

**KAJIAN TSUNAMI MENDATANG DI PESISIR  
KABUPATEN PANGANDARAN JAWA BARAT**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**MARAYA ABISURYA PATANDIANAN  
D081 19 1028**



**DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2023**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI****KAJIAN TSUNAMI MENDATANG DI PESISIR KABUPATEN  
PANGANDARAN JAWA BARAT**

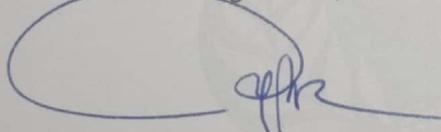
Disusun dan diajukan oleh

**Maraya Abisurya Patandianan  
D081191028**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam  
rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana pada Program Studi Teknik  
Kelautan  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal .....  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

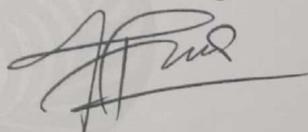
Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Eng. Achmad Yasir Baeda, S.T., M.T.,  
NIP. 197307092000031001

Pembimbing Utama,



Sabaruddin Rahman, S.T., M.T., Ph.D  
NIP. 197607192001121001

Ketua Program Studi,


Dr. Ir. Chairul Paotonan, S.T., M.T.  
NIP. 197506052002121003

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;  
Nama : Maraya Abisurya Patandianan  
NIM : D081191028  
Program Studi : Teknik Kelautan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

### (KAJIAN TSUNAMI MENDATANG DI PESISIR KABUPATEN PANGANDARAN JAWA BARAT)

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, ... November 2023

Yang Menyatakan Tanda tangan



Maraya Abisurya Patandianan

## ABSTRAK

MARAYA ABISURYA PATANDIANAN, (*Kajian Tsunami Mendatang Di Pesisir Kabupaten Pangandaran Jawa Barat*) dibimbing oleh Achmad Yasir Baeda dan Sabaruddin Rahman.

Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, dilalui garis khatulistiwa dan dilalui oleh 2 lempeng benua dan 1 lempeng samudra yaitu lempeng Indo-Australia, Eurasia dan Pasifik. Tahun 2006 di Pangandaran Gempa bumi dengan kekuatan 7.7 SR. terjadi dan gempa beberapa kali sejak pencatatan tahun 1976 – 2023. Dengan asumsi gempa bumi yang terjadi adanya mekanisme *Dip-Slip-Strike*. Kajian dilakukan, gempa tahun 2006 menyebabkan tsunami dengan ketinggian gelombang mencapai 6.84 meter dan berdasarkan analisa yang dilakukan, tsunami tersebut berdampak ke- 21 desa di kabupaten Pangandaran dan berpotensi untuk terjadi lagi untuk terjadi tsunami di wilayah terdampak

Olehnya penelitian ini disimulasikan berbasis data kekuatan gempa tahun 2006 dengan kondisi lingkungan dengan data elevasi model tahun 2019 dan data kepadatan penduduk kabupaten tahun 2020. Kajian dilakukan dengan dua tahap, pertama pengolahan data parameter gempa bumi mencakup data pembangkit gelombang, pemodelan numerik dengan perangkat lunak SiTProS, sampai mendapatkan hasil tinggi gelombang tsunami serta waktu tempuhnya untuk mencapai pesisir pantai Pangandaran. Kedua adalah melakukan kajian mengenai bentuk mitigasi yang dapat diterapkan pada Kabupaten Pangandaran, mitigasi struktural, mitigasi non struktural dan metode evakuasi vertikal di pesisir pantai terdampak.

Hasil simulasi pemodelan dan analisa terhadap parameter tersebut didapatkan bahwa ketinggian rayapan(*run-up*) gelombang dapat mencapai ketinggian 9.57 meter dengan waktu tercepat untuk mencapai pantai terdepan adalah 30 menit. Hasil dari simulasi serta pemodelan ini dijadikan acuan untuk menentukan skema mitigasi yang sesuai untuk diterapkan pada beberapa Desa terdampak.

**Kata kunci : Mitigasi, Tsunami, Skema, Pangandaran**

## ABSTRACT

MARAYA ABISURYA PATANDIANAN, (Study of the Future Tsunami on the Coast of Pangandaran Regency, West Java) supervised by Achmad Yasir Baeda and Sabaruddin Rahman.

Indonesia, as the largest archipelagic country in the world, is crossed by the equator and is traversed by 2 continental plates and 1 oceanic plate, namely the Indo-Australian, Eurasian and Pacific plates. In 2006 in Pangandaran there was an earthquake with a magnitude of 7.7 SR. Earthquakes have occurred several times since recording in 1976 - 2023. Assuming that the earthquake that occurred had a Dip-Slip-Strike mechanism. A study was carried out, the 2006 earthquake caused a tsunami, reaching a height of 6.84 meters and based on the analysis carried out, the tsunami affected 21 villages in Pangandaran district and has the potential for another tsunami to occur in the affected area.

Therefore, this research was simulated based on data on the strength of the 2006 earthquake with environmental conditions with model elevation data for 2019 and district population density data for 2020. The study was carried out in two stages, first, processing earthquake parameter data including wave generator data, numerical modelling using SiTProS software, to get the results of the tsunami wave height and the travel time to reach the coast of Pangandaran. The second is to conduct a study regarding mitigation structures that can be applied to Pangandaran Regency, structural mitigation, non-structural mitigation and vertical evacuation methods on affected coasts.

The results of modelling simulations and analysis of these parameters show that the wave run-up height can reach a height of 9.57 meters with the fastest time to reach the leading beach being 30 minutes. The results of this simulation and modelling are used as a reference for determining appropriate mitigation schemes to be implemented in several affected villages.

**Keywords: Mitigation, Tsunami, Scheme, Pangandaran**

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh, Shalom, Om Swastiastu, Namu Budaya, Salam Kebajikan dan Salam Sejahtera bagi kita semua.

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena Rahmat, berkat serta kasihnya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini dibuat oleh penulis sebagai Tugas Akhir dalam syarat menyelesaikan pendidikan sarjana di departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, dengan judul penelitian

“KAJIAN TSUNAMI MENDATANG DI PESISIR PANTAI KABUPATEN PANGANDARAN, JAWA BARAT”

Penulis dengan rendah hati dan syukur mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah diberikan Tuhan untuk mendidik, mendukung dan menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih disampaikan kepada

