

Mitigasi Bencana Tsunami Pantai Pangandaran, Jawa Barat

Aulia Setya Lestari¹, Muzani¹, Cahyadi Setiawan¹

¹Program Studi Pendidikan Geografi Universitas Negeri Jakarta

Jakarta 13220, Indonesia

E-mail: *auliasetya5@gmail.com, muzanigeo@gmail.com, cahyadiunj3@gmail.com

Dikirim : 29 Agustus 2022

Diterima: 24 Maret 2023

Abstrak: Pantai Pangandaran ialah salah satu dari beberapa pantai yang berada di selatan Pulau Jawa yang letaknya berada pada zona tumbukan (subduksi) antara Lempeng Indo-Australia dan Eurasia sehingga menyebabkan Pantai Pangandaran rawan akan terjadinya gempa bumi dan tsunami. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui bentuk upaya mitigasi bencana tsunami Pantai Pangandaran. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif dan analisis evaluatif. Analisis spasial digunakan untuk mengkaji bahaya, sedangkan deskriptif evaluatif untuk mengkaji mitigasi bencana tsunami. Hasil penelitian menunjukkan bentuk mitigasi yang dilakukan secara struktural yaitu penanaman mangrove, pembuatan jalur evakuasi, membangun tempat evakuasi sementara dengan jarak kurang lebih 500 m dari pantai, membuat benteng sebagai pemecah ombak, dan memasang peringatan dini tsunami. Upaya mitigasi non struktural terkait adanya penerapan kebijakan tentang tata guna lahan, pengembangan sistem peringatan dini dan dipublikasikan melalui berbagai media, serta mengadakan simulasi mitigasi bencana tsunami. Adapun program inovasi mitigasi bencana tsunami yaitu Anak TK Mitigasi, Wisata Edukasi Bencana Goes To School, Silaturahmi Empati Berbagi Edukasi Bencana, Bunda Belajar Mitigasi, Forum Kesiapsiagaan Dini Masyarakat, dan Hotel dan Restoran Tangguh Bencana.

Kata Kunci: Mitigasi Bencana, Tsunami, Pantai Pangandaran.

Abstarct: Pangandaran Beach is one of several beaches in the south of the island of Java which is located in the collision zone between the Indo-Australian and Eurasian plates, causing Pangandaran Beach to be prone to earthquakes and tsunamis. The purpose of this study was to forms of tsunami disaster mitigation at Pangandaran Beach. The method used in this research is descriptive and evaluative analysis. Spatial analysis is for assessing hazards, while descriptive evaluative is for assessing tsunami disaster mitigation. The results showed that mitigation efforts carried out structurally are planting mangroves, making evacuation routes, building temporary evacuation sites at a distance of approximately 500 m from the beach, building forts as breakwaters, and installing tsunami early warnings. Non-structural mitigation efforts are related to the implementation of policies on land use, development of early warning systems and publications through various media, as well as conducting tsunami disaster mitigation simulations. The tsunami disaster mitigation innovation programs are Mitigation Kindergarten Children, Goes To School Disaster Education Tour, Empathy Gathering Sharing Disaster Education, Mitigation Learning Mothers, Community Early Preparedness Forum, and Disaster Resilient Hotels and Restaurants.

Keywords: Disaster Mitigation, Tsunami, Pangandaran Beach.

Pendahuluan

Indonesia ialah sebuah negara dimana mengantongi keelokan alam begitu melimpah dan keanekaragamannya. Namun, disisi lainnya Indonesia juga termasuk suatu negara yang secara geologis letaknya ada diantara tiga lempeng tektonik yakni Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Pasifik. Kemudian, Indonesia juga terletak pada pertemuan dua jalan

pegunungan aktif yakni sirkum mediterania yang melalui indonesia bagian barat dan memanjang dari laut mediteran di Eropa dan sirkum pasifik ke arah timur bersumber dari Benua Amerika tepatnya di Pegunungan Rocky (Nungrat, 2001). Selain menjadikan Indonesia kaya akan sumber daya alam, kondisi geologi ini juga menyebabkan Indonesia memiliki risiko dengan tingkatan yang tinggi akan adanya bencana gempa bumi dan tsunami. Menurut Harsanugraha (2008), Indonesia ditinjau dari sejarah gempa tahun 1629 hingga 2002 sudah mengalami sejumlah 109 kali tsunami dengan ketinggian gelombang 4 hingga 24 meter.

