

Telaah Kesiapsiagaan Dan Simulasi Evakuasi Bencana Gempa Bumi Dan Tsunami Pada Siswa Di Sman 2 Sipora Kepulauan Mentawai

Mutya Vonnisa^{*}, Afdal, Ahmad Fauzi Pohan, Rudi Cahyadi, Arif Budiman, Dwi Pujiastuti, Feriska Handayani Irka, Meqorry Yusfi, Muldarisnur, Dian Fitriyani, Dwi Puryanti, Imam Taufiq, Afdhal Muttaqin, Trengginas Eka Putra Sutantyo, Dahyunir Dahlan, Harmadi

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Andalas, Padang, Indonesia
email: mutyavonnisa@sci.unand.ac.id

Abstract

The high number of casualties during earthquake and tsunami disasters in Indonesia requires the attention of all stakeholders. One of the factors that could reduce this is the existence of earthquake and tsunami evacuation mitigation education. Therefore, as part of academia, the Andalas University Physics Department community service team chose the topic of earthquake and tsunami disaster mitigation education at SMAN 2 Sipora, Mentawai Islands, West Sumatra. The community service was carried out in the form of education about earthquakes and tsunamis, installation of evacuation route signs, evacuation simulations, and filling out questionnaires to observe the feedback of activities and analyse overall disaster preparedness. From the results of the activities carried out, it can be concluded that the knowledge and understanding of mitigation from students and teachers increased with varying percentages. Students and teachers also expect disaster mitigation training on a regular basis. Meanwhile, examining disaster preparedness around SMAN 2 Sipora, the society needs attention from the government on the improvement of adequate infrastructure, such as: building permits should meet the earthquake stage building structure, well access roads, tsunami early warning systems and sturdy shelters that have met the optimal location assessment of coastal areas.

Keywords: Earthquake, Tsunami, Disaster Mitigation, Megathrust Zone, Mentawai

Abstrak

Tingginya korban jiwa saat bencana gempa bumi dan tsunami di Indonesia memerlukan perhatian yang serius dari semua pihak. Salah satu faktor yang dapat meminimalisir hal itu adalah adanya edukasi mitigasi evakuasi gempa bumi dan tsunami. Oleh karena itu sebagai bagian dari akademisi, tim pengabdian Departemen Fisika Universitas Andalas memilih topik tentang edukasi mitigasi bencana gempa dan tsunami di SMAN 2 Sipora Kepulauan Mentawai, Sumatera Barat. Pengabdian masyarakat ini dilakukan dalam bentuk edukasi atau penyuluhan tentang gempa bumi dan tsunami, pemasangan rambu-rambu jalur evakuasi, simulasi evakuasi, dan pengisian kuisioner guna melihat umpan balik kegiatan dan menelaah kesiapsiagaan bencana secara menyeluruh. Dari hasil kegiatan yang dilaksanakan dapat disimpulkan pengetahuan dan pemahaman tentang mitigasi dari siswa dan guru meningkat dengan persentase yang bervariasi. Siswa dan guru juga mengharapkan adanya pelatihan mitigasi bencana ini secara berkala. Sementara itu, menelaah kesiapsiagaan bencana di sekitar SMAN 2 Sipora, masyarakat membutuhkan perhatian yang serius dari pemerintah tentang peningkatan infrastuktur yang memadai, seperti: izin mendirikan bangunan semestinya memenuhi struktur bangunan tahap gempa, akses jalan yang baik, sistem peringatan dini tsunami dan shelter yang kokoh yang telah memenuhi pengkajian lokasi optimal daerah pesisir pantai.

Kata Kunci: Gempa Bumi, Tsunami, Mitigasi Bencana, Zona Megathrust, Kepulauan Mentawai

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan yang berada pada kawasan cincin api (*ring of fire*) karena pertemuan tiga lempeng tektonik utama bumi, yaitu lempeng Eurasia, Indo-Australia dan Pasifik. Kondisi geografis ini menyebabkan Indonesia memiliki tingkat risiko bencana alam yang tinggi, terutama gempa bumi dan tsunami. Salah satu wilayah yang sangat rentan terhadap bencana tersebut adalah Kabupaten Kepulauan Mentawai di provinsi Sumatera Barat, yang berada di zona megathrust dengan potensi gempa besar.

