



**Volume 9 No. 1 Januari 2024**  
*p-ISSN: 2477-8192 dan e-ISSN: 2502-2776*

## **Pemetaan Skenario Genangan Tsunami Berbasis Pemodelan Spasial**

**Adip Wahyudi<sup>1</sup>, Anggit Priadmodjo<sup>2</sup>, Adi Aksa<sup>3</sup>, Finda Aulia Islaha<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Departemen Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Malang

Email: [adip.wahyudi.fis@um.ac.id](mailto:adip.wahyudi.fis@um.ac.id)

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat

Email: [anggit.priadmodjo@unsulbar.ac.id](mailto:anggit.priadmodjo@unsulbar.ac.id)

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat

Email: [bjady355@gmail.com](mailto:bjady355@gmail.com)

<sup>4</sup>Alumni Magister Pengelolaan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada

Email: [aulia.finda.af@gmail.com](mailto:aulia.finda.af@gmail.com)

(Received: 28 November 2023; Accepted: 29 Desember 2023; Published: 2 Januari 2024)



©2019 – **Jurnal Penelitian Pendidikan Geografi**. Ini adalah artikel dengan akses terbuka dibawah licensi CC BY-NC-4.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>).

### **ABSTRACT**

*This research uses a spatial modeling approach to map tsunami inundation scenarios in Majene Regency, West Sulawesi Province utilizing topographic data, bathymetry, and other related information. This research aims to design a model that can visualize potential inundation and affected areas along the coastline of Majene Regency with 6 meter, 10 meter, and 30 meter inundation scenarios. This modeling analysis provides an in-depth picture of the potential impact of the tsunami disaster, especially on all sub-districts in Majene Regency. The modeling results are made into three classifications: high, medium, and low. The modeling results show that the sub-districts have a hazard index and tsunami inundation area in the high category for the 6, 10, and 30-meter scenarios Malunda and Sendana sub-districts. The sub-districts that have a hazard index and tsunami inundation area in the medium variety for the 6, 10, and 30 meter scenarios are Banggae, East Banggae, Pamboang, Tammerodo Sendana, and Tubo Sendana sub-districts. The sub-district that has a hazard index and tsunami inundation area in the low category for the 6, 10, and 30-meter scenarios is Ulumanda Subdistrict.*

**Keywords:** *spatial modeling; tsunami inundation; Majene regency.*

### **ABSTRAK**

*Penelitian ini memfokuskan pada pemetaan skenario genangan tsunami di Kabupaten Majene, Provinsi Sulawesi Barat dengan menggunakan pendekatan pemodelan spasial. Penelitian ini memanfaatkan data topografi, batimetri, dan informasi terkait lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk merancang model yang mampu memvisualisasikan potensi genangan dan wilayah terdampak di sepanjang garis pantai Kabupaten Majene dengan skenario genangan 6-meter, 10-meter dan 30-meter. Analisis pemodelan ini memberikan gambaran mendalam mengenai potensi dampak bencana tsunami, khususnya pada seluruh kecamatan di Kabupaten Majene. Hasil pemodelan dibuat menjadi tiga klasifikasi yaitu tinggi, sedang, dan rendah. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa kecamatan yang memiliki indeks bahaya dan luas genangan tsunami dengan kategori tinggi untuk skenario 6, 10 dan 30 meter adalah Kecamatan Malunda dan Sendana. Kecamatan yang memiliki indeks bahaya dan luas genangan tsunami dengan kategori sedang untuk skenario 6, 10 dan 30 meter adalah Kecamatan Banggae, Banggae Timur, Pamboang, Tammerodo Sendana, dan Tubo Sendana. Kecamatan yang memiliki indeks bahaya dan luas genangan tsunami dengan kategori rendah untuk skenario 6, 10 dan 30-meter adalah Kecamatan Ulumanda.*

**Kata Kunci:** *pemodelan spasial; genangan tsunami; kabupaten Majene.*

## PENDAHULUAN

Pulau Sulawesi menjadi salah satu wilayah rentan terjadi gempa bumi dan tsunami di Indonesia. Kejadian bencana gempa bumi yang terjadi pada beberapa tahun terakhir memberikan gambaran bahwa Pulau Sulawesi harus meningkatkan kesiapsiagaan terhadap ancaman bencana gempa bumi dan tsunami. Patahan-patahan yang aktif dan potensial di wilayah Sulawesi dan sekitarnya dapat menyebabkan gempa bumi bawah laut yang berpotensi memicu tsunami. Kondisi tersebut perlu dibutuhkan upaya-upaya untuk menekan timbulnya dampak bencana (Ritasari, 2012).

