

**ANALISIS KERENTANAN FISIK DAN SOSIAL UNTUK PENENTUAN
TINGKAT KERENTANAN WILAYAH TERHADAP TSUNAMI DI PULAU
PISANG, KABUPATEN PESISIR BARAT, LAMPUNG**

Skripsi

Oleh

**RAMDANI RASYID
1814201013**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

ANALISIS KERENTANAN FISIK DAN SOSIAL UNTUK PENENTUAN TINGKAT KERENTANAN WILAYAH TERHADAP TSUNAMI DI PULAU PISANG, KABUPATEN PESISIR BARAT, LAMPUNG

Oleh

Ramdani Rasyid

Pulau Pisang adalah pulau kecil dengan luas 27,80 km², berjarak sekitar 12,2 km dari Ibu Kota Kabupaten Pesisir Barat (Krui), Provinsi Lampung. Pulau Pisang terletak di wilayah tumbukan lempeng (*megathrust*) yang berada di laut, dengan dinamika geologis yang aktif dan berpotensi mengalami bencana gempa serta tsunami. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi daerah rentan terhadap rendaman tsunami, menganalisis kerentanan sosial, kerentanan fisik, serta menentukan tingkat kerentanan wilayah Pulau Pisang terhadap tsunami. Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 4-10 Februari 2023. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer dan data sekunder, dengan pendekatan kuantitatif deskriptif. Berdasarkan identifikasi daerah rentan rendaman tsunami pada ketinggian 5, 10, dan 20 meter, diketahui bahwa Desa Labuhan, Desa Sukadana, dan Desa Pasar Pulau Pisang merupakan wilayah yang paling terdampak. Hasil analisis menunjukkan bahwa kerentanan sosial berada pada kategori sangat rentan, sedangkan kerentanan fisik berada pada kategori tinggi. Pada variabel sosial, Desa Pasar Pulau Pisang berada pada status sangat rentan, Desa Labuhan pada status sedang, dan desa lainnya pada status rendah. Pada skenario gelombang tsunami setinggi 5 meter, Pulau Pisang memperoleh total skor 46,44 dengan status kerentanan sedang; pada skenario 10 meter, total skor mencapai 68,51 dengan status kerentanan tinggi, dan pada skenario 20 meter, total skor sebesar 78,32 dengan status kerentanan tinggi. Perbedaan hasil ini dipengaruhi oleh skenario pemodelan gelombang tsunami, serta tingkat kerentanan sosial dan kerentanan fisik yang berbeda-beda.

Kata kunci: Pulau Pisang, rendaman tsunami, kerentanan sosial, kerentanan fisik, kerentanan wilayah.

ABSTRACT

THE ANALYSIS OF PHYSICAL AND SOCIAL VULNERABILITY FOR DETERMINING REGIONAL VULNERABILITY LEVELS TO TSUNAMI IN PISANG ISLAND, PESISIR BARAT REGENCY, LAMPUNG

By

Ramdani Rasyid

Pulau Pisang is a small island with an area of 27.80 km², located approximately 12.2 km from the capital city of Pesisir Barat Regency (Krui), Lampung Province. Pisang Island is situated in an offshore plate collision zone (megathrust), which is geologically active and prone to earthquakes and tsunamis. This study aimed to identify areas vulnerable to tsunami inundation, analyze social vulnerability, assess physical vulnerability, and determine the overall vulnerability level of Pulau Pisang to tsunami. The research was conducted from February 4 to 10, 2023. The data used in this study consists of both primary and secondary sources, using a descriptive quantitative approach. Based on the identification of areas vulnerable to tsunami inundation at elevations of 5, 10, and 20 meters, it was found that Labuhan Village, Sukadana Village, and Pasar Pulau Pisang Village were the most affected areas. The analysis results indicated that social vulnerability fell into the highly vulnerable category, while physical vulnerability is categorized as high. In terms of social vulnerability, Pasar Pulau Pisang Village was classified as highly vulnerable, Labuhan Village as moderately vulnerable, and the other villages as low. In the scenario of a 5-meter high tsunami wave, Pulau Pisang achieved a total score of 46.44, indicating moderate vulnerability, in the 10-meter scenario, the total score reached 68.51, indicating high vulnerability, and in the 20-meter scenario, the total score was 78.32, also indicating high vulnerability. These differences were influenced by the tsunami wave modeling scenarios, as well as the varying levels of social and physical vulnerability.