Berdasarkan data laman Earthquakelist [1] menunjukkan bahwa pada tahun 2024 Indonesia menempati peringkat kedua negara dengan jumlah kejadian gempa bumi terbanyak, yakni sebanyak 1761 kali. Selanjutnya, Meksiko mengalami kejadian gempa tertinggi yakni 1859 kali, dan posisi ketiga adalah Jepang dengan kuantitas gempa bumi sebanyak 1490 kali. Gempa dahsyat pada tanggal 1 Januari 2024, Semenanjung Noto, Prefektur Ishikawa Jepang berkekuatan magnitudo 7,6 Skala Richter memicu tsunami setinggi 1 hingga 1,2 meter di Semenanjung Noto [2]. Bencana ini menyebabkan rusaknya infrastruktur, jaringan listrik dan kebakaran di Kota Wajima. Jika dibandingkan dengan gempa Turki 2023, meskipun kerusakan cukup besar pada gempa di Semanjung Noto ini, namun korban meninggal dunia relatif minim, yakni sebanyak 73 orang, lalu 323 lainnya terluka [3].

Kejadian gempa dengan kekuatan yang serupa juga pernah terjadi di Turki Februari 2023 yang berkekuatan 7,9 Skala Richter, namun bedanya menelan korban yang sangat banyak dimana 50.500 jiwa tewas [4]. Kemudian, gempa 7 SR di Haiti pada tahun 2011 menewaskan 316.000 orang [5]. Lalu, catatan sejarah korban gempa di Indonesia juga tidak jauh berbeda dengan kedua negara tersebut, Haiti dan Turki. Di Indonesia, data korban gempa dan tsunami Aceh tahun 2004 terdapat 227.898 orang meninggal, 280.000 terluka, lalu gempa Yogyakarta 6,3 M pada tahun 2006 yang menelan korban meninggal

5.778 jiwa, 38.568 terluka, gempa dan tsunami tahun 2018 di Sulawesi Tengah 7.5 M mencapai korban meninggal 4.340, dan 10.679 luka-luka [6].

Sebagaimana yang dibahas pada pusat krisis Kementerian Kesehatan [7], hal-hal yang dapat dilakukan untuk meminimalisir korban jiwa pada bencana gempa antara lain: pemahaman mitigasi bencana yang baik, alat pertolongan pertama bencana yang tersedia, konstruksi rumah tahan gempa atau merenovasi bangunan yang rentan runtuh saat gempa, serta aturan penggunaan lahan pada daerah bencana oleh pemerintah. Dari semua aspek ini, Jepang saat ini dipuji oleh media internasional sebagai negara yang sangat tahan terhadap gempa bumi dengan berbagai teknologi mitigasi canggih dan kerangka kerja untuk perencanaan dan penanggulangan untuk membantu mengurangi dampak peristiwa seismik di masa depan [8].

Berdasarkan perbandingan korban jiwa gempa tersebut, maka Indonesia perlu belajar banyak kepada Jepang tentang pendidikan mitigasi bencana gempa dan tsunami, sehingga meminimalisir korban jiwa. Di Jepang, pendidikan mitigasi bencana diintegrasikan ke dalam kurikulum pembelajaran, mulai dari anak pendidikan usia dini. Bahkan masyarakat pendatang juga diajarkan tentang mitigasi bencana. Pelajar Jepang melakukan latihan kesiapsiagaan bencana minimal dua kali dalam setahun. Hal ini bertujuan agar siswa tanggap jika terjadi bencana secara tiba-tiba [9].

