



ANCAMAN GEMPA MEGATHRUST : STRATEGI PERLINDUNGAN DAN MITIGASI BAGI MASYARAKAT PADA DAERAH PESISIR BARAT PULAU SUMATERA

^{1*}Muh. Azriel Putra Rizal, ¹Nurul Afdal Haris

¹Program Studi Geografi, Universitas Negeri Makassar

ARTICLE INFO

Article History

Received : 10 Juli

Accepted : 20 September

Published: 30 September

Corresponding author:

Email:

geosciencemazriel23@gmail.com

DOI:

Copyright © 2023 The Authors



This is an open access article
under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

ABSTRACT

Wilayah Indonesia, terutama Pulau Sumatera, terletak di sekitar Cincin Api Pasifik (*Ring of Fire*), sehingga rentan terhadap bencana geologi seperti gempa bumi, tsunami, dan aktivitas vulkanik. Di wilayah ini terjadi tumbukan antara lempeng Indo-Australia dan Eurasia yang bergerak secara konvergen, menghasilkan zona subduksi sebagai sumber utama aktivitas seismik gempa bumi dan tsunami. Gempa megathrust adalah fenomena yang pernah terjadi akibat dari aktivitas ini, yang memberikan dampak besar pada lingkungan dan kehidupan masyarakat. Salah satu faktor yang memperparah dampak adalah kesulitan dalam memprediksi kejadian gempa sebagai bagian dari upaya mitigasi bencana. Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan elemen-elemen penting dari gempa megathrust dan struktur geologi Indonesia, khususnya di Pulau Sumatera, sebagai informasi awal untuk upaya mitigasi bencana. Beberapa strategi mitigasi yang diusulkan dalam penelitian ini meliputi pembangunan infrastruktur tahan gempa, peta rawan tsunami, dan pengoptimalan sistem InaTEWS (*Indonesian Tsunami Early Warning System*). Diharapkan, upaya mitigasi ini dapat meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dan mengurangi dampak negatif, seperti kerusakan infrastruktur dan korban jiwa. Studi ini memberikan wawasan penting bagi pemerintah, akademisi, dan masyarakat dalam memahami gempa megathrust serta strategi untuk menghadapinya.

Kata Kunci: Geologi, Mitigasi Bencana, Gempa Megathrust

ABSTRACT

Indonesia's territory, especially the island of Sumatra, is located around the Pacific Ring of Fire, making it vulnerable to geological disasters such as earthquakes, tsunamis and volcanic activity. In this region, there is a collision between the Indo-Australian and Eurasian plates which are moving convergently, resulting in a subduction zone as the main source of seismic activity, earthquakes and tsunamis. Megathrust earthquakes are a phenomenon that has occurred as a result of this activity, which has had a major impact on the environment and people's lives. One factor that exacerbates the impact is the difficulty in predicting earthquake events as part of disaster mitigation efforts. This research aims to explain the important elements of the megathrust earthquake and the geological structure of Indonesia, especially on the island of Sumatra, as initial information for disaster mitigation efforts. Some of the mitigation strategies proposed in this research include building earthquake-resistant infrastructure, tsunami hazard maps, and optimizing the InaTEWS (*Indonesian Tsunami Early Warning System*) system. It is hoped that this mitigation effort can increase community preparedness and reduce negative impacts, such as infrastructure damage and loss of life. This study provides important insights for the government, academics and society in understanding megathrust earthquakes and strategies for dealing with them.