Keywords: Pisang Island, tsunami inundation, social vulnerability, physical vulnerability, regional vulnerability.

**ANALISIS KERENTANAN FISIK DAN SOSIAL UNTUK PENENTUAN
TINGKAT KERENTANAN WILAYAH TERHADAP TSUNAMI DI PULAU
PISANG, KABUPATEN PESISIR BARAT, LAMPUNG**

Oleh

RAMDANI RASYID

**Sebagai Salah satu syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERIKANAN**

Pada

**Program Studi Sumberdaya Akuatik
Jurusan Perikanan dan Kelautan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi

: **ANALISIS KERENTANAN FISIK DAN SOSIAL UNTUK PENENTUAN TINGKAT KERENTANAN WILAYAH TERHADAP TSUNAMI DI PULAU PISANG, KABUPATEN PESISIR BARAT, LAMPUNG**

Nama

: **Ramdani Rasyid**

Nomor Pokok Mahasiswa

: **1814201013**

Program Studi

: **Sumberdaya Akuatik**

Jurusan


: **Perikanan dan Kelautan**

Fakultas

: **Pertanian**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Dr. Henky Mayaguezz, S.Pi., M.T
NIP. 197505152002121007


Darma Yuliana, S. Kel, M.Si.
NIP. 198907082019032017

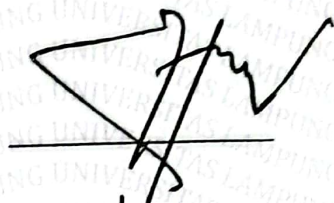
2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan


Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si.
NIP. 197008151999031001

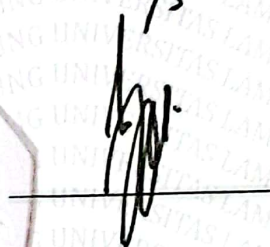
MENGESAHKAN

1. **Tim Penguji**

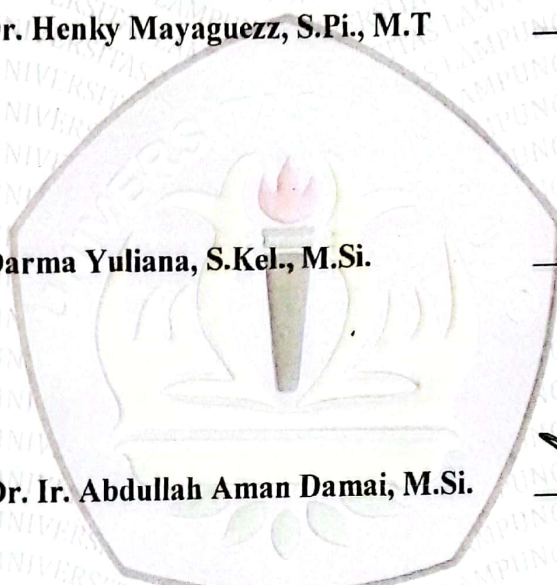
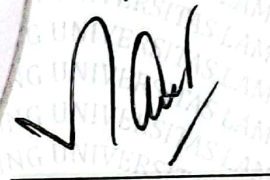
Ketua : Dr. Henky Mayaguezz, S.Pi., M.T



Sekretaris : Darma Yuliana, S.Kel., M.Si.



Anggota : Dr. Ir. Abdullah Aman Damai, M.Si.



2. **Dekan Fakultas Pertanian**



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 196411181989021002



Tanggal lulus ujian skripsi: 29 April 2024.