Provinsi Sulawesi Barat merupakan daerah dengan nilai Indeks Risiko Bencana tertinggi di Indonesia untuk tahun 2021 (BNPB, 2022). Berdasarkan Indeks Risiko Bencana Indonesia (IRBI) 2021, Provinsi Sulawesi Barat memiliki indeks risiko 164.85 (tinggi). Hal ini menunjukkan bahwa Provinsi Sulawesi Barat memiliki tingkat bahaya (*hazard*) dan kerentanan (*vulnerability*) bencana alam yang termasuk dalam kategori tertinggi di Indonesia. Salah satunya bencana alam yang terjadi di Provinsi Sulawesi Barat yaitu gempa bumi dan tsunami (BNPB, 2022).

BNPB (2022) menyampaikan bahwa gempa bumi yang pertama sebagai pembuka atau *foreshock* dilaporkan terjadi pada Kamis (14/1) pukul 13.35 WIB dengan Magnitudo 5,9 pada episenter 2,99 LS dan 118,89 BT atau di darat pada jarak 4 km arah Barat Laut Majene, Sulawesi Barat dengan kedalaman 10 km. Gempa yang kedua atau *mainshock* dilaporkan terjadi pada Jumat (15/1) pukul 01.28 WIB dini hari dengan magnitudo 6,2 pada episenter 2,98 LS dan 118,94 BT atau di darat pada jarak 6 km arah Timur Laut Majene, Sulawesi Barat dengan kedalaman 10 km. Dugaan sementara BMKG bahwa gempa bumi yang tercatat menewaskan sebanyak 42 jiwa tersebut dipicu oleh adanya Sesar Naik Mamuju atau *Mamuju Thurst*.

Sejarah gempa bumi di Kabupaten Majene berdasarkan BMKG (2021), episenter gempa bumi pada 23 Februari 1969 sangat dekat dengan sumber gempa yang memicu gelombang tsunami. Gempa tersebut memiliki magnitudo 6,9 dan terjadi pada kedalaman 13 kilometer. Dampak yang ditimbulkan cukup signifikan dan menyebabkan 64 orang meninggal dunia, 97 orang mengalami luka-luka, dan sebanyak 1.287 rumah serta rumah ibadah mengalami kerusakan serius. Selain itu,

dermaga pelabuhan juga mengalami kerusakan parah, dan gelombang tsunami mencapai ketinggian 4 meter di Pellatorang serta 1,5 meter di Parasanga dan Palili. Sejarah juga mencatat serangkaian gempa bumi yang mengguncang wilayah sekitar Majene. Salah satunya adalah Gempa Polewali Mandar pada 11 April 1967 yang mengakibatkan tsunami dan menewaskan 13 orang. Selanjutnya, pada tanggal 23 Februari 1969 terjadi gempa bumi dengan magnitudo 6,9 di Majene yang menyebabkan korban jiwa, luka-luka, serta kerusakan rumah di empat desa. Pada tanggal 8 Januari 1984, gempa bumi dengan magnitudo 6,7 mengguncang wilayah Mamuju, menyebabkan kerusakan pada rumah-rumah di daerah tersebut.

Kecenderungan indeks risiko bencana Kabupaten Majene mengalami penurunan dari tahun 2015-2021. Namun kecenderungan ini masih menempati urutan teratas sebagian daerah dengan risiko bencana tertinggi di Provinsi Sulawesi Barat. Adanya permukiman penduduk di sepanjang garis pantai atau daerah pesisir di Kabupaten Majene dapat meningkatkan kerentanan terhadap ancaman tsunami. Kepadatan penduduk di wilayah pesisir dan kurangnya infrastruktur pertahanan atau rencana evakuasi yang memadai di Kabupaten Majene juga dapat mengakibatkan tingkat risiko yang lebih tinggi bagi penduduk lokal.

Masyarakat di Kabupaten Majene seringkali bergantung pada sumber daya pesisir sebagai mata pencaharian. Ancaman bencana tsunami dapat menyebabkan kerusakan pada ekonomi lokal dan mengganggu kehidupan sehari-hari masyarakat yang bergantung pada sektor pesisir seperti perikanan, pariwisata, dan perdagangan. Upaya menurunkan risiko ancaman bencana tsunami, maka diperlukan perencanaan yang matang sebagai upaya untuk penanganan secara preventif dan peningkatan kesiapsiagaan terhadap ancaman bencana tsunami.