1. Kedua orang tua Victor Ura'padang Patandianan dan Esta Suryaningtyas Suryaputra yang selalu memberikan kasih sayang, doa dan dukungan serta nasihat yang membangun dan kakak Priska Bungaran Patandianan yang mendukung dan menyemangati adiknya dalam menyelesaikan penelitian ini.
2. Bapak Dr. Eng. Achmad Yasir Baeda, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing Pertama yang telah berkenan memberikan waktu, kesempatan dan pengetahuan bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini serta sekaligus menjadi Dosen Penasehat Akademik.
3. Bapak Sabarauddin, ST., M.T., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Kedua yang memberikan bimbingan dalam menyelesaikan skripsi serta memberikan pengarahan selama berada di kampus.
4. Seluruh Dosen Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yakni Bapak Ir. H. Juswan, ST., MT., Bapak Dr. Eng. Firman Husain, S.T., M.T., Bapak Prof. Daeng Parokah, ST., MT., Ph.D., Bapak Dr. Ir. Taufiqur Rachman, ST., MT., Ibu Dr. Hasdinar Umar, ST., MT., Bapak Prof. Muhammad Zubair Muis Alie ST., MT., Ph.D., Bapak Habibi ST., MT., dan Bapak Fuad Mahfud Assidiq, ST., MT. yang telah memberikan pengetahuan dan membagikan pengalaman yang sangat bermanfaat selama masa perkuliahan.
5. Ibu Marwah, S. Sos., dan Bapak Muammar Yus'an, S. Sos. sebagai Staff Tata Usaha Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas

Hasanuddin yang senantiasa membantu penulis dalam memenuhi kebutuhan administrasi untuk kebutuhan kuliah dan juga untuk administrasi kebutuhan skripsi.

6. Teman-teman Mahasiswa Teknik Kelautan Angkatan 2019 yang selalu memberi dukungan dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi baik dalam bentuk sharing ilmu dan pengalaman serta saling membantu dalam menyelesaikan pendidikan selama sarjana.
7. Teman-teman Labo Riset Marine Disaster and Wheater Anomalies (Besse Hasrianti S.T. dan F.A. Chaidir) yang membantu dalam menyelesaikan penelitian dan menjadikan laboratorium kondusif
8. PAZZENGER 19 yang saling memberikan pengalaman kepada penulis selama masa perkuliahan. Serta kepada orang-orang yang telah membantu dan mendukung penulis yang tidak sempat dituliskan satu per satu. Penulis dengan tulus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis menyadari masih terdapat kesalahan dan kekurangan di dalamnya. Oleh karena itu, penulis memohon maaf atas kesalahan yang mungkin ditemukan di dalamnya. Penulis juga mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun untuk membantu penulis di masa depan. Akhir kata, semoga tujuan dari penulisan skripsi ini dapat terwujud dan dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh, Shalom, Om Swastiastu, Namu Budaya, Salam Kebajikan dan Salam Sejahtera bagi kita semua.

Makassar, 6 November 2023

Maraya Abisurya Patandianan

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....</b>	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR NOTASI .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I .....</b>	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Latar Belakang .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Rumusan Masalah .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3. Tujuan penelitian .....</b>	<b>3</b>
<b>1.4. Manfaat Penelitian .....</b>	<b>3</b>
<b>BAB II .....</b>	<b>4</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1. Pengertian Tsunami .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2. Generasi Tsunami .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2.1. Tsunami yang diakibatkan oleh Pergerakan Lempeng Tektonik dan Gempa Bawah Laut .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2.2. Tsunami yang dihasilkan oleh Gunung Berapi, Tanah Longsor dan Tabrakan Kosmik .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.1. Mekanisme Terjadinya Tsunami .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2. Propagasi Tsunami .....</b>	<b>9</b>
<b>2.3. Dampak Tsunami .....</b>	<b>11</b>
<b>2.4. Inundasi Tsunami .....</b>	<b>11</b>
<b>2.5. Mitigasi Bencana .....</b>	<b>12</b>
<b>2.6. Karakteristik Wilayah Penelitian .....</b>	<b>15</b>
<b>2.7. Tinjauan Empiris .....</b>	<b>15</b>
<b>BAB III .....</b>	<b>17</b>
<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>17</b>
<b>3.1 Lokasi Penelitian .....</b>	<b>17</b>

3.2	Perolehan Data .....	18
3.3	Metode Pengambilan Data .....	19
3.4	Pemodelan Tsunami.....	19
3.5	Diagram Alur .....	23
<b>Bab IV .....</b>		<b>24</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>24</b>
4.1.	Sumber Generasi Tsunami .....	24
4.2.	Grafik Impak dan Inundasi Tsunami .....	38
4.3.	Metode Analisa Bahaya.....	44
4.4.	Mitigasi Bencana Tsunami.....	47
<b>BAB V .....</b>		<b>66</b>
<b>PENUTUP .....</b>		<b>66</b>
5.1	Kesimpulan .....	66
5.2	Saran .....	66
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>68</b>
<b>Lampiran .....</b>		<b>72</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pengaruh Antara Kedalaman dan Kecepatan .....	11
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian .....	17
Gambar 4. 1 Lokasi Titik Pengambilan Sumber Gempa.....	24
Gambar 4. 2 Data Historis Gempa .....	25
Gambar 4. 3 Lokasi Penempatan Buoy .....	26
Gambar 4. 4 Koordinat Lokasi Buoy .....	26
Gambar 4. 5 Hasil Visualisasi Pada Buoy I .....	27
Gambar 4. 6 Hasil Visualisasi Pada Buoy I .....	28
Gambar 4. 7 Hasil Visualisasi Pada Buoy 2 .....	28
Gambar 4. 8 Hasil Visualisasi Pada Buoy 2 .....	29
Gambar 4. 9 Hasil Visualisasi Pada Buoy 3 .....	29
Gambar 4. 10 Hasil Visualisasi Pada Buoy 3 .....	30
Gambar 4. 11 Hasil Visualisasi Pada Buoy 4 .....	30
Gambar 4. 12 Hasil Visualisasi Pada Buoy 4 .....	31
Gambar 4. 13 Hasil Visualisasi Pada Buoy 5 .....	31
Gambar 4. 14 Hasil Visualisasi Pada Buoy 5 .....	32
Gambar 4. 15 Peta Batas Administrasi Kabupaten Pangandaran .....	34
Gambar 4. 16 Lokasi Buoy .....	36
Gambar 4. 17 Rambatan Gelombang Pertama .....	37
Gambar 4. 18 Gelombang Tsunami di Pesisir.....	37
Gambar 4. 19 Grafik Tinggi Gelombang .....	39
Gambar 4. 20 Grafik Tinggi Gelombang .....	40
Gambar 4. 21 Grafik Tinggi Gelombang .....	41
Gambar 4. 22 Grafik Tinggi Gelombang .....	42
Gambar 4. 23 Grafik Tinggi Gelombang .....	43
Gambar 4. 24 Peta Genangan Tsunami di Lokasi Studi.....	44
Gambar 4. 25 Peta Wilayah Bahaya Tsunami .....	46
Gambar 4.26 Skema Mitigasi Sistem Peringatan Dini .....	50
Gambar 4.27 Peta Tingkat Kerawanan .....	52
Gambar 4. 28 Gambar Peta Jalur Evakuasi Zona A .....	53
Gambar 4. 29 Gambar Peta Jalur Evakuasi Zona B .....	53
Gambar 4. 30 Gambar Peta Jalur Evakuasi Zona C .....	54
Gambar 4.31 TK PGRI Bina Harapan .....	55