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ramdani Rasyid

NPM : 1814201013

Judul Skripsi : Analisis Kerentanan Fisik dan Sosial untuk Penentuan
Tingkat Kerentanan Wilayah terhadap Tsunami di Pulau
Pisang, Kabupaten Pesisir Barat, Lampung.

Menyatakan bahwa skripsi yang telah saya tulis merupakan murni karya saya sendiri berdasarkan pengetahuan, pengalaman, dan data yang diperoleh dari hasil penelitian yang saya lakukan. Selain itu, semua yang tertulis di dalam skripsi sudah sesuai dengan panduan penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Demikian pernyataan ini saya buat, apabila di kemudian hari terbukti terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 23 Oktober 2024


METERAL TEMPEL
6-207ALX4052054-3
Ramdani Rasyid

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir pada tanggal 23 November 2000 di Desa Pahmungan, Kecamatan Pesisir Tengah, Kabupaten Pesisir Barat, Provinsi Lampung sebagai putra pertama dari pasangan Bapak Zikri Yamin dan Ibu Risda Miyarni. Penulis menempuh pendidikan formal dari SDN Pahmungan (2006-2012), melanjutkan pendidikan di Madrasah Tsanawiyah Nahdhatul Ulama Krui (2012-2015), dan kemudian melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Pesisir Tengah Krui (2015-2018). Penulis melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi pada Program Studi Sumberdaya Akuatik, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2018.

Penulis juga mengikuti proses pendidikan informal di beberapa wadah pelatihan seperti Lembaga Studi Filsafat Discourse, Kelas Intens Logosid, Latihan Dasar Manajemen Organisasi, Pelatihan Fasilitator Dampak Sosial, dan *Startup Campus Track Founder*. Penulis pernah meraih juara 3 dan pembicara terbaik 2 pada Lomba Debat Tingkat Nasional pada tahun 2021 di STIT Multazam dengan Tema “Peran Sosial Pelajar Mahasiswa di Daerah sebagai Proses Pembangunan Keberlanjutan”. Kemudian pernah meraih juara 2 pada *Business competition* dengan menggagas ide “Membangun Aplikasi Belajar Berbasis Gamifikasi” di tingkat nasional oleh Startup Campus.

Pemikiran dan tindakan penulis bertumbuh melalui hobi membaca, menulis, dan berdiskusi, serta aktif di beberapa organisasi mahasiswa internal dan eksternal kampus, yakni Ikamm Pesbar sebagai Koordinator Kampus Universitas Lampung pada tahun

2019, Kepala Divisi Pendidikan (2020), dan Wakil Ketua umum (2021). Kemudian penulis berperan aktif di organisasi mahasiswa jurusan Himapik sebagai staf Kaderisasi (2019-2021), Pendiri dan *Chief Executive Officer* komunitas Pedagogia (2020-2024), Kepala Departement Program dan Inventaris (2020-sekarang), serta staf Divisi Perikanan dan Kelautan, Komite Nasional Pemuda Indonesia Provinsi Lampung (2023-sekarang).

Penulis mengikuti kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada bulan Januari-Februari tahun 2021 di Desa Labuhan Mandi, Kecamatan Way Kruui, Kabupaten Pesisir Barat. Kemudian mengikuti kegiatan Praktik Umum (PU) di Unit Pelaksana Teknis Daerah, Balai Benih Ikan Sumberjaya Dinas Perikanan Lampung Barat dengan judul "Manajemen Kualitas Air Parameter Fisika, Kimia dan Biologi Pada Kolam Pembesaran Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus*) di Balai Benih Ikan Sumberjaya Lampung Barat".

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Puji dan puji syukur selalu terhaturkan kepada Allah SWT, atas berkat rahmat dan hidayat-Nya penulis selalu mendapatkan kenikmatan yang melimpah ruah. Shalawat serta salam kepada junjungan dan sang teladan yakni Baginda Nabi Besar Muhammad SAW, yang Insya Allah memberikan syafa'atnya di hari akhir kelak.