Pantai Pangandaran ialah salah satu pantai yang terletak di selatan Pulau Jawa dan sangat rawan akan terjadinya gempa dan tsunami. Hal ini dikarenakan letaknya yang berada di tumbukan (*subduction zone*) diantara Lempeng Indo-Australia dan Eurasia. Tsunami yang terjadi di selatan Pulau Jawa tahun 2006 melanda wilayah Pangandaran dengan kekuatan 6 SR (Mardiyanto *et al.* 2013). Maka dari itu, membangun kesiapsiagaan masyarakat menghadapi bencana sedini mungkin adalah suatu hal yang diharuskan dalam upaya pencegahan bencana. Hal ini seiring dengan munculnya perubahan paradigma terkait penanggulangan bencana yang awalnya berorientasi pada respon kedaruratan akibat bencana (*fatalistic responsive*) menjadi penanggulangan bencana dilakukan sedini mungkin (*proactive preparedness*) mulai dari pencegahan dan kesiapsiagaan hingga sampai tahap pemulihan rehabilitasi (Raja, Hendarmawan, & Sunardi, 2017). Selain itu, perlu juga untuk dibuatnya zonasi rawan bencana tsunami supaya masyarakat di sekitar kawasan pesisir Pantai Pangandaran dapat melakukan mitigasi bencana dengan semestinya.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif dengan analisis evaluatif. Menurut Arikunto (2010), “metode penelitian deskriptif adalah penelitian yang benar-benar hanya memaparkan apa yang terdapat atau terjadi di dalam sebuah kancah, lapangan, atau wilayah tertentu”. Sedangkan penelitian evaluatif yaitu penelitian dimana peneliti bertujuan untuk mengumpulkan data terkait penerapan kebijakan (Arikunto, 2010). Pada dasarnya penelitian analisis evaluatif terpusat pada saran rekomendasi akhir yang menegaskan bahwa suatu objek evaluasi apakah akan dipertahankan, ditingkatkan, diperbaiki atau bahkan diberhentikan sesuai dengan data yang diperoleh.

Subjek Penelitian

Mengacu pada Arikunto (2006), subjek yang dituju untuk bisa diteliti oleh peneliti disebut subjek dalam penelitian. Sehingga, subjek penelitian merupakan sumber informasi yang digali untuk mengungkap bagaimana fakta-fakta di lapangan. Subjek dalam penelitian ini yaitu wilayah Kecamatan Pangandaran dimana kedalaman tingkat analisis di tingkat desa. Unit analisis yang digunakan pada wilayah Kecamatan Pangandaran yang terdiri dari 8 desa yaitu Desa Pangandaran, Desa Pananjung, Desa Babakan, Desa Wonoharjo, Desa Sidomulyo, Desa Purbahayu, Desa Sukahurip, dan Desa Pagergunung.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dipakai dalam penelitian yaitu terdiri dari data primer dan sekunder. Menurut Sugiyono (2013), data sekunder adalah sumber data yang didapatkan dari pihak kedua atau secara tidak langsung. Contohnya seperti artikel, jurnal, studi literatur, atau internet yang mendukung dengan penelitian sehingga dapat membantu memecahkan masalah

yang ada. Teknik pengumpulan data dilakukan secara dokumentasi, observasi dan wawancara. Teknik dokumentasi digunakan untuk mencatat data atau mendokumentasikan data yang dibutuhkan dalam penelitian.