Gambar 4.32 SDN 2 Karang Jalidri.....	55
Gambar 4.33 Kantor Desa Ciliang .....	56
Gambar 4.34 Masjid Al Istiqomah .....	56
Gambar 4. 35 Masjid Nurul Huda Cikidang.....	57
Gambar 4.36 SMP 2 Pangandaran.....	57
Gambar 4.37 Madrasah Darufalah.....	58
Gambar 4.38 SDN 2 Cibenda .....	58
Gambar 4. 39 Koramil Cijulang .....	59
Gambar 4. 40 Shelter di Desa Pangandaran .....	64
Gambar 4. 41 Model Bangunan Shelter.....	65

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Beberapa Kejadian Gempa di Titik Batasan Ordinat .....	15
Tabel 3.1 Data Penduduk Kabupaten Pangandaran Tahun 2020 .....	18
Tabel 4.1 Koordinat Sumber Gempa Penelitian .....	25
Tabel 4.2 Tinggi, Waktu Tempuh dan Run-Up Tsunami.....	32
Tabel 4.3 Data Penduduk Pangandaran Tahun 2020 .....	35
Tabel 4.4 Luas Rendaman Pasca Tsunami .....	47
Tabel 4.5 Kecepatan Lari Penduduk Berdasarkan Tingkat Usia .....	60
Tabel 4.6 Tabel Nilai Evakuasi Bencana Tsunami .....	60
Tabel 4.7 Tabel Interval Skor Titik Eevakuasi .....	61
Tabel 4.8Kriteria Tempat Evakuasi Sementara.....	61
Tabel 4.9 Lokasi Tempat Memungkinkan .....	62

## DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
v	Cepat rambat gelombang	m/det
d	Kedalaman air	m
g	Percepatan gravitasi	m/det <sup>2</sup>
Hr	Tinggi <i>run-up</i> dihitung dari tinggi Muka air laut rerata	m
A	0,0004 (Ketentuan Aydan)	
B	2,5 (Ketentuan Aydan)	
b	0,9 (Ketentuan Aydan)	
Mw	Momen Magnitudo	SR
Hm	Tinggi gelombang maksimum di garis pantai	m
ΔHr	Tinggi <i>run-up</i> gelombang tsunami	m

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang berada di wilayah dengan zona kerawanan terhadap bencana alam cukup tinggi. Mengacu pada data *world risk report 2018*, Indonesia menduduki posisi ke 36 dengan indeks risiko 10,36 dari 172 negara paling rawan bencana alam di dunia. Indonesia berada pada wilayah ring of fire dan berada pada pertemuan wilayah 3 lempeng yakni 2 lempeng samudra dan satu lempeng benua (Hadi Agustina dan Subhani, 2019). Letak Indonesia yang berada pada pertemuan ketiga lempeng tersebut, yaitu lempeng Eurasia, lempeng Pasifik dan lempeng Indo- Australia serta satu lempeng mikro Filipina, yang membuat republik ini memiliki tingkat kerawanan tinggi terhadap gempa tektonik serta merupakan satu negara Asia Tenggara dengan aktivitas seismik tertinggi (Aydan, 2008). Menduduki peringkat 2 dunia sebagai negara dengan intensitas dilanda tsunami mencapai 71 kejadian atau 9% dari seluruh kejadian tsunami di muka bumi. Penyebab utama dari hal tersebut adalah karena Indonesia adalah negara yang dilalui oleh 3 lempeng utama pembentuk muka bumi. Yang dimulai dari Aceh sampai dengan utara Papua (Pratomo dan Rudiarto, 2013). Lempeng Eurasia adalah lempeng tektonik yang menempati posisi 3 terbesar di daerah Eurasia, yaitu mencakup Eropa dan Asia.

Bencana dapat terjadi seketika tanpa diduga-duga, seperti bencana gempa bumi. Berbeda dengan bencana banjir, longsor, kekeringan, letusan gunung api, tsunami dan anomali cuaca masih bisa diprediksi sebelumnya. Belum ada ilmu pengetahuan dan metode yang cukup untuk memperkirakan tsunami, karenanya diperlukan kajian untuk mempelajari, menyelidiki, mempertimbangkan, menguji dan menilai baik buruknya suatu kasus. Upaya pencegahan, antisipasi dan meminimalkan dampak yang dapat ditimbulkan oleh gempa dan tsunami selama 3 dekade sudah mengalami peningkatan dengan perkembangan iptek untuk memperkirakan potensi bencana (Direktorat mitigasi dan buku tsunami, 2007).

Pulau Jawa sebagai wilayah dengan intensitas dilanda gempa nomor 4 berada pada lintang pulau Jawa terletak di antara  $113^{\circ}48'10''$  -  $113^{\circ}48'26''$  BT dan  $7^{\circ}50'10''$  -  $7^{\circ}56'41''$  LS. Secara khusus berlokasi pada daerah pesisir pantai kabupaten Pangandaran. Memiliki sejarah pernah diterpa Tsunami dengan

ketinggian berkisar antara 3-8 meter yang menelan korban jiwa 66 jiwa (BMKG, 2019).

Pulau Jawa berbatasan langsung dengan samudra Hindia. Dimana terletak zona subduksi pertemuan 2 lempeng yang sangat aktif yakni lempeng Indo Australia dan Eurasia sehingga sering diterpa gempa bumi yang dapat memicu tsunami [8]. Selain itu pulau Jawa mempunyai jumlah kepadatan penduduk yang sangat tinggi sehingga sangat beresiko apabila terjadi bencana. Arah gerakan dan kecepatan lempeng mempunyai karakteristik yang berbeda. Lempeng Indo Australia bergerak ke arah timur laut dengan kecepatan 7cm/ tahun dan lempeng Eurasia yang gerakan resultan sistem kinematika menuju arah barat dengan kecepatan 13 cm/tahun.

Pantai Pangandaran adalah salah satu pantai yang terletak di pulau Jawa dan sangat rawan akan terjadinya gempa bumi dan tsunami. Hal ini dikarenakan letaknya yang berada di tumbukan (*subduction zone*) di antara lempeng Indo-Australia dan Eurasia. Tsunami yang terjadi di selatan pantai Jawa 2006 melanda pantai Pangandaran dengan kekuatan 6SR (Mardiyanto dkk, 2013). Bencana tersebut menyebabkan *run up* tsunami mencapai 8 hingga 15,7 meter - berdasarkan data dari BPBD Kabupaten Pangandaran. Dampak yang diakibatkan oleh bencana tersebut mengakibatkan kerugian baik korban jiwa maupun harta benda. Dampak yang diberikan berkaitan dengan bagaimana energi dan tinggi gelombang yang menerjang serta bagaimana persiapan yang dilakukan warga maupun konstruksi bangunannya. Tingkat kerusakan pada bangunan 50% terjadi pada bangunan dengan pondasi bata tua sedangkan pada bangunan yang diperkuat dengan beton berkisar antara 5%-20% (Tejakusuma, 2008).