Kepada kedua orang tua tercinta, Bapak Zikri Yamin dan Ibu Risda Miyarni, yang senantiasa menguntai doa dan peluh keringat bagi putra pertama mereka untuk mendapatkan kesempatan yang jauh lebih baik dari mereka. Demikian juga untuk kedua adik tercinta, Annisa Amalia Rizi dan Rasehan Yamin, yang senantiasa mengingatkan arti tanggung jawab seorang anak lelaki pertama, dan kakak bagi mereka.

Teman-teman seperjuangan di Jurusan Perikanan dan Kelautan angkatan 2018, teman-teman seperjuangan di Ikamm Pesbar, Himapik, Giat Buku, dan Pedagogia yang turut serta menjadi bagian untuk memperluas cakrawala pengetahuan.

Serta

Almamater tercinta, Universitas Lampung

MOTO HIDUP

Tidaklah mungkin bagi matahari mengejar bulan dan malam pun tidak dapat mendahului siang. Masing-masing beredar pada garis edarnya.

(Q.S Yasin: 40)

Sesungguhnya ketetapan-Nya, jika Dia menghendaki sesuatu, Dia hanya berkata kepadanya, “Jadilah!” Maka, jadilah (sesuatu) itu.

(Q.S Yasin: 82)

Tidak ada dua hal yang digabungkan lebih baik daripada pengetahuan dan kesabaran.

(Baginda Nabi Muhammad SAW)

Raihlah ilmu. Dan untuk meraih ilmu, belajarlah untuk tenang dan sabar.

(Sayyidina Umar bin Khattab r.a)

Seorang terpelajar harus sudah berlaku adil sejak dalam pikiran juga di dalam perbuatan.

(Pramoedya Ananta Toer – Bumi Manusia, 1980)

Hanya ada dua pilihan, menjadi apatis atau mengikuti arus. Tetapi aku memilih untuk jadi manusia merdeka.

(Soe Hok Gie – Catatan Seorang Demonstran, 1983)

Pikiran bukanlah wadah yang harus diisi, melainkan api yang harus dinyalakan.

(Bertrand Rusell – *History of Western Philosophy*, 1945)

SANWACANA

Puja dan puji syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan kuasa-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Kerentanan Fisik dan Sosial untuk Penentuan Tingkat Kerentanan Wilayah terhadap Tsunami di Pulau Pisang, Kabupaten Pesisir Barat, Lampung”. Penulis menyadari, bahwa selesainya skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Dengan demikian, pada kesempatan ini, penulis mengucapkan rasa syukur dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah Yang Maha Kuasa, yang selalu melimpahkan rahmat dan kasih sayang-Nya sehingga penulis mampu dan selalu percaya di dalam proses menuntut ilmu adalah salah satu jalan menuju surga abadi-Nya.
2. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si., selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
4. Henni Wijayanti Maharani, S.Pi., M.Si., selaku Ketua Program Studi Sumberdaya Akuatik dan sebagai Dosen Pembimbing Akademik yang senantiasa memberikan semangat dan arahan kepada penulis.
5. Dr. Henky Mayaquezz, S.Pi., M.T., selaku Pembimbing Pertama yang senantiasa inklusif proaktif dan membawa suasana proses bimbingan menjadi dialogis dan menyenangkan.
6. Darma Yuliana, S.Kel., M.Si., selaku Pembimbing Kedua yang senantiasa menunjukkan sikap profesional melalui masukan dan saran yang sangat bermanfaat pada proses penyusunan skripsi sehingga dapat berjalan dengan baik.