Edukasi mitigasi bencana gempa dan tsunami di Indonesia belum terintegrasi kurikulum, bahkan simulasi tanggap bencana tergolong minim. Oleh karena itu, kegiatan simulasi bencana gempa bumi dan tsunami perlu dilakukan juga pada Pelajar di Indonesia. Salah satunya sekolah yang dituju pada simulasi ini adalah SMAN 2 Sipora yang berada di Kepulauan Mentawai, yang merupakan zona Megathrust Mentawai-Siberut. Daerah ini memiliki potensi yang diduga oleh para ahli sebagai zona kekosongan gempa besar (*seismic gap*) yang sudah berlangsung selama ratusan tahun. *Seismic gap* ini memang harus kita waspadai karena dapat melepaskan energi gempa

signifikan yang dapat terjadi sewaktu-waktu [10]. Jadi adalah hal yang tepat untuk melaksanakan edukasi kesiapsiagaan bencana gempa dan tsunami daerah tersebut.

METODE PENGABDIAN

Kegiatan ini dilakukan di SMAN 2 Sipora Kepulauan Mentawai secara langsung selama satu hari. Adapun rangkaian kegiatannya meliputi tiga tahapan yaitunya:

a. Edukasi tentang gempa dan tsunami.

Pemaparan materi dilakukan untuk seluruh siswa dan guru SMAN 2 Sipora. Penyuluhan ini ditujukan sebagai edukasi dasar dalam mitigasi bencana gempa dan tsunami. Siswa perlu memahami kondisi geografis Indonesia yang rawan gempa bumi dan tsunami, apalagi posisi tempat tinggal mereka yang juga berada di zona megathrust. Pemahaman siswa diharapkan dapat dibawa ke keluarga dan masyarakat sehingga dapat menjelaskan kembali secara ilmiah tentang gempa dan tsunami serta mitigasinya.

b. Pemasangan rambu-rambu jalur evakuasi

Berdasarkan diskusi dengan pihak sekolah, diperoleh informasi bahwa sekolah belum memiliki rambu-rambu untuk jalur evakuasi. Oleh karena itu dipersiapkan rambu-rambu tersebut lalu dipasang di SMAN 2 Sipora dan pada posisi jalur-jalur evakuasi yang tepat.

c. Simulasi evakuasi bencana gempa dan tsunami

Sebelum melakukan simulasi, pada tahapan penyuluhan siswa juga sudah diberikan penjelasan cara perlindungan saat gempa terjadi, dan kemana bergerak jika terjadi tsunami, termasuk teknis simulasi. Teknis simulasi dimulai saat bel sekolah dibunyikan panjang sebanyak 3 kali. Selanjutnya tim pengabdian akan memberikan instruksi pada praktek di lapangan.

d. Evaluasi melalui kuisisioner

Evaluasi dilakukan dengan pengisian kuisisioner oleh siswa dan guru SMAN 2 Sipora. Hal ini diharapkan menjadi telah

pada kesiapsiagaan bencana Kabupaten Mentawai, sekaligus melihat efektifitas kegiatan penyuluhan dan simulasi yang dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Edukasi gempa dan tsunami melibatkan siswa dan guru SMAN 2 Sipora Kepulauan Mentawai, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Adapun kegiatan ini dihadiri oleh tim dosen Departemen Fisika Universitas Andalas, guru dan sekitar 500 siswa SMAN 2 Sipora. Pemaparan materi berkenaan dengan pengetahuan dasar tentang gempa bumi, seperti; kondisi geografis Indonesia, posisi Kepulauan Mentawai yang berada di zona Megathrust, pengertian dan pengukuran dasar gempa bumi, klasifikasi gempa bumi, kriteria gempa yang berpotensi tsunami, mitigasi bencana gempa dan tsunami, evakuasi dan pertolongan pertama saat bencana dan diakhiri dengan penjelasan teknis simulasi jika terjadi bencana.



Gambar 1. Suasana Edukasi Gempa dan Tsunami.