Wilayah pesisir Pangandaran telah mengalami gempa bumi disertai tsunami pada tanggal 17 Juli 2006 yang berlokasi pada koordinat 9,33°LS dan 107,26°BT pada kedalaman 10 km berkekuatan 7,7 SR dengan titik pusat gempa terjadi di Samudera Hindia sebelah selatan Kabupaten Ciamis, 245 km di sebelah selatan Tasikmalaya (Kongko. 2011). Pantai Pangandaran memiliki potensi terjadinya tsunami yang disebabkan adanya aktivitas tektonik di selatan Jawa yaitu adanya aktivitas ke utara Lempeng Indo-Australia di bawah lempeng Eurasia dengan arah mendekati normal terhadap palung (Rohadi, 2019). Berhubungan dengan mitigasi bencana tsunami, sampai saat ini belum ada yang melakukan pemodelan khusus tentang potensial tsunami yang dilakukan berupa analisa kemungkinan terjadi

gempa bawah laut yang berpotensi untuk membangkitkan tsunami disertai dengan analisa terhadap variabel-variabel pendukung.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Dari latar belakang di atas, diketahui bahwa wilayah pantai Pangandaran berada pada wilayah rawan dan tinggi ancaman dari gempa bumi dan tsunami, olehnya masalah yang dihadapi adalah bagaimana karakteristik tsunami mdatang di pesisir pantai Pangandaran?

## **1.3. Tujuan penelitian**

Tujuan penelitian untuk mendapatkan kajian pemodelan bencana tsunami mdatang di pesisir Selatan Jawa

## **1.4. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan bisa diperoleh dari hasil penelitian ini sebagai berikut:

1. Sebagai tambahan pengetahuan dan wawasan penulis mengenai kajian pemodelan tsunami.
2. Sebagai referensi untuk penelitian lebih lanjut terkait masalah atau topik mengenai kajian tsunami di pesisir laut Jawa
3. Dapat dijadikan sebagai landasan berpikir untuk penelitian lanjutan yang relevan.

## **1.5. Ruang Lingkup**

Agar penelitian lebih fokus maka penelitian ini berfokus kepada

1. Lokasi di pesisir pantai Kabupaten Pangandaran, Jawa Barat
2. Permasalahan yang akan dibahas adalah pemodelan tsunami berdasarkan pada generasi, propagasi, impak, inundasi dan mitigasi bencana.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Pengertian Tsunami**

Tsunami berasal dari bahasa Jepang, Tsu artinya pelabuhan dan nami artinya gelombang laut. Jadi Tsunami bermakna gelombang laut yang menghantam pelabuhan. Tsunami adalah rangkaian gelombang laut yang mampu menjalar dengan kecepatan hingga lebih dari 900 km/jam, terutama diakibatkan oleh gempa bumi yang terjadi di dasar laut.

Tsunami dapat diartikan sebagai serangkaian gelombang yang berada pada kolom air yang oleh perpindahan air secara vertikal. Perubahan air ini mendorong air ke atas, samping maupun ke bawah dan menghasilkan gelombang besar di laut (Abu Bakar dkk. 2019).

Tsunami adalah gelombang yang disebabkan oleh gempa bumi atau letusan gunung api di laut. Cepat rambat gelombang bergantung pada kedalaman perairan dan memiliki periode gelombang dari beberapa menit sampai sekitar satu jam. Berbeda dengan gelombang angin, gelombang tsunami menggerakkan kolom air dari permukaan sampai dasar dan bergerak dengan segala arah (Bambang, 2016).

Tsunami disebabkan oleh tenaga yang dilepaskan oleh gempa bumi yang terjadi di dasar laut atau aktivitas vulkanik gunung berapi di dasar laut. Tsunami dapat menyebabkan korban jiwa serta kerugian harta benda yang dapat mempengaruhi perekonomian penduduk, maka dari itu diperlukan arahan evakuasi sebagai upaya penyelamatan penduduk dari bencana tsunami (Usman dkk, 2021). Tsunami dipergunakan untuk gelombang pasang yang memasuki pelabuhan. Pada laut lepas misal terjadi gelombang pasang sebesar 8 m tetapi begitu memasuki daerah pelabuhan, menyempit dan tinggi gelombang pasang menjadi 30 m. Tsunami bukan hanya terjadi jika gempa bumi di dasar laut dengan pergerakan vertikal yang cukup besar tetapi juga terjadi jika terjadi letusan gunung api di laut atau terjadi longsor di laut (Nur, 2010).

Tsunami ini merupakan kejadian alam yang dipengaruhi adanya aktivitas di dasar laut, aktivitas ini dapat berupa gempa laut, gunung berapi meletus, atau hantaman meteor di laut, tanah longsor di dasar laut, patahan. Tsunami merupakan kejadian alam yang terjadi ketika adanya aktivitas di dasar laut dan

sangat berbahaya, karena dapat mengakibatkan kerusakan yang besar (Monigkey dkk, 2018).

Kata tsunami berasal dari bahasa Jepang. *Tsu* berarti pelabuhan dan *nami* berarti gelombang. Kata ini secara mendunia sudah diterima dan secara harfiah berarti gelombang tinggi/besar yang menghantam pantai/pesisir. Tsunami kerap terjadi akibat gempa tektonik yang besar di laut, walaupun pada dasarnya tsunami juga dapat dipicu oleh tanah longsor di dasar laut, letusan gunung api dasar laut, atau akibat jatuhnya meteor. Tsunami juga dapat terjadi sebagai akibat Bergeraknya patahan/rekahan vertikal memanjang sehingga air laut terhisap masuk dalam patahan dan kemudian terlempar kembali setelah patahan mencapai keseimbangan. Pada kasus tsunami kecepatan rambat air dapat mencapai ratusan kilometer per jamnya. Ada jeda waktu antara terjadinya gempa dan tsunami yang dapat digunakan untuk memberikan peringatan dini pada masyarakat. Untuk itu perlu dilakukan Mitigasi Tsunami untuk memberi peringatan dini. (Baeda, 2016).

Bencana dapat terjadi karena ada dua kondisi yaitu adanya peristiwa atau gangguan yang mengancam dan merusak (hazard) dan kerentanan (vulnerability) masyarakat. Hubungan keduanya dapat digambarkan bila gangguan atau ancaman tersebut muncul ke permukaan tetapi masyarakat tidak rentan, maka berarti masyarakat dapat mengatasi sendiri peristiwa yang mengganggu tersebut, sementara bila kondisi masyarakat rentan tetapi tidak terjadi peristiwa yang mengancam maka tidak akan terjadi bencana. Adapun Bencana dibagi ke dalam tiga kategori yaitu:

- a. Bencana alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam, antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor.
- b. Bencana non alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau rangkaian peristiwa non alam yang antara lain berupa gagal teknologi, gagal modernisasi, epidemi, dan wabah penyakit.
- c. Bencana sosial adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang diakibatkan oleh manusia yang meliputi konflik sosial antar kelompok atau antar komunitas masyarakat, dan teror.