Keywords: *Geology, Disaster Mitigation, Megathrust Earthquake*

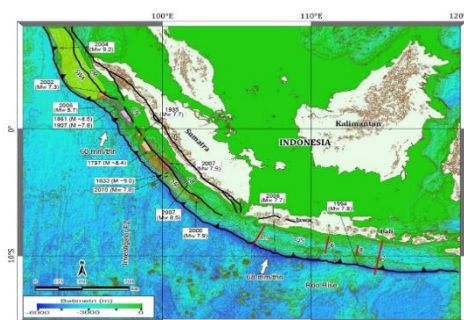
1. PENDAHULUAN

Kepulauan (*archipelago*) Indonesia terletak di zona pertumbukan antara beberapa lempeng utama di bumi yang menyebabkan aktivitas seismic (gempa) di Indonesia termasuk salah satu yang tertinggi. Diantara lempeng-lempeng itu yaitu lempeng indo-australia, lempeng Eurasia, dan lempeng indo-pasifik, serta satu lempeng mikto Filipina. kondisi tektonik ini menjadikan Indonesia sangat rentan terhadap gempabumi dan tsunami. Gempa megathrust adalah gempa yang terjadi di zona penunjaman awal (subduksi) (Damayanti et al., 2020). Lempeng-lempeng ini saling menekan satu sama lain dan menyebabkan terbentuknya “mozaik” dari lempeng-lempeng kecil yang sangat kompleks. Interaksi antar lempeng ini merupakan bagian dari Cincin Api Pasifik yang terdapat banyak gunung api aktif. Lempeng-lempeng ini menghasilkan 16 segmentasi yang memiliki potensi risiko terjadinya gempa megathrust yang berkekuatan tinggi serta tsunami yang yang merusak diantaranya adalah : Aceh-Andaman, Nias-Simalue, Batu, Mentawai-Siberut, Mentawai-Pagai, Enggano, Selat Sunda, Timur Jawa Tengah, Barat Jawa, sumba, Sulawesi bagian Utara, Filipina, dan Papua.

Secara umum, Indonesia memiliki banyak gempa dangkal, termasuk di Kalimantan meskipun tidak sebanyak di tempat lain. Pulau Sumatera memiliki intensitas gempa tertinggi di Indonesia. (Damayanti et al., 2020; Mustafa, 2010). Lempeng samudera terdorong ke bawah lempeng benua, yang menyebabkan gesekan yang menghambat pergerakannya. Perlambatan gerak ini menyebabkan akumulasi energi di zona subduksi, menyebabkan tekanan dan regangan secara temporal dan spasial. Dalam situasi di mana bidang temu antar lempeng terkunci, atau zona terkunci, akumulasi energi tekanan atau tarikan yang telah melewati batas elastisitas menyebabkan lempeng yang bertemu melepaskan energy (Tara Adventari et al., 2017).

Lempeng Indo-Australia memiliki densitas material dan komposisi yang lebih tinggi dibandingkan dengan lempeng Eurasia. Akibatnya, ketika terjadi tumbukan antara kedua lempeng ini, lempeng yang memiliki densitas atau massa lebih besar (lempeng Indo-Australia) akan tertarik ke bawah lempeng yang lebih ringan (lempeng Eurasia). Ketiga lempeng ini membentuk zona subduksi dengan batas konvergen yang serupa. Pembentukan palung laut merupakan karakteristik khas dari zona subduksi tersebut. Palung Jawa adalah hasil dari proses subduksi antara lempeng Eurasia dan lempeng Indo-Australia, dan terletak berdekatan dengan pantai selatan Jawa (Indriana, 2008)

Kepulauan Mentawai di Sumatera Barat memiliki potensi tsunami, serupa dengan Simeulue dan Nias. Dua blok di Kepulauan Mentawai, yaitu Blok Siberut dan Blok Sipora-Pagai, berpotensi mengalami gempa besar, menurut Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). Danny Hilman (2005) mencatat bahwa kedua blok ini memiliki periode ulang gempa sekitar 200 tahun. Gempa besar yang terjadi di Siberut pada tahun 1797 dengan magnitudo 8,7 dan di Sipora-Pagai pada tahun 1833 dengan magnitudo 8,4 menyebabkan tsunami di kedua blok tersebut (Mustafa, 2010).



Gambar 1 Zona penunjaman Busur Sunda merupakan wilayah di mana beberapa gempa bumi besar dengan magnitudo tinggi terjadi (Mukti dan Aribowo, 2017).

Pada tahun 1797, segmen Mentawai-Pagai mengalami gempa besar dengan magnitudo sekitar 8,4, menandakan potensi megathrust di area tersebut. Namun, BMKG menyatakan bahwa segmen megathrust Mentawai-Siberut telah lama tidak melepaskan energi gempa megathrust. Pada 25 Oktober 2010, zona Mentawai-Pagai mengalami gempa magnitudo 7,2 dengan kedalaman 10 km di bawah dasar laut lepas pantai barat daya Pulau Pagai (3,61° LS, 99,93° BT). Gempa ini menyebabkan tsunami setinggi 1–15 meter yang menerjang Kepulauan Pagai-Mentawai, mengakibatkan lebih dari 400 korban jiwa dan sekitar 15.000 orang mengungsi (BNPB, 2010).