Teknik Analisis Data

Parameter bahaya tsunami menurut Dara Zaiyana (2014) meliputi ketinggian, jarak dari pantai, jarak dari sungai dan kemiringan lereng. Parameter tersebut diperoleh menggunakan data DEM. *Digital Elevation Model* (DEM) dapat diperoleh dari pengolahan hasil peta rupabumi atau beberapa peta topografi. Menurut BIG (2018), DEM nasional memiliki resolusi spasial 8,1 piksel sebagai datum vertical acuannya. Kemudian hasil tersebut di *overlay* menjadi satu, dan membuat field baru dengan formula seperti berikut ini.

$$H = (\text{Ketinggian} \times 30) + (\text{Jarak dari pantai} \times 30) + (\text{Jarak dari sungai} \times 15) + (\text{Kelerengan} \times 25)$$

Overlay merupakan analisis spasial dengan menggabungkan dua layer dan teknis terbagi menjadi format data raster atau vector (Prahasta, 2001). Setelah itu, mengklasifikasikan kelas bahaya dengan menggunakan *spatial analyst tools* dalam ArcGIS 10.4. Adapun analisis yang digunakan yaitu deskriptif evaluatif untuk mendeskripsikan upaya mitigasi pada zona yang teridentifikasi rawan bencana.

Hasil dan Pembahasan

Analisis Bahaya Tsunami

a. Ketinggian

Sesuai dengan hasil penelitian pada Gambar 6. menunjukkan bahwa desa yang memiliki potensi terancam tsunami sesuai dengan parameter ketinggian adalah Desa Babakan, Desa Pananjung, Desa Wonoharjo, dan sebagian dari Desa Pangandaran, Desa Purbahayu, Desa Sidomulyo, serta Desa Sukahurip. Sedangkan untuk desa yang tidak terancam tsunami adalah Desa Pagergunung, sebagian dari Desa Pangandaran, Desa Purbahayu, Desa Sidomulyo, dan Desa Sukahurip. Luasan daerah bahaya tsunami sesuai parameter ketinggian dengan kelas sangat tinggi 1917,2 Ha, kelas tinggi 1119,2 Ha, kelas sedang 376,2 Ha, kelas rendah 395,8 Ha, kelas sangat rendah 3714,5 Ha.

b. Jarak dari Pantai

Beberapa desa yang memiliki potensi terancam tsunami sesuai dengan parameter jarak dari pantai adalah Desa Babakan, Desa Pananjung, Desa Wonoharjo, dan sebagian dari Desa Pangandaran. Hal ini dikarenakan desa tersebut memiliki jarak dari pantai dibawah 500 m. Menurut Faiqoh dkk (2013) matriks jarak pantai <500 m memiliki kerentanan yang sangat tinggi. Sedangkan untuk desa yang tidak terancam tsunami adalah Desa Purbahayu, Desa Sidomulyo, Desa Pagergunung, dan Desa Sukahurip. Luasan daerah bahaya tsunami sesuai parameter jarak dari pantai dengan kelas sangat tinggi 1080,8 Ha, kelas tinggi 390,1 Ha, kelas sedang 570,3 Ha, kelas rendah 894,3 Ha, kelas sangat rendah 4587,6 Ha.

c. Kemiringan Lereng

Beberapa desa yang memiliki potensi terancam tsunami sesuai dengan parameter kemiringan lereng adalah Desa Pananjung, Desa Babakan, Desa Wonoharjo, sebagian dari Desa Pangandaran, Desa Sidomulyo, dan Desa Purbahayu. Hal ini dikarenakan desa tersebut memiliki kemiringan dibawah 5%. Menurut Faiqoh dkk (2013) matriks kemiringan 0-5% memiliki kerentanan yang sangat tinggi. Jika kemiringan daerah semakin curam maka tinggi gelombang semakin rendah (Sengaji, 2009). Kemudian untuk desa