Ikram (2023) menjelaskan bahwa ada beberapa hambatan yang dialami BPBD Kabupaten Majene seperti kurangnya sarana prasarana dan terbatasnya anggaran. Hambatan ini perlu ditingkatkan dalam kesiapsiagaan untuk menangani bencana gempa bumi agar semakin siap dalam bertindak cepat, tepat serta efektif dan efisien.

Melihat tingginya tingkat kerawanan terhadap bencana gempabumi dan tsunami di

Kabupaten Majene, maka diperlukan perencanaan dan penataan wilayah berbasis mitigasi bencana gempa bumi dan tsunami. Perencanaan dan penataan wilayah ini perlu memperhatikan potensi inundasi (genangan) tsunami, jumlah penduduk di daerah rawan bencana dan karakteristik kerentanan serta aksesibilitas. Peta inundasi tsunami diperlukan sebagai dasar perencanaan wilayah berbasis ancaman risiko genangan tsunami, sehingga dalam penataan wilayah ke depan memperhatikan aspek risiko bencana tsunami dan menjadi solusi untuk meningkatkan kesiapsiagaan bencana tsunami dan gempa bumi.

## METODE PENELITIAN

Pemodelan inundasi tsunami dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ArcGIS dengan memasukkan indikator kemiringan lereng dan kekasaran permukaan. Pemodelan ini dilakukan berdasarkan tiga skenario ketinggian yaitu 6 meter (dari data historis tsunami Sulawesi Barat), 10 meter (berdasarkan rata-rata ketinggian tsunami yang pernah terjadi di Indonesia) dan 30 meter (berdasarkan ketinggian tertinggi tsunami yang mungkin terjadi di wilayah Indonesia).

### Pengumpulan Data

Sumber data yang dilakukan untuk proses pemodelan genangan tsunami adalah data primer yang diperoleh dari proses pemodelan Spasial dengan Langkah berikut:

#### 1. Teknik Pemodelan Spasial

Genangan adalah tingkat terjauhnya perendaman tsunami ke daratan yang diukur dari garis pantai (Puspito, 2010). Ketika tsunami terjadi dan gelombang tsunami sampai di garis pantai, maka gelombang tersebut akan

pecah dan menyebar ke daratan sesuai topografinya. Struktur topografi ini akan mempengaruhi besarnya genangan. Luas wilayah yang terkena dampak tsunami dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan yang dikembangkan oleh Berryman (2005). Perhitungan ini didasarkan hilangnya tinggi tsunami per 1 meter jarak genangan (*inundation height*) berdasarkan jarak terhadap lereng dan kekasaran permukaan (BNPB, 2022), yang diformulasikan sebagai berikut.

$$H_{loss} = \left( \frac{167 n^2}{H_0^{1/3}} \right) + 5 \sin S$$

Keterangan:

- $H_{loss}$  : Kehilangan ketinggian tsunami per 1 m jarak inundasi
- $n$  : Koefisien kekasaran permukaan
- $H_0$  : Ketinggian gelombang tsunami di garis pantai (m)
- $S$  : Besarnya lereng permukiman ( $^{\circ}$ ).

Parameter yang digunakan dalam pemodelan daerah terdampak tsunami adalah kemiringan lereng, penggunaan lahan eksisting, garis pantai dan skenario maksimum tsunami *run up*. Data lereng diperoleh dengan mengolah Digital Elevation Model (DEM) pada software Sistem Informasi Geografis (GIS), data penggunaan lahan dan garis pantai eksisting diperoleh dari Peta Tanah Indonesia (Peta Rupa Bumi Indonesia) Wilayah Majene dan disesuaikan dengan kondisi eksisting yang diperoleh dari citra satelit resolusi tinggi. Data penggunaan lahan kemudian digunakan untuk menentukan koefisien kekasaran permukaan untuk setiap penggunaan lahan berdasarkan Tabel 1.

**Tabel 1.** Koefisien Kekasaran Permukaan Tiap Penggunaan Lahan

Tipe Penggunaan Lahan	Koefisien
Daerah perairan	0,007
Semak-semak	0,040
Hutan	0,070
Perkebunan	0,035
Tanah kosong	0,015
Lahan pertanian	0,025
Pemukiman/Lahan Terbangun	0,045
Bakau	0,025
Kolam	0,010

Sumber: Berryman, 2006.