Hasil kuisisioner kegiatan ini, tentang pemahaman peningkatan pengetahuan dari edukasi yang dilaksanakan dapat dilihat pada Tabel 1. Secara keseluruhan siswa sudah mengetahui tentang gempa bumi dan tsunami. Namun, prosedur evakuasi yang tepat jika terjadi gempa dan tsunami menunjukkan lebih dari 50% siswa belum mengetahui sepenuhnya. Hal ini tidak dapat dipungkiri, karena melihat data informasi dan pelatihan tentang mitigasi bencana oleh pemerintah atau lembaga terkait masih tergolong minim, yakni 10% siswa tidak menerima informasi atau mendapatkan pelatihan dan 55% siswa

memperolehnya tetapi kurang memadai. Memperhatikan data ini, maka hal yang tepat untuk melakukan edukasi gempa bumi dan tsunami di SMAN 2 Sipora. Dari data kuisisioner pada Tabel 1 menunjukkan kepuasan siswa, ketercapaian tujuan dan kebermanfaatan kegiatan ini cukup signifikan dengan persentasi baik dan sangat baik mencapai 76%, 69%, dan 77 %, secara berturut-turut.

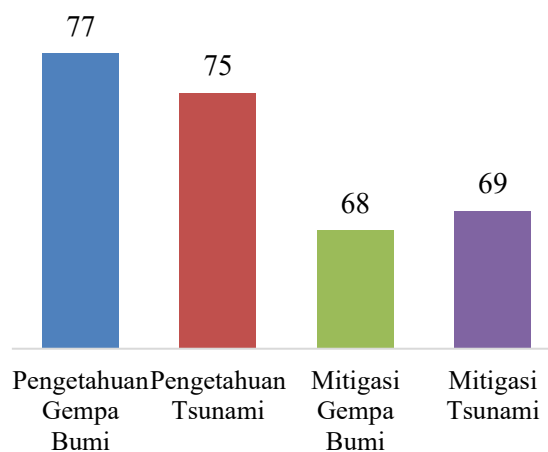
Tabel 1. Hasil kuisisioner untuk meninjau pemahaman edukasi bencana

Pertanyaan Kuisisioner	Hasil
Apakah anda mengetahui tentang gempa dan tsunami?	100% mengetahui
Sebelum dilaksanakan edukasi, apakah Anda mengetahui prosedur evakuasi yang tepat jika terjadi gempa atau tsunami?	3% tidak mengetahui 49% hanya tahu sebagian 48% sudah mengetahui
Apakah ada informasi atau pelatihan tentang mitigasi gempa dan tsunami yang sudah diberikan oleh pemerintah atau lembaga terkait?	10% tidak ada informasi atau pelatihan 55% ada tapi kurang memadai 35% ada dan lengkap
Secara keseluruhan, seberapa puas Anda dengan kegiatan edukasi gempa dan tsunami ini?	24% cukup 59% baik 17% sangat baik
Bagaimana tingkat ketercapaian edukasi ini?	31% cukup 65% baik 4% sangat baik
Bagaimana tingkat kebermanfaatan penyuluhan/edukasi hari ini?	23% cukup 52% baik 25% sangat baik

Selanjutnya Gambar 2 menunjukkan persentase peningkatan pemahaman siswa pada kegiatan edukasi mitigasi bencana

gempa bumi dan tsunami ini. Data pada Gambar 2 memperlihatkan peningkatan pemahaman terbaik adalah pada pengetahuan gempa bumi, yang meningkat sekitar 77 %, selanjutnya pengetahuan tentang tsunami meningkat 75%. Sementara itu, pemahaman siswa terhadap mitigasi gempa dan tsunami lebih rendah dari pengetahuan mereka, yakni untuk gempa bumi meningkat 68% dan mitigasi tsunami 69%. Hal ini mengindikasikan, perlu perhatian intens pada kegiatan ini adar siswa lebih membiasakan diri. Hal ini juga terkait dengan minimnya kegiatan edukasi bahkan praktek mitigasi ini dilaksanakan.