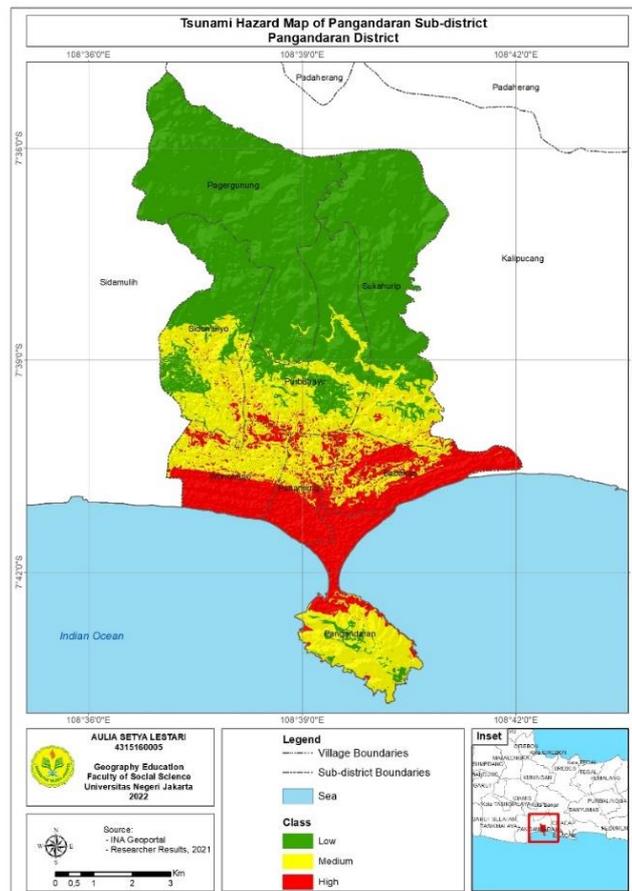
yang tidak terancam tsunami adalah, Desa Pagergunung, Desa Sukahurip, sebagian dari Desa Pangandaran, Desa Sidomulyo, dan Desa Purbahayu. Luasan daerah bahaya tsunami sesuai parameter kemiringan lereng dengan kelas sangat tinggi 252,6 Ha, kelas tinggi 881,6 Ha, kelas sedang 2958,4 Ha, kelas rendah 3169,5 Ha, kelas sangat rendah 215,9 Ha.

d. Jarak dari Sungai

Beberapa desa yang memiliki potensi terancam tsunami sesuai dengan parameter jarak dari sungai diantaranya Desa Babakan, Desa Pananjung, Desa Wonoharjo, dan Desa Pangandaran. Hal ini dikarenakan desa tersebut memiliki jarak dari sungai 0-200 m. Menurut Faiqoh dkk (2013) matriks jarak dari sungai <200 m memiliki kerentanan yang sangat tinggi. Sedangkan untuk desa yang tidak terancam tsunami meski memiliki jarak sungai yang dekat diantaranya Desa Purbahayu, Desa Sidomulyo, Desa Pagergunung, dan Desa Sukahurip. Luasan daerah bahaya tsunami sesuai parameter jarak dari sungai dengan kelas sangat tinggi 3009,1 Ha, kelas tinggi 2065,5 Ha, kelas sedang 1116,1 Ha, kelas rendah 1004 Ha, kelas sangat rendah 328,4 Ha.

e. Analisis Bahaya Tsunami

Hasil analisis bahaya tsunami di Pantai Pangandaran menunjukkan bahwa Desa Pagergunung, sebagian Desa Purbahayu, Sidomulyo, dan Sukahurip dikategorikan sebagai daerah rendah bahaya tsunami, sedangkan sebagian lagi dari Desa Purbahayu, Sidomulyo, dan Sukahurip serta Pangandaran dikategorikan daerah sedang bahaya tsunami. Kemudian untuk Desa Babakan, Desa Pananjung dan Desa Wonoharjo serta sebagian Desa Pangandaran termasuk daerah kategori tinggi bahaya tsunami.