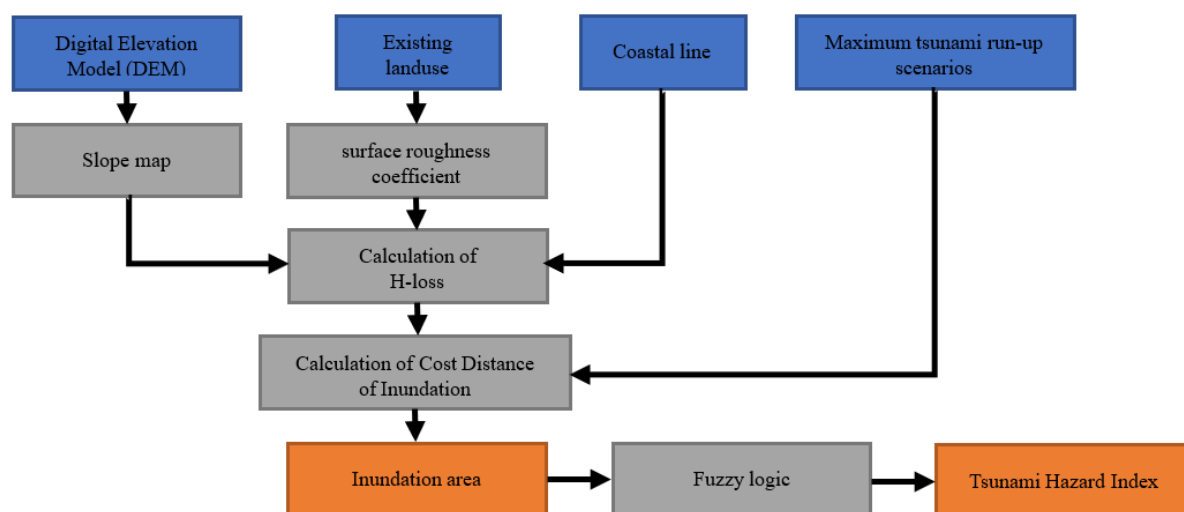
## 2. Langkah-langkah dalam Mengembangkan Skenario Genangan Tsunami

Skenario *run up* tsunami maksimum yang digunakan dalam penelitian ini adalah 6 meter, 10 meter dan 30 meter. Proses pemodelan spasial untuk menentukan luas genangan tsunami dapat digambarkan pada Gambar 1.

### Analisis Data

Metode penelitian yang digunakan untuk mencapai tujuan tersebut adalah analisis spasial dengan menggunakan GIS. Analisis GIS telah banyak digunakan dalam mitigasi bencana dan

analisis risiko karena kemampuannya dalam mengolah data yang ada maupun data terkini yang telah diperbarui untuk mendukung kepentingan mitigasi bencana dan analisis risiko (Harsanugraha, 2008). Analisis GIS telah banyak diterapkan dalam menentukan lokasi evakuasi alternatif ke zona bahaya yang aman dan dalam mengelola data spasial terkait dengan sistem pendukung keputusan evakuasi. Secara umum, aplikasi GIS telah digunakan untuk penelitian kebencanaan yang berfokus pada model bencana dan sangat berguna dalam memodelkan skenario genangan banjir.