Kecepatan gelombang tsunami tergantung pada kedalaman perairan, akibatnya gelombang tersebut mengalami percepatan atau perlambatan sesuai dengan perubahan kedalaman perairan, dengan proses ini fokus arah dari gelombang juga dapat terpengaruh. Di perairan dalam tsunami dapat mencapai kecepatan 500 sampai 1000 km/jam, sedangkan di perairan dangkal kecepatan gelombang tsunami melambat hingga beberapa puluh kilometer per jam, demikian juga ketinggian tsunami bergantung pada kedalaman perairan. Amplitudo tsunami hanya memiliki ketinggian 1 meter di perairan dalam bisa meninggi hingga puluhan meter di garis pantai (Puspito, 2010).

## **2.2. Generasi Tsunami**

Sejarawan Yunani Thucydides (460-395 SM) adalah yang pertama kali melakukan penyelidikan terhadap tsunami di sekitar tahun 426 Sebelum Masehi. Ia merasakan bahwa penyebab dari timbulnya tsunami adalah gempa bumi dibawah laut dan diikuti oleh serangkaian kejadian seperti gempa bumi, surutnya muka air laut secara tiba-tiba dan gelombang besar bergegas menerjang menuju pantai.(Barman. 2020)

### **2.2.1. Tsunami yang diakibatkan oleh Pergerakan Lempeng Tektonik dan Gempa Bawah Laut**

Gempa Bumi Bawah Laut Penyebab tsunami yang paling umum adalah gempa bumi bawah laut. Gempa bumi bawah laut merupakan penyebab yang paling sering menimbulkan tsunami dengan persentase 90 persen kejadian tsunami. Sebagai zona pertemuan lempeng dunia, menjadikan Indonesia sangat berpotensi mengalami gempa yang berpusat di bawah laut.

Lempeng bumi terdapat beberapa lapisan, di antaranya adalah Litosfer dan Astenosfer. Litosfer bumi memiliki jangkauan dari permukaan bumi hingga kedalaman sekitar 100 km dimana pada kedalaman 35 km terdapat lapisan mantel bumi.

Astenosfer adalah lapisan bumi yang terletak di bawah litosfer, dengan suhu yang lebih panas dan lebih lunak dibandingkan litosfer. Lapisan ini memiliki kedalaman 100-700 km di bawah permukaan bumi.

Lempeng-lempeng tersebut mengapung dan saling bergerak satu sama lain dengan kecepatan lempeng mencapai 10 cm per tahun. Lempeng yang saling berinteraksi di sepanjang batas atau tepi dikenal dengan patahan (Barman. 2020)

Semakin dangkal kedalaman pusat gempa maka akan semakin efektif tsunami yang akan ditimbulkan. Kekuatan gempa yang cukup besar namun dengan tipe sesar adalah normal (normal Fault) atau sejajar (*Strike Slip fault*), bisa dipastikan tsunami akan sulit untuk terbentuk walaupun dengan kekuatan 7,0 R, berbeda halnya ketika jenis sesar yang terjadi adalah sesar naik dan di lokasi yang dangkal, kekuatan tersebut dapat membangkitkan tsunami dengan ketinggian mencapai 3-5 meter.

### **2.2.2. Tsunami yang dihasilkan oleh Gunung Berapi, Tanah Longsor dan Tabrakan Kosmik**

Letusan gunung berapi bawah laut atau atas laut dapat memberikan dampak besar pada kolom air di atasnya. Gangguan kemudian bergerak vertikal ke atas sebagai gelombang elastis longitudinal yang mengangkat air, sehingga gerakan cepat ke atas dan ke bawah yang dapat menghasilkan gelombang transversal dengan panjang gelombang panjang yaitu tsunami (Barman, 2020).

Lanjutnya dalam (Barman, 2020) Tanah longsor bawah laut sering disebabkan oleh gempa bumi dahsyat dan juga oleh runtuhnya bangunan vulkanik bawah laut. Ketika jumlah besar sedimen dan batuan merosot dan bergerak melintasi dasar laut, memberikan dampak kepada permukaan laut sehingga gelombang tsunami dapat terjadi.

Longsor Bawah Laut Penyebab tsunami yang juga termasuk sering adalah karena longsor. Kejadian longsor tidak hanya terjadi di daratan yang sering diberitakan selama ini. Di dasar laut sebenarnya juga memiliki struktur yang mirip dengan daratan yakni terdapat bukit atau punggung laut dan lembah atau palung laut, serta cekungan yang dapat saja longsor dimana semakin besar volume longSORan maka akan semakin tinggi potensi terjadi tsunami. Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan munculnya longsor laut, seperti gempa bumi tektonik dan letusan gunung bawah laut atau di daratan yang dekat dengan laut.

Tanah longsor dapat terjadi ketika lereng atau gundukan sedimen menjadi terlalu curam dan membuat material jatuh akibat gaya tarik gravitasi. Faktor alam seperti angin topan, gempa bumi, hujan dan diposisi material berkelanjutan. Gunung berapi apabila meletus akan menimbulkan getaran yang efeknya sama dengan gempa tektonik bawah laut tadi. Meskipun jarang terjadi namun jika sekali terjadi dapat menimbulkan tsunami. Semakin besar skala letusan maka akan semakin besar tsunami yang dihasilkan. Contoh kasus dalam hal ini tsunami yang disebabkan oleh tanah longsor terjadi French Riviera, pada 26 Oktober 1979, dua

gelombang yang keduanya memiliki ketinggian 3,3 meter menggenangi sebuah daerah sejauh 32 km dan pantai Mediterranean, Perancis. Tsunami tersebut menyebar mulai dari perbatasan Italia sampai kota tua Antibes (Subandono, 2008).

Tsunami yang disebabkan oleh benda kosmik jarang terjadi dan tumbukan dari benda luar angkasa merupakan gangguan terhadap air laut yang datang dari arah permukaan. Tsunami yang timbul karena ini umumnya terjadi sangat cepat dan jarang mempengaruhi wilayah pesisir yang jauh dari sumber gelombang. Sekalipun begitu, apabila pergerakan lempeng dan tabrakan benda kosmik cukup dahsyat dapat menyebabkan mega tsunami (Sugito, 2008).

Jatuhnya meteor berukuran besar di laut merupakan penyebab terjadi tsunami. Hal ini sangat jarang terjadi dan apabila memang terjadi, efek kerusakan yang ditimbulkan dapat sangat besar, tergantung dari besar batu meteor yang jatuh tersebut.