Gambar 1. Peta Bahaya Tsunami di Pangandaran
Source: Researcher Results, 2021

Mitigasi Bencana Tsunami

a. Mitigasi Struktural

1) Alami

Upaya yang dilakukan berupa penanaman mangrove sepanjang pantai yang rawan bencana tsunami. Salah satu penanaman mangrove yang dilakukan berada di Bulaksetra, Desa Babakan Pangandaran. Kawasan mangrove di Bulaksetra juga dimanfaatkan sebagai kawasan wisata. Wisatawan yang berkunjung ke kawasan wisata hutan mangrove ini dapat sambil belajar apa saja yang berhubungan dengan ekosistem mangrove. Kemudian, wisatawan juga berkesempatan untuk belajar menanam mangrove sendiri (BPBD Kabupaten Pangandaran). Adanya pemanfaatan lahan mangrove atau hutan pantai lainnya di kawasan pesisir dapat mengurangi kecepatan gelombang tsunami (Koshimura *et al.* 2014). Menurut Alongi (2008), hal ini dikarenakan kerapatan pohon, luasan, ketebalan dan jenis pohon mampu mempengaruhi perlindungan terhadap gelombang tsunami.

2) Buatan

Jalur evakuasi merupakan salah satu langkah dalam mitigasi bencana tsunami yang digunakan sebagai petunjuk untuk menyelamatkan diri ke tempat yang lebih aman.

Menurut BPBD Kabupaten Pangandaran, membangun tempat evakuasi sementara merupakan langkah mitigasi dalam menghadapi bencana tsunami dan langkah perlindungan untuk meminimalisir korban jiwa akibat bencana tsunami. Lokasi TES ini dibangun dengan jarak kurang lebih 500 meter dari Pantai Pangandaran. Hal ini dikarenakan agar mudah dijangkau bagi masyarakat terutama penyandang disabilitas setelah beberapa menit diumumkannya peringatan akan terjadinya tsunami.

Menurut BPBD Kabupaten Pangandaran, sistem peringatan dini tsunami memiliki peranan yang penting dalam mitigasi bencana. Sistem peringatan dini berfungsi sebagai alat penerima peringatan tsunami dari pusat (BMKG). Adanya peringatan tsunami yang masuk dapat digunakan untuk pedoman dalam mengambil keputusan BPBD terkait evakuasi. Selain itu, digunakan juga untuk mempublikasikan peringatan tsunami dengan membunyikan sirine agar masyarakat segera melakukan evakuasi. Setiap tanggal 26 BPBD juga rutin mengadakan tes uji coba sirine, apakah masih berfungsi dengan baik atau tidak.

Bentuk mitigasi buatan berikutnya adalah membuat benteng sebagai pemecah ombak. Berdasarkan informasi yang peneliti peroleh dari BPBD Kabupaten Pangandaran, benteng pemecah ombak di Pantai Pangandaran sudah dibuat sejak tahun 2019 dengan panjang 120 m. Pada tahun 2021 akan ditambahkan kembali sepanjang 132 m. Sehingga total pemecah ombak yang akan dibuat di Pantai Pangandaran yaitu sepanjang 252 m dengan tinggi 3,5 m dan lebar 26 m. Benteng ini difungsikan sebagai pemecah ombak agar dapat mencegah atau meminimalisir terjadinya abrasi yang dapat merusak pantai.

b. Mitigasi non Struktural

Mitigasi nonstruktural yang dicanangkan untuk ditaati di wilayah Pantai Pangandaran yaitu sebagai berikut:

a. Adanya kebijakan terkait tata guna lahan

Berdasarkan Perda Kabupaten Pangandaran Nomor 3 Tahun 2018, kebijakan umum terkait tata guna lahan di kawasan rawan bencana tsunami sebagai berikut:

- 1) Setiap pendirian bangunan di sepanjang pesisir pantai disyaratkan memenuhi standar nasional Indonesia.
- 2) Bangunan berada di atas elevasi genangan tsunami.
- 3) Diharuskan pelatihan mitigasi bencana.
- 4) Diharuskan program penanaman mangrove, pepohonan, dan pelindung buatan lainnya.