7. Dr. Ir. Abdullah Aman Damai, M.Si., selaku Penguji yang mengajarkan keseriusan menjalankan bidang yang diminati.
8. Kedua orang tua, Bapak Zikri Yamin dan Ibu Risda Miyarni, yang senantiasa melantunkan doa, dan memeluh keringat tidak lekang waktu demi putra pertama mereka mendapat kesempatan yang jauh lebih baik.
9. Kedua adik tercinta, Annisa Amalia Rizki dan Rasehan Yamin, yang senantiasa mengingatkan arti tanggung jawab seorang kakak bagi mereka.
10. Bapak Camat Kecamatan Pulau Pisang yang memberikan izin pelaksanaan penelitian di wilayah yang dipimpin.
11. Bapak Darmansyah dan keluarga yang sudah memberikan informasi dan tempat bernaung selama proses penelitian kepada penulis.
12. Teman-teman Jurusan Perikanan dan Kelautan angkatan 2018 yang memberikan kesan selama perkuliahan, terkhusus Fathan Al Fadil, dan Ismawan Aji selaku rekan seperjuangan penulis di dalam proses penyusunan skripsi.
13. Ikatan Mahasiswa Muslim Pesisir Barat, Himpunan Mahasiswa Perikanan dan Kelautan Universitas Lampung, komunitas Pedagogia, dan komunitas Giat Buku sebagai wahana belajar, dan menyampaikan arti penting kepedulian terhadap sosial.
14. Ahmad Thariq Azizi, Danang Bagas Rifky Arli, Fikri Rahman Triono, dan Ikhlas Tyas Bhakti yang sudah menjadi teman diskusi, dan kakak yang memberikan arahan, bantuan, serta pendampingan bagi penulis.
15. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu penulis dalam melaksanakan penelitian dan penyelesaian skripsi ini.

Penulis juga menyadari skripsi ini masih jauh dari kata sempurna yang disebabkan oleh sedikitnya pengetahuan yang dimiliki.

Bandar Lampung, 23 Oktober 2024

Ramdani Rasyid
NPM. 1814201013

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xx
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Kerangka Pikir Penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pulau Pisang	5
2.2 Bencana Tsunami	6
2.2.1 Bencana	6
2.2.2 Gempa Berpotensi Tsunami	7
2.2.3 Tsunami	9
2.2.4 Sejarah Tsunami di Barat Sumatera Hingga Selatan Jawa.....	10
2.3 Kerentanan (Vulnerability).....	13
2.3.1 Kerentanan Fisik	14
2.3.2 Kerentanan Sosial.....	15
2.4 Penginderaan Jauh.....	16
III. METODE PENELITIAN	18
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	18

3.2 Alat dan Bahan	19
3.2.1 Pengumpulan Data	20
3.3 Metode Penelitian.....	21
3.4 Prosedur Kerja.....	21
3.4.1 Identifikasi Daerah Rendaman Tsunami	23
3.4.1.1 Kemiringan Lahan (<i>slope</i>).....	23
3.4.1.2 Tutupan Lahan (<i>Land Cover</i>)	24
3.4.1.3 Pemodelan Daerah Rendaman Tsunami.....	25
3.4.2 Analisis Kerentanan Sosial.....	28
3.4.3 Analisis Kerentanan Fisik	31
3.4.4 Penentuan Tingkat Kerentanan Wilayah.....	37
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1 Identifikasi Daerah Rendaman Tsunami	41
4.1.1 Luas Area Terendam Tsunami Skenario 5 Meter	45
4.1.2 Luas Area Terendam Tsunami Skenario 10 Meter	48
4.1.3 Luas Area Terendam Tsunami Skenario 20 Meter	52
4.1.3 Luas Area Rendaman Tsunami 3 Skenario	56
4.2 Analisis Kerentanan Sosial.....	57
4.3 Analisis Kerentanan Fisik	61
4.4 Analisis Kerentanan Wilayah Pulau Pisang	72
V. KESIMPULAN DAN SARAN	81
5.1 Kesimpulan.....	81
5.2 Saran.....	81
DAFTAR PUSTAKA	83