Kemudian pada kegiatan pengabdian ini juga dilakukan pemasangan rambu-rambu jalur evakuasi gempa dan tsunami. Hal ini berdasarkan diskusi pendahuluan dengan pihak sekolah, yang menyatakan bahwa belum adanya fasilitas ini di SMAN 2 Sipora. Tim pengabdian Departemen Fisika memasang rambu-rambu tersebut, salah satunya seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3. Hal ini bertujuan agar memudahkan siswa dan guru menuju titik kumpul evakuasi. Titik kumpul evakuasi merupakan elemen penting dalam perencanaan tanggap darurat. Titik kumpul memiliki beberapa fungsi, di antaranya: memberikan tempat aman bagi orang-orang untuk berlindung, memudahkan tim penyelamat untuk menghitung jumlah orang yang telah dievakuasi, memastikan tidak ada orang yang tertinggal di area berbahaya, mengkoordinasikan bantuan atau informasi lebih lanjut.



Gambar 2. Persentase peningkatan pemahaman siswa pada kegiatan edukasi (dalam satuan %).



Gambar 3. Pemasangan rambu-rambu jalur evakuasi.

Berdasarkan Tabel 2 diperoleh data sebagai tolak ukur peninjau seberapa sering simulasi evakuasi gempa dan tsunami pernah dilaksanakan di sekitaran SMAN 2 Sipora, dimana hasil menunjukkan bahwa masih ada sekitar 35% siswa dan guru yang belum pernah mendapatkan simulasi ini. Hal ini cukup mengkhawatirkan, karena hanya sekitar 8 % yang merasa cukup intens dengan simulasi. Lalu pada kuioner juga disertakan dengan pertanyaan: “Apakah anda memiliki saran atau komentar terkait dengan upaya mitigasi gempa dan tsunami di daerah Anda”? Pada Tabel 2 menunjukkan kebutuhan yang cukup besar untuk adanya simulasi secara berkala dari siswa dan guru. Sikap tenang dalam menghadapi bencana dapat dicapai jika manusia sudah terbiasa dengan latihan tanggap bencana, sikap panik tentu akan mengakibatkan banyak korban.

Tabel 2. Hasil kuisioner untuk meninjau pemahaman simulasi evakuasi gempa bumi dan tsunami.

Pertanyaan Kuisioner	Hasil
Seberapa sering Anda mendapatkan pelatihan simulasi evakuasi gempa atau tsunami di lingkungan tempat tinggal Anda?	Tidak pernah 35% Beberapa kali dalam beberapa tahun 56% Setiap tahun 8%

Pertanyaan Kuisioner	Hasil
Apakah Anda memiliki saran atau komentar terkait dengan upaya mitigasi gempa dan tsunami di daerah Anda?	45% perlu peningkatan kegiatan simulasi 10% perlu peningkatan infrastruktur 35% lainnya

Selanjutnya tim pengabdian juga mencoba melakukan telaah kesiapsiagaan bencana dari segi infrastuktur, data yang ditanyakan pada kuisioner ditunjukkan pada Tabel 3, dimana rumah yang sudah dilengkapi dengan struktur bangunan tahan gempa hanya sekitar 31%. Sebagaimana hasil riset yang dilansir oleh Coburn, Spence, & Pomonis [11] menyatakan bahwa 75% kematian saat bencana gempa disebabkan oleh runtuhnya gedung, maka negara yang rentan terhadap gempa bumi semestinya mempunyai perhatian serius terhadap struktur bangunan tahan gempa.

Kemudian terkait dengan kesiapsiagaan Kepulauan Mentawai khususnya sekitar SMAN 2 Sipora pada faktor pendukung berupa sistem peringatan dini tsunami juga memerlukan pembenahan, hal ini dapat dilihat dari data pada Tabel 2 yang menunjukkan bahwa 20% masyarakat beranggapan bahwa sistem peringatan dini tidak ada. Beberapa masyarakat ada yang menyadari keberadaannya, namun menyatakan sistem belum optimal sebanyak 49%. Data ini menyimpulkan sistem peringatan dini tsunami belum bisa diandalkan beroperasi dengan baik dan memiliki jangkauan peringatan yang luas terhadap warga masyarakat. Penelitian tentang peringatan dini tsunami telah dilakukan oleh Escaleras & Register [12] dengan mengandalkan model regresi binomial negatif yang mengontrol dinamika tsunami, ditemukan bahwa peringatan dini cukup efektif dalam mengurangi jumlah korban tewas. Model ini juga mengontrol faktor-faktor tambahan yang penting dalam menentukan jumlah korban tewas akibat tsunami, seperti kondisi sosial ekonomi, yang

telah terbukti penting dalam bencana alam lainnya.