**Gambar 1.** Proses Pemodelan Spasial Wilayah Genangan Tsunami

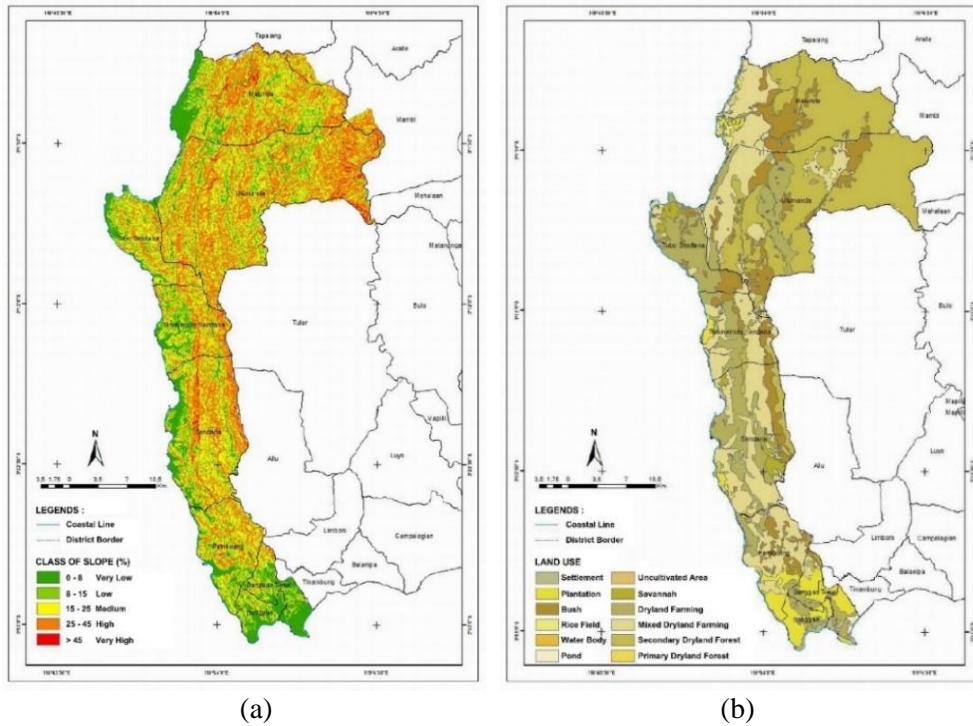
## HASIL PENELITIAN

Kabupaten Majene merupakan daerah yang memiliki tingkat risiko bencana yang tinggi, bahkan berdasarkan data BNPB tahun 2022. Kabupaten Majene menempati urutan kedua sebagai daerah dengan risiko multibencana tertinggi di Indonesia. Perkembangan Kabupaten Majene yang sebagian besar terkonsentrasi di wilayah pesisir menyebabkan kabupaten ini mempunyai tingkat kerentanan yang tinggi terhadap bencana tsunami. Secara historis, pesisir Sulawesi Barat pernah mengalami bencana tsunami dengan ketinggian *run-up* 6 meter.

Upaya dalam mengusulkan rencana pengelolaan risiko tsunami yang efektif dan efisien yang meliputi rencana evakuasi,

rencana mitigasi serta rencana rehabilitasi dan rekonstruksi pasca bencana, maka perlu dilakukan identifikasi wilayah potensial yang akan terkena dampak genangan tsunami dan jenis penggunaan lahan di wilayah tersebut. Pemodelan spasial wilayah yang berpotensi terkena dampak gelombang tsunami berdasarkan berbagai skenario ketinggian di Kabupaten Majene telah diolah menggunakan perangkat lunak GIS. Proses ini membutuhkan beberapa peta dasar, yaitu peta lereng dan peta penggunaan lahan.

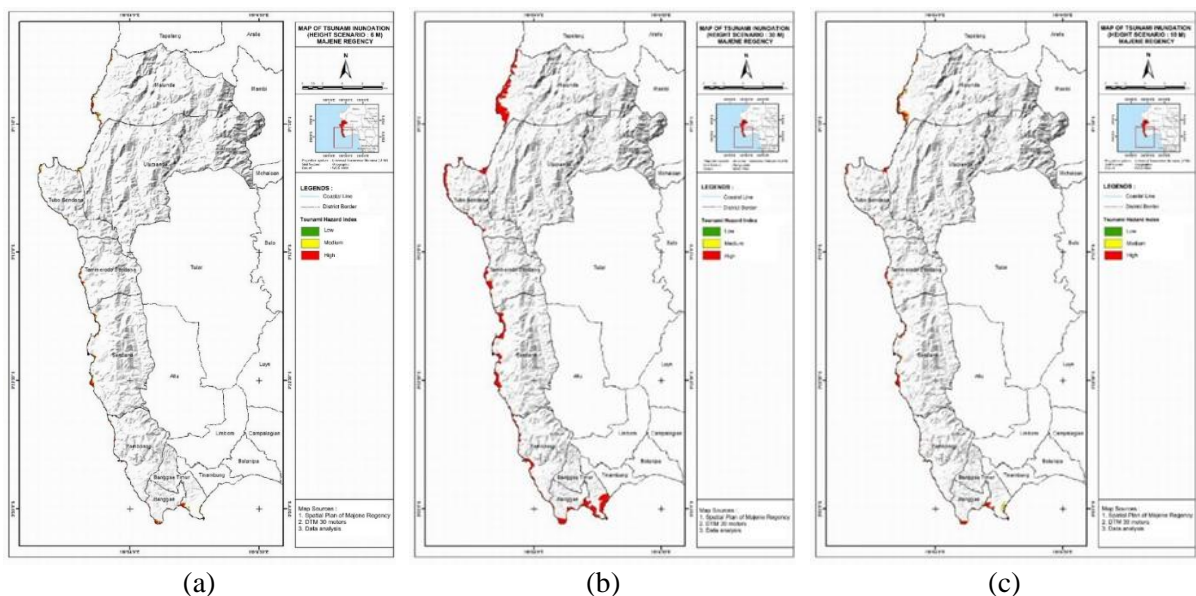
Wilayah pesisir Kabupaten Majene mempunyai tata guna lahan yang beragam. Sebagian besar pemukiman berkembang di wilayah pesisir. Peta kemiringan dan tata guna lahan ditampilkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Peta Dasar (a) Peta kemiringan dan (b) Peta Tata Guna Lahan