### **2.2.1. Mekanisme Terjadinya Tsunami**

Mekanisme Tsunami akibat gempa bumi dapat bermula dari beberapa sebab dan terjadi dalam beberapa tahap yaitu kondisi awal, pemisahan gelombang amplifikasi dan rayapan

#### **1. Kondisi Awal**

Gempa bumi biasanya berhubungan dengan guncangan permukaan yang terjadi sebagai akibat perambatan gelombang elastik (elastic waves) melewati batuan dasar ke permukaan tanah. Pada daerah yang berdekatan dengan sumber-sumber gempa laut (patahan), dasar lautan sebagian akan terangkat (uplifted) secara permanen dan sebagian lagi turun ke bawah (down-dropped), sehingga mendorong kolom air naik dan turun. Energi potensial yang diakibatkan dorongan air ini, kemudian berubah menjadi gelombang tsunami atau energi kinetik di atas elevasi muka air laut rata-rata (mean sea level) yang merambat secara horizontal. Kasus yang diperlihatkan adalah keruntuhan dasar lereng kontinental dengan lautan yang relatif dalam akibat gempa. Kasus ini dapat juga terjadi pada keruntuhan lempeng kontinental dengan kedalaman air dangkal akibat gempa.

#### **2. Pemisahan Gelombang**

Setelah beberapa menit kejadian gempa bumi, gelombang awal tsunami akan terpisah menjadi tsunami yang merambat ke Samudera yang disebut sebagai

tsunami berjarak (*distant tsunami*), dan sebagian lagi merambat ke pantai-pantai berdekatan yang disebut sebagai tsunami lokal (*local tsunami*). Tinggi gelombang di atas muka air laut rata-rata dari kedua gelombang tsunami, yang merambat dengan arah berlawanan ini, besarnya kira-kira setengah tinggi gelombang tsunami awal. Kecepatan rambat kedua gelombang tsunami ini dapat diperkirakan sebesar akar dari kedalaman, oleh karena itu, kecepatan rambat tsunami di samudera dalam akan lebih cepat dari pada tsunami lokal.

### 3. Amplifikasi

Pada waktu tsunami lokal merambat melewati lereng kontinental, sering terjadi hal-hal seperti peningkatan amplitudo gelombang dan penurunan panjang gelombang setelah mendekati daratan dengan lereng yang lebih tegak, akan terjadi rayapan gelombang.

### 4. Rayapan

Pada saat gelombang tsunami merambat dari perairan dalam, akan melewati bagian lereng kontinental sampai mendekati bagian pantai dan terjadi rayapan tsunami. Rayapan tsunami adalah ukuran tinggi air di pantai terhadap muka air laut rata-rata yang digunakan sebagai acuan, dari pengamatan berbagai kejadian tsunami, pada umumnya tsunami tidak menyebabkan gelombang tinggi yang berputar setempat (gelombang akibat angin yang dimanfaatkan oleh peselancar air untuk meluncur di pantai). Namun, tsunami datang berupa gelombang kuat dengan kecepatan tinggi di daratan yang berlainan seperti diuraikan pada amplifikasi, sehingga rayapan gelombang pertama bukanlah rayapan tertinggi (Anonim.usgs.gov, 2018).

## 2.2. Propagasi Tsunami

Tinggi tsunami pada saat mendekati pantai akan mengalami pembesaran karena adanya penumpukan massa air akibat adanya penurunan kesempatan penjalaran. Tinggi tsunami yang ada di laut dalam hanya sekitar 1-2 meter, saat mendekati pantai dapat mencapai tinggi puluhan meter. Gelombang tsunami bisa dijelaskan dari fenomena penjalaran gelombang secara transversal; energinya adalah fungsi dari ketinggian (amplitude) dan kecepatannya. Ketinggiannya sangat dipengaruhi oleh panjang gelombang. Tsunami memiliki panjang gelombang ratusan km, berperilaku seperti gelombang air dangkal. Suatu gelombang menjadi gelombang air dangkal atau shallow water ketika perbandingan kedalaman air dengan panjang gelombangnya kecil dari 0.05.

Pemodelan penjalaran tsunami digunakan persamaan shallow-water, persamaannya dapat dituliskan seperti persamaan dibawah ini ; dimana dalam persamaan itu dimasukkan faktor pergeseran lantai samudera dan gaya coriolis. Dan persamaan kontinuitasnya adalah sebagai berikut ;

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} = -fV - g \frac{\partial U}{\partial t} - Cf \frac{U\sqrt{U^2+V^2}}{d+h} \quad (1)$$

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} = fV - g \frac{\partial h}{\partial y} - Cf \frac{U\sqrt{U^2+V^2}}{d+h} \quad (2)$$

Dimana sistem koordinat  $x$  = timur dan  $y$  = selatan,  $f$  adalah parameter coriolis,  $Cf$  adalah koefisien fraksi tidak berdimensi,  $U$  dan  $V$  adalah kecepatan rata-rata dalam arah  $x$  dan  $y$ . Kecepatan rata-rata dari bawah ke permukaan dituliskan pada persamaan dibawah ini, dimana  $Q_x$  dan  $Q_y$  adalah laju alir dalam arah  $x$  dan  $y$ .

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} + [V(h+d)] = 0 \quad (3)$$

$$U = \frac{1}{(h+d)} \int_{-d}^h u dz = \frac{Q_x}{(h+d)} \quad (4)$$

$$V = \frac{1}{(h+d)} \int_{-d}^h v dz = \frac{Q_y}{(h+d)} \quad (5)$$

Gelombang tsunami termasuk gelombang perairan dangkal (shallow water wave) berdasarkan kedalaman relatifnya ( $d/L < 0.05$ ), dimana  $d$  adalah kedalaman dan  $L$  adalah panjang gelombang. Panjang gelombangnya mencapai beberapa ratus kilometer dengan amplitudo gelombang yang kecil  $\pm 1$  meter di perairan dalam. Gelombang perairan dangkal memiliki kecepatan rambat yang berbanding lurus dengan akar kedalaman perairan dan dipengaruhi oleh gaya gravitasi bumi. Hubungan antara kecepatan rambat gelombang dan kedalaman ditunjukkan sebagai berikut :

$$C = \sqrt{dg} \quad (6)$$

Dimana:

$C$  = Kecepatan rambat gelombang

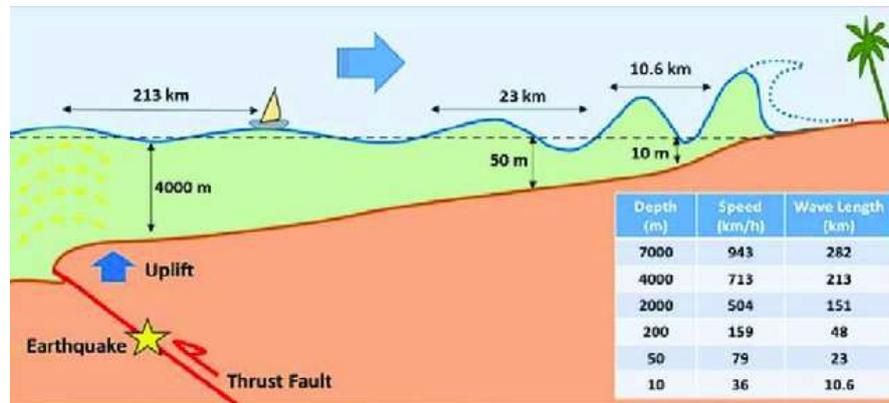
$G$  = gaya gravitasi bumi

$D$  = kedalaman perairan

Perumusan di atas juga menunjukkan bahwa kecepatan gelombang tsunami di perairan dalam besar. Semakin besar kedalaman suatu perairan semakin besar kecepatannya. Kecepatan tsunami bergantung dari kedalaman air. Kecepatan

rambat gelombang tsunami adalah 800 km/jam untuk perairan dalam, 200 km/jam untuk perairan menengah dan 25 km/jam saat di darat. (Latief, 2000)

Ketika memasuki perairan pantai, maka gelombang tsunami mengalami gesekan sehingga mengalami perlambatan dikarenakan adanya pantai yang mendangkal, terdapat ekosistem biota laut, pemukiman dan sebagainya.