Telaah kesiapsiagaan bencana selanjutnya telah didata pada kesiapan fasilitas evakuasi (jalan, shelter, dll), dimana 79% fasilitas ini dapat dikatakan tidak memadai dan perlu peningkatan atau perbaikan. Jalan yang baik diperlukan untuk kelancaran mencapai shelter. Shelter merupakan bentuk evakuasi vertikal yang membantu manusia untuk menghindari risiko tsunami. Bahkan penelitian Sotelo-Salas dkk. [13] sudah sampai pada tahap pemodelan evakuasi vertikal tsunami dan memberikan informasi yang berharga bagi para pengambil keputusan untuk merencanakan dan berinvestasi pada infrastruktur penting untuk evakuasi vertikal selama tsunami. Metode pembuatan shelter untuk daerah pesisir juga telah dilakukan oleh Park dkk. [14] yang mengembangkan dan mendemonstrasikan metodologi yang menerapkan optimasi genetik untuk menentukan lokasi shelter tsunami yang optimal dengan tujuan untuk mengurangi waktu evakuasi, sehingga memaksimalkan probabilitas kelangsungan hidup populasi.

Tabel 3. Hasil kuisisioner untuk telaah kesiapsiagaan bencana.

Pertanyaan Kuisisioner	Hasil
Apakah rumah atau tempat tinggal Anda dilengkapi dengan perlindungan gempa (misal: struktur bangunan tahan gempa)?	Tidak ada 41 % Belum, tapi dalam perencanaan 28% Ya, sudah ada 31 %
Apakah daerah tempat tinggal Anda memiliki sistem peringatan dini tsunami?	Tidak ada 20% Ya, tetapi sistem belum optimal 49% Ya, sistem sudah berfungsi dengan baik 32%
Apakah Anda merasa fasilitas evakuasi (jalan, shelter, dll) di daerah Anda cukup	Tidak memadai sama sekali 11% Cukup, tapi perlu peningkatan 68% Ya, sudah memadai

Pertanyaan Kuisisioner	Hasil
memadai?	21%
Apa kendala terbesar yang dihadapi dalam upaya mitigasi gempa dan tsunami di daerah Anda	Kurangnya informasi dan edukasi 43% Kurangnya infrastruktur yang belum memadai 33% Lainnya (seperti kurangnya koordinasi antar instansi, kurangnya kepedulian, dll) 23%

Pada pertanyaan terakhir kuisisioner tentang kendala terbesar dalam upaya mitigasi gempa dan tsunami, maka persentasi terbesar masih didominasi oleh kurangnya informasi dan edukasi mitigasi gempa bumi dan tsunami, yakni sebesar 43%. Posisi kedua untuk kendala masyarakat memang berada pada kurangnya infrastruktur yang memadai, ditambah faktor lain tentang kurangnya koordinasi antar instansi dan kepedulian masyarakat di zona rawan bencana itu sendiri.