Berdasarkan Gambar 2a, sebagian besar wilayah pesisir memiliki kemiringan 0-8 %. Hanya sebagian kecil wilayah pesisir yang mempunyai kemiringan >8% yang ditunjukkan dengan warna hijau pada peta. Kemiringan pantai sebesar 0-8 % menunjukkan topografi wilayah pesisir merupakan dataran. Saat gelombang tsunami melanda, kawasan ini menjadi yang pertama terendam banjir. Kondisi ini mengakibatkan meningkatnya kerentanan

wilayah pesisir terhadap bencana tsunami. Selain itu, beberapa lahan produktif seperti tambak, perkebunan, dan pertanian lahan kering juga dikembangkan di kawasan ini (Gambar 2b). Oleh karena itu, kerentanan perekonomian akibat bencana tsunami cukup tinggi karena gelombang tsunami akan menghancurkan lahan-lahan produktif dan menimbulkan kerugian ekonomi yang besar.



**Gambar 3.** Peta Skenario Ketinggian Genangan Tsunami (a) 6 meter; (b) 10 meter; dan (c) 30 meter

Pemodelan spasial wilayah berpotensi terkena dampak gelombang tsunami menghasilkan peta sebaran spasial wilayah (Gambar 3). Daerah yang berpotensi terkena dampak pada semua skenario ketinggian sebagian besar terkonsentrasi di daerah dataran rendah dimana lahan terbangun banyak dikembangkan. Semakin tinggi jumlah skenario gelombang tsunami yang digunakan dalam pemodelan spasial, semakin luas potensi wilayah yang terkena dampaknya.

Daerah yang berpotensi terkena dampak pada semua skenario ketinggian berdasarkan peta-peta tersebut sebagian besar terkonsentrasi di daerah dataran rendah dimana lahan terbangun banyak dikembangkan. Seperti yang diharapkan, semakin tinggi jumlah skenario gelombang tsunami yang digunakan dalam pemodelan spasial, semakin luas potensi wilayah yang terkena dampaknya. Luas wilayah terdampak gelombang tsunami setiap skenario disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Luas Wilayah Terdampak Gelombang Tsunami dengan Skenario yang Berbeda

Kec.	Skenario 6 m			Skenario 10 m			Skenario 30		
	Rendah	Sedang	Tinggi	Rendah	Sedang	Tinggi	Rendah	Sedang	Tinggi
Banggae	11,43	13,15	38,73	7,44	15,44	67,49	4,80	6,42	166,04
Banggae Timur	14,19	20,08	43,16	19,63	35,41	90,33	10,88	13,36	444,24
Malunda	39,56	36,27	75,88	48,72	69,66	191,72	16,50	18,55	704,65
Pamboang	10,10	13,33	40,10	9,67	13,13	66,93	8,67	9,36	207,43
Sendana	30,87	38,42	87,30	20,79	26,92	152,45	9,66	12,14	428,21
Tamerodo	11,92	18,00	34,64	10,01	13,58	78,15	3,73	5,07	174,62
Sendana Tubo	18,05	21,60	32,17	15,88	19,81	86,86	7,58	9,90	297,67
Sendana Ulumanda	6,27	9,03	7,26	2,41	4,83	27,76	0,83	1,01	50,36
<b>Total Luas</b>	<b>142,39</b>	<b>169,87</b>	<b>359,23</b>	<b>134,55</b>	<b>198,78</b>	<b>761,68</b>	<b>62,66</b>	<b>75,81</b>	<b>2473,21</b>

Sumber: Hasil Analisis Data Primer, 2023.