Pada 2 Maret 2016, gempa magnitudo 7,8 mengguncang Kepulauan Mentawai dan Sumatera Barat. Meskipun BMKG mengeluarkan peringatan tsunami yang kemudian dicabut, lebih dari seribu orang mengungsi tanpa laporan korban jiwa (BMKG, 2022).

Penelitian ini bertujuan mengembangkan upaya mitigasi bencana di pesisir barat Pulau Sumatera untuk mengurangi dampak gempa megathrust dan potensi tsunami.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan studi literatur yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi strategi mitigasi bencana yang relevan bagi masyarakat di pesisir barat Pulau Sumatera, khususnya terhadap ancaman gempa megathrust dan tsunami. Fokus utama dari penelitian ini adalah pada segmen MentawaiPagai, yang merupakan salah satu wilayah dengan risiko tinggi terjadinya gempa megathrust.

Dalam mencapai tujuan penelitian, tiga strategi mitigasi yang dianalisis meliputi:

2.1 Infrastruktur Tahan Gempa

Penelitian ini mengevaluasi prinsip-prinsip desain bangunan tahan gempa yang dapat diterapkan di wilayah rawan gempa seperti pesisir barat Sumatera.

Konstruksi tahan gempa adalah bangunan yang memiliki sifat bertahan dari keruntuhan dan fleksibel untuk meredam getaran gempa. Bangunan yang dirancang untuk tahan gempa harus mempertimbangkan kombinasi beban, penggunaan material, dan penempatan massa struktur(DPU, 2021).

Bangunan tahan gempa memiliki karakteristik fisik sebagai berikut: strukturnya memiliki sistem penahan gempa gaya dinamik, memiliki sistem penahan gempa, dan strukturnya dikonfigurasi sesuai dengan standar anti gempa. Implementasi infrastruktur tahan gempa diharapkan dapat mengurangi dampak kerusakan fisik yang diakibatkan oleh gempa megathrust, sesuai dengan tujuan penelitian untuk meminimalisasi kerugian infrastruktur.

2.2 Peta Rawan Tsunami

Penelitian ini juga menelaah pentingnya peta rawan tsunami sebagai alat perencanaan evakuasi dan penggunaan lahan di daerah pesisir. Peta kerawanan tsunami berfungsi sebagai referensi utama dan alat perencanaan yang krusial dalam pengembangan strategi evakuasi. Selain itu, peta ini juga penting dalam perencanaan penggunaan lahan dan dalam pengembangan rencana jangka menengah untuk memitigasi dampak tsunami (Saputra et al., 2014).

2.3 Pengoptimalan System InaTEWS

Penelitian ini mengevaluasi kecepatan respon sistem dan efisiensi dalam penyebaran informasi, yang berkaitan erat dengan tujuan penelitian untuk meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dan mengurangi dampak negatif dari bencana.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan beberapa temuan penting yang mendukung pengembangan upaya mitigasi bencana untuk mengurangi dampak negatif gempa megathrust dan potensi tsunami di wilayah pesisir barat Pulau Sumatera. Hasil yang diperoleh dari tiga pendekatan utama, yaitu pengembangan infrastruktur tahan gempa, peta rawan tsunami, dan pengoptimalan sistem InaTEWS, memberikan panduan yang kuat untuk implementasi strategi mitigasi yang efektif.

3.1 Infrastruktur Tahan Gempa

Evaluasi terhadap desain dan implementasi infrastruktur tahan gempa menunjukkan bahwa penerapan teknologi dan metode konstruksi yang tepat dapat secara signifikan mengurangi kerusakan fisik yang diakibatkan oleh gempa megathrust. Bangunan yang didesain sesuai dengan standar anti-gempa, seperti penggunaan material yang memiliki kekuatan dan fleksibilitas tinggi, serta distribusi beban yang optimal, mampu menahan guncangan gempa dengan lebih baik. Hasil ini menunjukkan bahwa penguatan infrastruktur merupakan langkah kritis dalam mengurangi dampak langsung dari gempa terhadap bangunan dan infrastruktur penting lainnya, seperti jembatan, jalan raya, dan fasilitas umum.

Implementasi infrastruktur tahan gempa tidak hanya memberikan perlindungan fisik tetapi juga meningkatkan rasa aman bagi masyarakat yang tinggal di daerah rawan gempa. Dengan mengurangi risiko keruntuhan bangunan, jumlah korban jiwa dan cedera dapat diminimalkan, yang secara langsung mendukung tujuan penelitian untuk mengurangi dampak negatif dari gempa megathrust terhadap masyarakat di pesisir barat Sumatera.