SIMPULAN

Dari kegiatan pengabdian masyarakat yang telah dilakukan, dan hasil kuisisioner dapat disimpulkan bahwa siswa dan guru di SMA N 2 Sipora sangat memerlukan edukasi mitigasi bencana baik berupa penyuluhan atau sosialisasi dan simulasi mitigasi secara berkala. Lalu dari telaah kesiapsiagaan bencana, SMAN 2 Sipora dan sekitarnya sangat membutuhkan peningkatan infrastruktur yang mendukung penyelamatan saat terjadi bencana, seperti struktur bangunan tahap gempa, akses jalan yang baik, sistem peringatan dini tsunami dan shelter yang kokoh dan telah memenuhi pengkajian lokasi optimal daerah pesisir Pantai.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas untuk Hibah Pengabdian Kepada Masyarakat Batch II Tahun anggaran 2024 dengan nomor kontrak: 03/UN.16.03.D/PP/FMIPA/2024.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Earthquakelist. Top 100 countries with most earthquakes. Available at: <https://earthquakelist.org/reports/top-100-countries-most-earthquakes/#2024>.
- [2] Ishikawa, Y., and L. Bai. "The 2024 Mj 7.6 Noto Peninsula, Japan earthquake caused by the fluid flow in the crust." *Earthquake Research Advances* 4. no. 3 (2024): doi:10.1016/j.eqrea.2024.100292.
- [3] Chen, G.Q., Y.Q. Wu, M.Y. Xia and Z.Y. Li. "The Japan Noto Peninsula Ml. 6 Earthquake on January 1, 2024: Focal Characteristics, Disaster Situation and Emergency Response." *Earthquake* 44. no. 1 (2024): doi:10.12196/j.issn.1000-3274.2024.01.010.
- [4] Liu, Y., Z. Wang and X. Zhang. "Estimating the final fatalities using early reported death count from the 2023 Kahramanmaraş, Türkiye, MS 8.0–7.9 earthquake doublet and revising the estimates over time." *Earthquake Research Advances* (2024): 100331.
- [5] Kompas. Hari Ini dalam Sejarah: Gempa Bumi Besar Guncang Haiti, 316.000 Orang Tewas. Available at: <https://www.kompas.com/tren/read/2022/01/12/090500965/hari-ini-dalam-sejarah--gempa-bumi-besar-guncang-haiti-316.000-orang-tewas?page=all>. Accessed December 12, 2024.
- [6] BNPB. Data dan Informasi Bencana Indonesia. Available at: <https://dibi.bnpb.go.id/home/index2>. Accessed December 12, 2024.
- [7] KEMENKES. Cegah Dampak Gempa dengan 5 Langkah Pencegahan. Available at: <https://pusatkrisis.kemkes.go.id/cegah-dampak-gempa-dengan-5-langkah-pencegahan>. Accessed December 12, 2014.
- [8] Cothorn, K. "Bracing Japan: Earthquakes, Nature, Planning, and the (Re) Construction of Japan, 1923-1995." (2016):
- [9] Rachman, I., M. Fumitoshi and K. Yayoi. "Disaster mitigation education: Efforts to improve school community disaster preparedness." *Journal of Environment and Sustainability Education* 2. no. 2 (2024): 73–85.
- [10] BMKG. Tentang Gempa di Selat Sunda dan Mentawai-Siberut yang "Tinggal Menunggu Waktu." Available at: <https://www.bmkg.go.id/berita/?p=tentang-gempa-di-selat-sunda-dan-mentawai-siberut-yang-tinggal-menunggu-waktu&lang=ID&tag=megathrust>. Accessed December 12, 2024.
- [11] Coburn, A.W., R.J.S. Spence and A. Pomonis. Factors determining human casualty levels in earthquakes: mortality prediction in building collapse, in: *Proceedings of the tenth world conference on earthquake engineering*, Vol.10, Balkema Rotterdam, 1992, pp. 5989–94.
- [12] Escaleras, M.P., and C.A. Register. "Mitigating natural disasters through collective action: the effectiveness of tsunami early warnings." *Southern Economic Journal* 74. no. 4 (2008): 1017–34.
- [13] Sotelo-Salas, C., C.A. Monardes-Concha, F. Pérez-Galarce and R. Santa González. "A multi-objective optimization model for planning emergency shelters after a tsunami." *Socio-Economic Planning Sciences* 93. (2024): 101909.
- [14] Park, S., J.W. Van de Lindt, R. Gupta and D. Cox. "Method to determine the locations of tsunami vertical evacuation shelters." *Natural Hazards* 63. (2012): 891–908.