, Farid M, Wardana R.W. 2024. *Class Mapping Of Tsunami's Risk using Global Positioning Geodetic System in Bengkulu University Environment*. Vol 7 https://www.researchgate.net/publication/382642644_Class_Mapping_of_Tsunami's_Risk_using_Global_Positioning_Geodetic_System_in_Bengkulu_University's_Environment/fulltext/66a788ccc6e41359a84991f0/Class-Mapping-of-Tsunamis-Risk-using-Global-Positioning-Geodetic-System-in-Bengkulu-Universitys-Environment.pdf?origin=scientificContributions
- Wahyudi A, Priadmodjo A, Aksa A, Islaha F.A. 2024 . *Pemetaan Skenario Genangan Tsunami Berbasis Pemodelan Spasial*. Vol. 9 No 1. https://scholar.google.com/scholar?hl=id&as_sdt=0%2C5&q=genangan+berasal+dari+perendaman+tsunami+yang+muncul+ke+daratan+dengan+diukur+mula+dari+garis+pantai&btnG=#d=gs_qabs&t=1753446552282&u=%23p%3DpeFzqcj0dCsJ
- Wibawana W. A. 2022. *Apa itu Ring of Fire? Penyebab Indonesia Rawan Dilanda Gempa*. <https://news.detik.com/berita/d-6444291/apa-itu-ring-of-fire-penyebab-indonesia-rawan-dilanda-gempa#:~:text=Letak%20geografis%20Indonesia%20berada%20di,Lempeng%20Eurasia%20dan%20Lempeng%20Pasifik> (5 Desember 2022)
- Wijanarko T, Tondobala L, Siregar F.O.P. 2022. *Mitigasi Bencana Tsunami Di Wilayah Pesisir Kabupaten Bolaang Mongondow Timur*. Vol. 9, No 1. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/spasial/article/view/42585>
- Wisnu E.W. 2020. *Karakteristik Dan Parameter Subduksi Sumber Gempa Pulau Jawa*. Vol Xxv, No 2. <https://doi.org/10.20885/teknisia.vol25.iss2.art4>
- Yudha P.A. 2022. *STUDI KASUS: KESIAPSIAGAAN PEMUDA DALAM MENGHADAPI BENCANA GEMPA BUMI DAN TSUNAMI DI RW 02 KELURAHAN PASIE NAN TIGO*. https://scholar.google.com/scholar?as_ylo=2021&q=indonesia+memasuki+peringkat+pertama+risiko+tsunami&hl=id&as_sdt=0,5#d=gs_qabs&t=1753189979240&u=%23p%3DGS-T4mTXa7YJ (12 Desember 2022)