Gambar 2.1 Pengaruh Antara Kedalaman dan Kecepatan  
Sumber : Tognkul (2018)

Karena terhambatnya gelombang maka akan terjadi penumpukan dari gelombang yang akan datang selanjutnya, sehingga yang awalnya gelombang hanya ketinggian  $\pm 1$  meter, akan bertambah tinggi hingga dapat mencapai  $\pm 30$  meter di perairan dangkal dan pesisir pantai. Gelombang terbesar tidak selamanya terjadi pada gelombang pertama tetapi pada umumnya terjadi pada 10 gelombang pertama.

### 2.3. Dampak Tsunami

Energi tsunami dapat mencapai 10% dari energi gempa pemicunya. Karena beberapa alasan, sebagian pantai akan dilanda tsunami dengan tingkat kerusakan dan ketinggian arus yang berbeda beda dengan pantai lokasi lain, meski lokasi berdekatan. Lokasi teluk akan menderita tsunami lebih parah akibat konsentrasi energi tsunami (Sugito, 2008). Tambahnya menurut (Sugito, 2008) menyatakan bahwa Korban meninggal tsunami terjadi karena tenggelam, terbawa arus, terkubur, terhantam puing, dan lain-lain. Tambahnya kerusakan lain akan meliputi kerusakan fasilitas umum dan pribadi.

### 2.4. Inundasi Tsunami

Inundasi adalah jarak horizontal antara ujung tsunami terjauh yang sampai di pantai (*run up*) dengan garis pantai. Jarak genangan bergantung pada tinggi

tsunami dan morfologi daratan pantai. Pada pantai yang landai, genangan dapat mencapai ratusan meter, sedangkan pada pantai yang curam hanya puluhan meter saja.

Kekasaran permukaan yang mempunyai nilai koefisien tinggi mampu menghadang genangan tsunami seperti permukiman dan gedung bertingkat. Sebaliknya nilai koefisien kekasaran permukaan kecil maka seperti tsunami yang masuk ke lahan kosong. Pada daerah dengan tutupan lahan yang didominasi oleh permukiman padat dengan nilai koefisien kekasaran yang tinggi menyebabkan genangan tsunami teredam dengan baik. Faktor kelerengan lahan juga sangat mempengaruhi hambatan genangan tsunami yang masuk daratan (Pertiwi dkk, 2017)

Sebaran luasan wilayah terdampak (bahaya) tsunami diperoleh dari hasil perhitungan matematis yang dikembangkan oleh Berryman (2006) berdasarkan perhitungan kehilangan ketinggian tsunami per 1 m jarak inundasi (ketinggian genangan) berdasarkan harga jarak terhadap lereng dan kekasaran permukaan.

$$H_{loss} = \left( \frac{167 n^2}{H_0^{1/3}} \right) + 5 \sin S \quad (7)$$

Dimana :

- H<sub>loss</sub> : kehilangan ketinggian tsunami per 1 m jarak inundasi  
 N : koefisien kekasaran permukaan  
 H<sub>s</sub> : ketinggian gelombang tsunami di garis pantai (m)  
 S : besarnya lereng permukaan (derajat)

Skenario pemodelan tsunami Pacitan ini dibuat 6 skenario pemodelan yaitu diasumsikan bahwa pusat gempa terjadi di 2 lokasi yaitu pada 9.82 LS, 108.42 BT dan posisi 9.42LS, 110.97 BT dengan variasi kedalaman gempa, sudut strike, dip, slip dislokasi dan variasi magnitude gempa Mw = 7.7, Mw=8.0 dan Mw+8.3

## 2.5. Mitigasi Bencana

Mitigasi meliputi segala tindakan untuk mencegah dan mengurangi dampak dari suatu bahaya, serta meminimalisir dan mencegah risiko baik dari material maupun kehilangan nyawa (Nursa'ban dkk., 2010). Mitigasi struktural merupakan pengurangan risiko melalui pembuatan bangunan tahan bencana, sedangkan mitigasi non struktural seperti pembuatan kebijakan, pemberdayaan masyarakat, penguatan institusi dan kepedulian (Sugiharyanto dkk., 2014)

Untuk mitigasi bahaya tsunami sangat diperlukan ketepatan dalam menilai kondisi alam yang terancam, perencanaan dan penerapan teknik peringatan

bahaya serta mempersiapkan daerah yang terancam untuk mengurangi dampak dari bahaya tersebut. Perencanaan mitigasi berurusan dengan rentang waktu sebelum dan selama peristiwa itu terjadi. Prosedur mitigasi sangat perlu untuk diketahui masyarakat umum, karena itu semua langkah yang diperlukan harus diambil, dan langkah tersebut meliputi penilaian bahaya (*Hazard assessment*), peringatan (*warning*) dan persiapan (*preparedness*) (Fauzi. 2012).

a. Penilaian bahaya(*hazard assessment*);

Diperlukan untuk mengidentifikasi populasi dan aset yang terancam, serta tingkat ancaman. Penilaian ini memerlukan pengetahuan tentang karakteristik sumber bencana, probabilitas kejadian bencana, serta data kejadian bencana di masa lalu. Tahapan ini memiliki hasil berupa pembuatan peta potensi bencana yang sangat penting untuk merancang unsur mitigasi lainnya.

b. Peringatan (*warning*);

Diperlukan untuk memberi peringatan kepada masyarakat tentang bencana yang akan mengancam (seperti bahaya tsunami yang diakibatkan oleh gempa bumi, aliran lahar akibat letusan gunung berapi, dan sebagainya). Sistem peringatan didasarkan pada data bencana yang terjadi sebagai peringatan dini serta menggunakan berbagai saluran komunikasi untuk memberikan pesan kepada pihak yang berwenang maupun masyarakat. Peringatan terhadap bencana yang akan mengancam harus dapat dilakukan secara cepat, tepat dan dipercaya.

c. Persiapan (*preparedness*).