Berdasarkan luas area genangan yang ditampilkan pada Tabel 2, dapat diketahui bahwa setiap kecamatan yang ada di Kabupaten Majene mempunyai area genangan yang berbeda. Potensi genangan merupakan hasil dari pemodelan dari skenario gelombang tsunami yang telah dibuat. Pada peta pemodelan yang dihasilkan, langkah selanjutnya tentunya diperlukan upaya tindak lanjut dalam rangka untuk menyusun tempat evakuasi baik berupa tempat evakuasi sementara maupun tempat evakuasi akhir untuk mengantisipasi bencana tsunami yang dapat terjadi di Kabupaten Majene. Penilaian kerusakan secara fisik maupun kerentanan sosial masyarakat perlu diukur untuk melihat bagaimana tingkat risiko yang ditimbulkan jika terjadi bencana tsunami.

## PEMBAHASAN

Hasil penelitian pemodelan skenario genangan tsunami di Kabupaten Majene memberikan pemahaman mendalam tentang potensi dampak bencana tersebut. Data topografi dan batimetri yang terkumpul digunakan untuk menghasilkan pemodelan spasial yang menggambarkan kemungkinan wilayah terdampak dan tingkat ketinggian genangan. Melalui hasil analisis, ditemukan

bahwa daerah pesisir memiliki kerentanan tinggi terhadap genangan tsunami, terutama di Kecamatan Malunda dan Sendana yang mempunyai potensi luas genangan tinggi. Tingginya luas genangan ini menjadi semakin berisiko karena dua kecamatan tersebut mempunyai jumlah penduduk yang tinggi dibandingkan kecamatan lain.

Kecamatan Sedana dan Malunda merupakan kecamatan yang mempunyai potensi genangan yang paling luas di Kabupaten Majene. Sedangkan Kecamatan Ulumanda mempunyai potensi genangan yang paling rendah. Kecamatan lain yang masuk dalam kategori sedang adalah Banggae, Banggae Timur, Pamboang, Tamerodo Sendana, Tubo Sendana. Kondisi topografi wilayah menjelaskan bahwa kecamatan yang mempunyai potensi genangan tinggi disebabkan karena memiliki topografi yang relatif datar pada daerah pesisir. Kondisi tersebut tentunya akan memperbesar risiko ancaman bencana tsunami di Kabupaten Majene. Kecamatan yang memiliki potensi genangan yang rendah dan sedang secara geografis memiliki topografi yang relatif kasar pada daerah pesisir. Kondisi tersebut tentunya disebabkan adanya hambatan dari faktor alam



yang menahan laju rambatan gelombang tsunami.

Hasil Penelitian Khoirunnisa dkk. (2021) menunjukkan bahwa prediksi waktu gelombang tsunami dari episentrum ke pesisir Kabupaten Majene mempunyai durasi waktu 5-20 menit. Sehingga dari waktu tersebut dapat diketahui bahwa penduduk hanya mempunyai *golden time* 5-20 menit untuk menyelamatkan diri. Waktu tersebut harus dimaksimalkan untuk proses penyelamatan.

Tingkat bahaya tsunami dipengaruhi oleh dua faktor utama, yaitu intensitas tsunami dan morfologi pantai (Latief, 2013). Intensitas tsunami yang tinggi akan menghasilkan rambatan yang jauh didaratan, sehingga ketinggian genangan tsunami juga akan semakin besar. Hal ini dapat dilihat pada bencana tsunami Aceh tahun 2004, di mana genangan tsunami mencapai jarak 3-4 kilometer di Kota Banda Aceh. Oleh karena itu, tingkat bahaya tsunami ditentukan berdasarkan tinggi genangan tsunami terhadap muka air laut dan luas genangan tsunami. Mengetahui luas rendaman tsunami maka dapat diketahui daerah yang mana yang perlu diprioritaskan dalam menyusun strategi evakuasi dan mitigasi di masa depan.

## KESIMPULAN

Pemetaan skenario genangan tsunami berbasis pemodelan spasial di Kabupaten Majene memberikan gambaran yang mendalam tentang potensi ancaman bencana di wilayah pesisir tersebut. Melalui penggunaan data topografi, batimetri, dan analisis pemodelan spasial, hasil penelitian ini mengidentifikasi daerah-daerah dengan tingkat kerentanan tinggi terhadap genangan tsunami, terutama di sekitar Pellatorang, Parasanga, dan Palili.

Pentingnya keselarasan antara lokasi episenter gempa sebelumnya dengan wilayah yang terdampak genangan tinggi, seperti yang tercatat pada catatan BMKG, memberikan validasi atas keakuratan hasil pemodelan.