3.2 Peta Rawan Tsunami

Pengembangan peta rawan tsunami yang rinci dan akurat sangat penting untuk mitigasi bencana. Penelitian ini menunjukkan bahwa peta tersebut dapat mengidentifikasi area berisiko tinggi berdasarkan simulasi ketinggian dan kedalaman genangan tsunami dari berbagai skenario magnitudo gempa. Peta rawan tsunami ini juga mendukung perencanaan rute evakuasi yang lebih efektif, memungkinkan pemerintah dan masyarakat untuk merancang rencana evakuasi yang lebih cepat dan aman, sehingga mengurangi waktu evakuasi dalam situasi darurat.

Dalam mengevakuasi masyarakat terdapat pendekatan untuk penentuan total waktu evakuasi (TET) yang dirumuskan sebagai berikut :

$$TET = IRT + ET$$

$$IRT = DT + NT + RT$$

Ket :

TET : *Total Evacuation Time*

IRT : *Initial Reaction Time*

ET : *Evacuation Time*

DT : *Institutional Decision Time*

NT : *Institutional Notification Time*

RT : *Reaction Time Of The Community*

Sumber : Muhammad, et.al., (2017)

Ada tiga komponen yang dipertimbangkan untuk menghitung IRT selama peristiwa yang bersifat tsunamigenik mencakup waktu pengambilan keputusan institusional (DT), waktu pemberitahuan institusional (NT), dan waktu reaksi masyarakat (RT). Waktu kelembagaan (DT dan NT) ditentukan oleh instansi pemerintah terkait yang mempunyai kewenangan untuk itu mengeluarkan peringatan bahaya (CHARNKOL & TANABORIBOON, 2006; Muhammad et al., 2017; Post et al., 2009). Ketiga komponen ini sangat berperan penting dalam menentukan seberapa cepat masyarakat dapat dievakuasi setelahnya adanya peringatan bahaya.

3.3 Pengoptimalan Sistem InaTEWS

Sistem InaTEWS (*Indonesian Tsunami Early Warning System*) penting untuk memberikan peringatan dini tsunami. Penelitian ini menunjukkan bahwa waktu respons sistem mempengaruhi efektivitas evakuasi. Meskipun InaTEWS sudah berfungsi baik, masih perlu peningkatan dalam kecepatan informasi dan jangkauan peringatan. Optimalisasi melibatkan peningkatan teknologi pemantauan, analisis, dan koordinasi antara lembaga terkait seperti BMKG dan BPBD. Peningkatan ini akan mempercepat penyebaran peringatan dan memberikan waktu lebih untuk evakuasi, serta memperbaiki sistem penyebaran informasi melalui sirene dan media komunikasi agar mencapai seluruh masyarakat dengan cepat dan jelas.

Di Indonesia, Sistem Peringatan Dini Tsunami Indonesia (INA-TEWS BMKG) adalah lembaga resmi yang mengeluarkan peringatan tsunami. Biasanya, INA-TEWS memerlukan waktu 5 menit untuk mengeluarkan peringatan tsunami (Dias et al., 2009; Muhammad et al., 2017; Widyaningrum, 2009). Selain itu, waktu pemberitahuan kelembagaan dianggap 3 menit, sementara komunitas adalah 7–10 menit (CHARNKOL & TANABORIBOON, 2006; Muhammad et al., 2017; Post et al., 2009).

Hal tersebut menjadi evaluasi agar masyarakat sekitar pesisir dapat merespon dengan cepat sirine peringatan dini tsunami. Sebagai contoh kajian ialah peringatan dini yang dilakukan di Kota Padang dari tahun 2007 hingga 2009 menunjukkan bahwa faktor penting ialah sirine peringatan dini perlu didengar oleh masyarakat, namun hal ini banyak masyarakat sekitar yang tidak mendengarkan sirine dengan indeks 2 dari 5.