Kegiatan kategori ini tergantung kepada unsur mitigasi sebelumnya (penilaian bahaya dan peringatan), yang membutuhkan pengetahuan tentang daerah yang kemungkinan terkena bencana dan pengetahuan tentang sistem peringatan untuk mengetahui kapan harus melakukan evakuasi dan kapan saatnya kembali ketika situasi telah aman. Tingkat kepedulian masyarakat dan pemerintah daerah dan pemahamannya sangat penting pada tahapan ini untuk dapat menentukan langkah-langkah yang diperlukan untuk mengurangi dampak akibat bencana. Selain itu jenis persiapan lainnya adalah perencanaan tata ruang yang menempatkan lokasi fasilitas umum dan fasilitas sosial di luar zona bahaya bencana (mitigasi non struktur), serta usaha-usaha keteknikan

untuk membangun struktur yang aman terhadap bencana dan melindungi struktur akan bencana (mitigasi struktur).

Mitigasi sendiri mempunyai definisi sebagai serangkaian usaha untuk meminimalisir dampak buruk dari bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana. Saat ini terjadi pergeseran pandangan tentang penanggulangan terhadap bencana, dari yang semula paradigma konvensional (memandang penanggulangan bencana bersifat bantuan dan kedaruratan) menjadi paradigma mitigasi yang memandang pada identifikasi daerah-daerah rawan bencana (Frasetya et al., 2021). Bencana adalah suatu kecelakaan sebagai hasil dari faktor buatan manusia atau alami yang mempunyai dampak negatif pada kondisi kehidupan manusia dan flora/fauna. Bencana alam meliputi banjir, gempa bumi, gelombang tsunami, tanah longsor, letusan gunung berapi dan lain-lain. Untuk menangani masalah bencana maka dikenal dengan penanggulangan bencana, yaitu suatu siklus kegiatan yang saling berkaitan, mulai dari kegiatan pencegahan, kegiatan mitigasi, kegiatan kesiapsiagaan, kegiatan tanggap darurat, kegiatan pemulihan yang meliputi restorasi, rehabilitasi dan rekonstruksi serta kegiatan pembangunan. Semua kegiatan mulai dari tanggap darurat sampai pengumpulan data dan informasi serta pembangunan, merupakan rangkaian dalam menghadapi kemungkinan bencana. Tahap-tahap ini dapat saling berkaitan dan merupakan lingkaran atau siklus manajemen bencana (Malik, 2013). Tsunami adalah ancaman alam yang representatif dan sering menyebabkan korban jiwa yang signifikan, selain menyebabkan kerusakan yang luas, kemiskinan, dan kehilangan tempat tinggal. Secara khusus, di negara-negara berkembang, bahaya alam yang menghancurkan seperti tsunami, dapat menyebabkan guncangan tiba-tiba dalam proses pembangunan mereka, dan pemulihan biasanya sangat mahal dan sulit. Oleh karena itu, perencanaan yang tepat untuk dan manajemen bahaya alam sangat penting. Secara umum, kesadaran dan pengetahuan mempengaruhi kesiapsiagaan bencana. Kesadaran telah didefinisikan sebagai sejauh mana orang berpikir dan berbicara tentang bahaya tertentu. Kesadaran bergantung pada pengetahuan umum penduduk setempat dan akses mereka terhadap sumber-sumber informasi. Kesadaran penduduk lokal tentang bahaya alam jelas bersifat spesifik untuk setiap lokasi dan bergantung pada berbagai faktor, termasuk budaya, pendidikan, dan kebijakan.

## 2.6. Karakteristik Wilayah Penelitian

### 2.7. Tinjauan Empiris

Pangandaran memiliki beberapa kali riwayat terjadinya gempa bumi dan diantaranya menyebabkan tsunami dalam kurun waktu tahun 1976 -2010 dengan kekuatan gempa rendah sampai tinggi.

Tabel 2. 1 Beberapa Kejadian Gempa di Titik Batasan Ordinat

Tahun Kejadian	MW	Epicenter		Depth (deg)	Stk (deg)	Dip (deg)	Slip (km)
		Lat	Lon				
1984/12/12	5.5	-8.54	107.79	62.4	276	29	90
					96	61	90
1996/9/25	5.6	-9.74	108.32	38.8	141	58	155
					245	69	34
2005/01/05	5.8	-9.39	109.59	22	294	20	104
					99	70	85
2006/7/17	7.7	-10.28	107.78	20	290	10	102
					98	80	88

Sumber : Global CMT.com (2023)

Penelitian empiris mengenai kajian pemodelan tsunami mendatang di kabupaten pangandaran menggunakan metode analisis yang berbeda dengan penelitian terdahulu baik dari lokasi tinjauan maupun hal yang dikaji. Berikut adalah beberapa tinjauan empiris dari penelitian ini.

Menurut (Ramdhany R. et all, 2016) dengan judul Perencanaan Lanskap Pantai Pangandaran Berbasis Mitigasi Bencana Tsunami. Penelitian mengenai tsunami yang terjadi pada tanggal 17 Juli 2006 berkekuatan 7,7 SR serta di tambahkan dari kementerian Pekerjaan umum tahun 2007, pantai pangandaran memiliki tingkat kerawanan terhadap tsunami yang tinggi. Potensi besar terjadinya tsunami disebabkan oleh 2 lempeng yaitu lempeng benua Indo-Australian serta lempeng Eurasia. Penulis merasa perlu untuk menata ulang terkait pemanfaatan lahan berbasis mitigasi bencana di Pantai Pangandaran, dalam mempersiapkan masyarakat tsunami ke depan yang tidak bisa diprediksi datangnya. Proses analisa dengan memperhatikan 5 faktor yaitu kemiringan lereng, ketinggian . jarak dari sungai, penggunaan lahan, dan jarak dari pantai. Penulis melakukan penelitian dengan membagi wilayah dengan 5 kategori kerentanan yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Penulis melakukan penilaian

kesesuaian jenis ruang untuk evakuasi bencana . jalur evakuasi menjauhi garis pantai dan juga sungai. Penempatan dilakukan di tempat landai dalam hal ini merupakan evakuasi *horizontal*, yaitu evakuasi menjauhi garis pantai menuju tempat tinggi yang dianggap aman.

Penulis juga melakukan beberapa konsep

1. Konsep Ruang

Bangunan yang dapat digunakan untuk tempat berkumpul sementara, dengan bangunan mitigasi yang dianggap aman dari bencana tsunami.

2. konsep aktivitas

konsep dimana penyelamatan menggunakan ruangan yang terdapat pada kegiatan sehari-hari seperti bangunan hotel dan lokasi penangkaran yang memiliki bangunan minimal 2 lantai.

3. konsep fasilitas, sarana dan prasarana

yaitu penyediaan fasilitas keselamatan bisa berupa kantor yang berkaitan dengan penanggulangan bencana dan alat pendukung keselamatan ketika terjadi bencana.

4. konsep sirkulasi konsep

yaitu konsep penyusunan jalur untuk memudahkan dalam evakuasi .

5. Konsep Vegetasi

Yaitu konsep yang mendukung baik dalam untuk mengurangi dampak serta setelah terjadinya tsunami yaitu dengan berupa menyediakan tanaman vegetasi pelindung.

Menyimpulkan bahwa Rencana tata ulang ruang dengan konsep baru diharapkan dapat meningkatkan *survival rate* ketika bencana tsunami terjadi.