Penelitian ini menekankan pada urgensi perencanaan mitigasi yang lebih efektif serta peningkatan kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi ancaman tsunami di Kabupaten Majene. Langkah-langkah mitigasi seperti pengembangan rencana evakuasi yang lebih baik, infrastruktur pertahanan pantai, dan peningkatan kesadaran akan pentingnya

rencana darurat, menjadi kunci dalam meminimalkan dampak bencana.

Kesimpulan ini juga menggarisbawahi pentingnya kolaborasi antara pemerintah, lembaga penelitian, dan masyarakat dalam merumuskan dan melaksanakan strategi mitigasi yang komprehensif. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi panduan bagi pemangku kepentingan dalam menghadapi dan mengurangi risiko serta dampak dari ancaman bencana tsunami di Kabupaten Majene dan wilayah pesisir lainnya.

## SARAN

Berdasarkan hasil pemodelan, perlu dikembangkan rencana evakuasi yang lebih terperinci dan efektif. Identifikasi rute evakuasi yang aman dan cepat serta penentuan lokasi tempat evakuasi yang tepat menjadi kunci dalam meminimalkan risiko bagi penduduk. Diperlukan investasi dalam pembangunan infrastruktur yang dapat mengurangi dampak tsunami, seperti bangunan yang tahan gempa, tanggul pantai, atau sistem peringatan dini yang efektif.

Diperlukan kerjasama erat antara pemerintah daerah, Badan Penanggulangan Bencana, lembaga riset, LSM, dan masyarakat setempat dalam mengembangkan strategi mitigasi bencana yang holistik. Kolaborasi ini penting dalam merumuskan rencana aksi yang dapat diimplementasikan secara efektif.

Penelitian lanjutan terkait dengan resiliensi dan kapasitas masyarakat diperlukan serta pemantauan secara berkesinambungan terhadap kondisi geologi dan lingkungan pesisir untuk mengidentifikasi potensi ancaman baru serta memperbarui pemodelan skenario genangan yang lebih akurat.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Universitas Negeri Malang, Universitas Sulawesi Barat, Universitas Halu Oleo yang telah berkontribusi dalam penyusunan artikel ini. Penghargaan lainnya penulis sampaikan kepada keluarga dan rekan-rekan yang telah memberikan dukungan selama proses penelitian berlangsung. Semua bantuan, dukungan, dan kontribusi yang diberikan sangat berarti bagi kelancaran penelitian ini. Ucapan terima kasih juga kepada *reviewers* dan editor Jurnal Penelitian Pendidikan Geografi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. (2021). Laporan Hasil Survei Gempabumi Merusak Mamuju-Majene 15 Januari 2021. <https://www.bmkg.go.id/berita/?p=laporan-hasil-survei-gempabumi-merusak-mamuju-majene-15-januari-2021-3&tag=gempabumi&lang=ID> (Diakses, 1 Desember 2023).
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2022). Indeks Risiko Bencana Indonesia 2021. <https://bnpb.go.id/berita/indeks-risiko-bencana-indonesia-2021-nusa> (Diakses, 13 Februari 2023).
- Berryman, K. (2005). Review of Tsunami Hazard and Risk in New Zealand. [www.gns.cri.nz/content/download/.../Tsunami%20Report%202013.pdf](http://www.gns.cri.nz/content/download/.../Tsunami%20Report%202013.pdf) (Diakses, 23 November 2023).
- Harsanugraha, W. (2008). Analisa Pemodelan Tsunami dengan Pembuatan Peta Kerawanan dan Jalur Evakuasi dari Turunan SRTM90 (Studi Kasus: Kota Padang). Proceedings Pertemuan Ilmiah Tahunan Masyarakat Penginderaan Jauh XVI. Bandung 10 Desember 2008: 578-593.
- Ikram, M. (2023) Kesiapsiagaan Badan Penanggulangan Bencana Daerah Terhadap Bencana Gempabumi di Kabupaten Majene Provinsi Sulawesi Barat. *Tesis*. IPDN.
- Khoirunnisa, H., Karima, S., Gumbira, G., & Rachman, R. A. (2021). A numerical study of submarine-landslide-generated tsunami and its propagation in Majene, West Sulawesi. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 925, No. 1, p. 012035). IOP Publishing.
- Latief, H. (2013). Pedoman Teknik Pembuatan Peta Genangan Bahaya Tsunami – Buku 1. BNPB.
- Ritasari, N. (2012). Aplikasi Distribusi Bantuan Bencana Alam Berbasis Web. *Tesis*. UPN "Veteran" Yogyakarta. Yogyakarta.