Tabel 1 Klasifikasi Indeks Respon Terhadap Peringatan Dini dan Kerentanan Masyarakat

Indeks	Klasifikasi
0-1	Rendah Sekali
1-2	Rendah
2-3	Sedang
3-4	Tinggi
4-5	Tinggi Sekali

Sumber : (Dilley, M., et.al, 2005)

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa pengembangan infrastruktur tahan gempa, peta rawan tsunami yang akurat, dan optimalisasi sistem peringatan dini adalah strategi mitigasi bencana yang penting dan efektif. Implementasi strategi-strategi ini diharapkan dapat secara signifikan mengurangi dampak negatif gempa megathrust dan tsunami, sesuai dengan tujuan penelitian untuk melindungi masyarakat di pesisir barat Pulau Sumatera. Penerapan hasil penelitian ini oleh pemerintah dan pemangku kepentingan lainnya dapat meningkatkan kesiapsiagaan dan memperkuat ketahanan masyarakat terhadap bencana alam.

REFERENSI

- BMKG, B. M. K. dan G. (2022). *Ulasan Guncangan Gempabumi 11 September 2022 WIB M6.1 rev Mentawai. September.*
- CHARNKOL, T., & TANABORIBOON, Y. (2006). Tsunami Evacuation Behavior Analysis. *IATSS Research*, 30(2), 83–96. [https://doi.org/10.1016/s0386-1112\(14\)60173-4](https://doi.org/10.1016/s0386-1112(14)60173-4)
- 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), 105–110. <https://doi.org/10.23960/jgrs.2020.v1i2.56>
- Dias, W. P. S., Yapa, H. D., & Peiris, L. M. N. (2009). Tsunami vulnerability functions from field surveys and Monte Carlo simulation. *Civil Engineering and Environmental Systems*, 26(2), 181–194. <https://doi.org/10.1080/10286600802435918>
- Dilley, M., Chen, R., Deichman, U., LernerLam, Arther, L., Arnold, M. (2005). *Natural Disaster Hotspots : Global Risk Analysis - Synthesis Report.*
- DPU, A. (2021). *Konstruksi Tahan Gempa.* DPU.Kulonprogo. <https://dpu.kulonprogokab.go.id/detil/596/konstruksi-bangunan-tahan-gempa>
- Indriana, R. D. (2008). Analisis Sudut Kemiringan Lempeng Subduksi di Selatan Jawa Tengah dan Jawa Timur Berdasarkan Anomali Gravitasi dan Implikasi Tektonik Vulkanik. *Berkala Fisika*, 11(3), 89–96.
- Muhammad, A., Goda, K., Alexander, N. A., Kongko, W., & Muhari, A. (2017). Tsunami evacuation plans for future megathrust earthquakes in Padang, Indonesia, considering stochastic earthquake scenarios. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 17(12), 2245–2270. <https://doi.org/10.5194/nhess-17-2245-2017>
- Mustafa, B. (2010). Analisis Gempa Nias Dan Gempa Sumatera Barat Dan Kesamaannya Yang Tidak Menimbulkan Tsunami. *Jurnal Ilmu Fisika | Universitas Andalas*, 2(1), 44–50. <https://doi.org/10.25077/jif.2.1.44-50.2010>
- Post, J., Wegscheider, S., Mück, M., Zosseder, K., Kiefl, R., Steinmetz, T., & Strunz, G. (2009). Assessment of human immediate response capability related to tsunami threats in Indonesia at a sub-national scale. *Natural Hazards and Earth System Science*, 9(4), 1075–1086. <https://doi.org/10.5194/nhess-9-1075-2009>
- Saputra, I. D., Subardjo, P., & Handoyo, G. (2014). Peta Kerawanan Tsunami serta Rancangan Jalur Evakuasi di Pantai Desa Parangtritis Kecamatan Kretek Kabupaten Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Oseanografi*, 3(4), 722–731. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jose.50275Telp/fax>
- Tara Adventari, Pranowo, W. S., Adrianto, D., Ramdhan, M., & Setiyadi, dan J. (2017). *PENJALARAN TSUNAMI MENUJU KE OUTLET ARLINDO BERDASARKAN SKENARIO GEMPA MEGATHRUST*

SELATAN JAWA. 1–10.

Widyaningrum, E. (2009). TSUNAMI EVACUATION PLANNING USING GEOINFORMATION TECHNOLOGY CONSIDERING LAND MANAGEMENT ASPECTS CASE STUDY : CILACAP , CENTRAL OF JAVA Master ' s Thesis Master ' s Programme Land Management and Land Tenure Master ' s Thesis Elyta Widyaningrum. *Management, February*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31656.98567>