- 5) Diizinkan membangun fasilitas pendidikan, rumah sakit, kantor pemerintahan, instalasi gas dan listrik secara terbatas.
 - 6) Diizinkan mengembangkan kawasan wisata dengan syarat menyiapkan jalur dan tempat evakuasi serta pembuatan jalur hijau seperti mangrove disekeliling kawasan wisata.
 - 7) Dilarang mendirikan bangunan yang memuat bahan beracun dan mudah terbakar.
 - 8) Dilarang melakukan pembangunan yang dapat mengakibatkan berkurangnya fungsi kawasan sempadan pantai.
- b. Adanya pengembangan sistem peringatan dini bahaya tsunami dengan dipublikasikan melalui berbagai media yang terintegrasi sedini mungkin. Berdasarkan informasi yang peneliti peroleh dari BPBD Kabupaten Pangandaran, setiap tanggal 26 rutin melakukan uji coba sirine dalam rangka meningkatkan kesiapsiagaan dan mitigasi bencana tsunami menuju pangandaran tangguh bencana.
- c. Adanya pelatihan dan simulasi mitigasi bencana yang dilakukan oleh pemerintah atau pemangku kepentingan setempat.
- Adapun program inovasi dalam pelatihan mitigasi bencana tsunami di wilayah Pantai Pangandaran sebagai berikut:
- a. Anak TK Mitigasi (ATM)
Pelatihan yang dilakukan dengan cara bernyanyi lagu tsunami yang secara tidak langsung mengenalkan apa itu tsunami. Kemudian bermain game terkait mitigasi ketika tsunami akan datang dengan cara berlari dan sebagainya.
 - b. Wisata Edukasi Bencana *Goes To School* (WEB GTS) sasaran untuk anak SD
Pelatihan yang dilakukan sama dengan anak tk mitigasi yaitu bernyanyi sebagai media pengenalan tsunami, namun untuk anak SD lebih bervariasi seperti penambahan video tentang tsunami
 - c. Silaturahmi Empati Berbagi Edukasi Bencana (Si Embeg) SMP/SMA
Pelatihan lebih kompleks dibandingkan tingkat sebelumnya dengan memberikan materi terkait kebencanaan tsunami, tata cara yang harus dilakukan baik pra, ketika, maupun pasca terjadinya bencana.
 - d. Bunda Belajar Mitigasi (BBM) sasaran ibu -ibu PKK.
Pelatihan yang dilakukan berupa sosialisasi terkait mitigasi bencana tsunami dan tata cara yang harus dilakukan pra, ketika, dan juga pasca terjadinya tsunami.
 - e. Forum Kesiapsiagaan Dini Masyarakat (FKDM) sasaran desa.
Pelatihan materi yang diberikan pada umumnya sama dengan program yang lainnya. Namun, disini para kader FKDM dituntut untuk benar-benar bisa dan tanggap dalam melakukan praktik mitigasi bencana. Sehingga apabila ada masyarakat yang kurang faham atau ketinggalan informasi dapat ditangani oleh masing-masing FKDM tanpa harus jauh-jauh ke BPBD.
 - f. Hotel dan Restoran Tangguh Bencana (HOTANA).
Pelatihan yang diberikan berupa materi terkait tsunami dan langkah mitigasi yang harus dilakukan baik sebelum, saat, dan setelah terjadinya tsunami supaya menjadi hotel dan restaurant yang siap dan tangguh dalam menghadapi bencana.

Kesimpulan

Mitigasi bencana tsunami Pantai Pangandaran dilakukan secara struktural dan non struktural. Mitigasi struktural dilakukan dengan cara alami seperti penanaman mangrove sebagai jalur hijau untuk mencegah abrasi. Adapun dengan cara buatan seperti pembuatan jalur evakuasi, tempat evakuasi sementara, benteng pemecah ombak, memasang peringatan dini tsunami dan pemasangan rambu rawan tsunami. Sedangkan mitigasi non struktural

dilakukan dengan adanya penerapan kebijakan tentang tata guna lahan, pengembangan sistem peringatan dini dan dipublikasikan melalui berbagai media, serta mengadakan latihan dan simulasi mitigasi bencana tsunami.

Program inovasi mitigasi bencana tsunami Pangandaran yaitu Anak TK Mitigasi (ATM), Wisata Edukasi Bencana *Goes To School* (WEB GTS) sasaran anak SD, Silaturahmi Empati Berbagi Edukasi Bencana (Si Embeb) sasaran anak SMP dan SMA, Bunda Belajar Mitigasi (BBM) sasaran ibu-ibu PKK, Forum Kesiapsiagaan Dini Masyarakat (FKDM) sasaran desa, dan Hotel dan Restoran Tangguh Bencana (HOTANA).

Ucapan Terimakasih

Saya ucapkan terimakasih kepada Kepala Desa Pangandaran, Desa Pananjung, Desa Babakan, Desa Wonoharjo, Desa Sidomulyo, Desa Purbahayu, Desa Sukahurip, dan Desa Pagergunung, serta BPBD Pangandaran atas arahan dan dukungannya sehingga saya dapat menyusun artikel ini.

Daftar Pustaka

- Alongi. 2008. *Mangrove Forest: Resilience, Protection from Tsunamis, and Responses to Global Climate Change*. Estuarine, Coastal and Shelf Science Journal 76 (1):1-13.
- Arikunto, Suharsimi. 2010. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Pangandaran. 2020.
- Badan Informasi Geospasial. 2018. *Modul Validasi Peta Rencana Tata Ruang*. Bogor: BIG.
- BNPB No.8. 2011. [Online] Link: <https://www.bnpb.go.id> (diakses pada tanggal 8 Maret 2020 pukul 11.59 wib).
- BNPB. No.2. 2012. *Pelatihan Dasar Penanggulangan Bencana*. Link: https://issuu.com/aifdr/docs/modul_pelatihan_penanggulangan_bencana_BNPB_2012 (diakses pada tanggal 10 Maret 2020 pukul 09.02 wib).
- Harsanugraha, W. 2008. *Analisa Permodelan Tsunami dengan Pembuatan Peta Kerawanan dan Jalur Evakuasi dari Turunan SRTM90 (Studi Kasus: Kota Padang)*. Bandung.
- Iqoh, F., Lumban G, L., & Mei Ling, M. 2013. *Vulnerability Level Map of Tsunami Disaster in Pangandaran Beach, West Java*. *International Journal of Remote Sensing and Earth Science Vol.10 NO*.
- Koshimura S, Hayashi S, Gokon H. 2014. *The Impact of the 2011 Tohoku Earthquake Tsunami Disaster and Implication to the Reconstruction*. *Soils and Foundations* 54 (4):560-572.
- Mardiyanto B, Baskoro R, Muhammad H. 2013. *Kajian Kerentanan Tsunami Menggunakan Metode SIG di Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta*. *Jurnal of Marine Research* 2 (1) : 103-106.
- Nungrat, Wiratha. 2001. *Kondisi Geologi Indonesia*. Bandung: Ganesha Press.
- Prahasta, Eddy. 2001. *Konsep-Konsep Dasar Sistem Informasi Geografi*. Informatika. Bandung.
- Prasetya, Tiar. 2006. *Gempa bumi (Ciri dan Cara menanggulangnya)*. Yogyakarta: Gita Nagari.
- Raja, Z. D. G., Hendarmawan, & Sunardi. (2017). *Upaya pengurangan risiko dan kesiapsiagaan masyarakat terhadap ancaman bencana tanah longsor (Desa Ndito, Kecamatan Detusoko, Kabupaten Ende, Provinsi Nusa Tenggara Timur)*. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*.

- Sengaji E. 2009. Pemetaan Tingkat Resiko Tsunami di Kabupaten Sikka Nusa Tenggara Timur dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis [Skripsi]. Bogor (ID) : Institut Pertanian Bogor
- Zaiyana, Dara dan Imam Buchori. 2014. *Kajian Kembali Terhadap Risiko Tsunami di Kota Banda Aceh*. Teknik PWK, Undip.