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat dan bahan penelitian.	19
2. Tingkat kemiringan lahan.	23
3. Nilai koefisien kekasaranutupan lahan.	25
4. Klasifikasi skor tingkat kerentan wilayah terendam.	26
5. Indikator konversi indeks dan persamaan.	29
6. Klasifikasi skor tingkat kerentanan sosial.	30
7. Perhitungan klasifikasi kerentanan fisik.	33
8. Indikator kelas kerentanan fisik.	36
9. Penentuan tingkat kerentanan wilayah.	37
10. Klasifikasi skor tingkat kerentanan wilayah.	39
11. Hasil pengecekan lapangan (<i>ground check</i>)utupan lahan wilayah Pulau Pisang.	41
12. Luas rendaman tsunami di wilayah Pulau Pisang skenario 5 meter.	45
13. Luas rendaman tsunami di wilayah Pulau Pisang skenario 10 meter.	49
14. Luas rendaman tsunami di wilayah Pulau Pisang skenario 20 meter.	52
15. Data faktor kerentanan sosial di Pulau Pisang.	57
16. Hasil kerentanan sosial di Pulau Pisang.	57
17. Skor kerentanan fisik di Pulau Pisang.	61
18. Skor kerentanan fisik setiap desa di Pulau Pisang.	62
19. Skor fisik terendam 5 meter.	64
20. Skor fisik terendam 10 meter.	64
21. Skor fisik terendam 20 meter.	65

22. Kerentanan fisik dengan rendaman 5 meter.....	65
23. Kerentanan fisik dengan rendaman 10 meter.....	66
24. Kerentanan fisik dengan rendaman 20 meter.....	67
25. Tingkat kerentanan wilayah gelombang tsunami 5 meter.....	73
26. Tingkat kerentanan wilayah gelombang tsunami 10 meter.....	73
27. Tingkat kerentanan wilayah gelombang tsunami 20 meter.....	74
28. Data bangunan terendam tsunami 5 meter.....	92
29. Data bangunan terendam tsunami 10 meter.....	93
30. Data bangunan terendam tsunami 20 meter.....	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikir penelitian.	4
2. Titik kejadian tsunami barat Sumatera – selatan Jawa (416-2018).	12
3. <i>Ring of fire</i> Indo-Pasifik	13
4. Peta lokasi penelitian	18
5. Prosedur kerja	22
6. <i>Model builder</i> permodelan daerah rendaman tsunami.....	27
7. Contoh penilaian kerentanan fisik	32
8. Petautupan lahan Pulau Pisang.....	43
9. Peta kemiringan lahan (<i>slope</i>) Pulau Pisang.....	44
10. Rendaman tsunami skenario 5 meter	46
11. Peta kerentanan desa terhadap gelombang tsunami 5 meter	47
12. Rendaman tsunami skenario 10 meter	50
13. Peta kerentanan desa terhadap gelombang tsunami 10 meter	51
14. Rendaman tsunami skenario 20 meter	53
15. Peta kerentanan desa terhadap gelombang tsunami 20 meter	54
16. Peta status kerentanan sosial desa	60
17. Peta sebaran klasifikasi kerentanan fisik di Pulau Pisang.....	63
18. Status kerentanan fisik terhadap rendaman tsunami 5 meter	68
19. Status kerentanan fisik terhadap rendaman tsunami 10 meter	69
20. Status kerentanan fisik terhadap rendaman 20 meter.....	70
21. Status kerentanan wilayah skenario 5 meter	78
23. Status kerentanan wilayah skenario 20 meter	80
24. Kelas kerentanan fisik A	92

26. Kelas kerentanan fisik C	92
25. Kelas kerentanan fisik B	92
27. Kelas kerentanan fisik D.....	92

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Sampel kerentanan fisik (bangunan) di Kecamatan Pulau Pisang.....	92
2. Tabel data bangunan terendam tsunami skenario 5, 10, dan 20 meter di Kecamatan Pulau Pisang	92

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pulau Pisang merupakan pulau kecil yang memiliki luasan 27,80 km², dan berjarak ± 12,2 km dari Ibu Kota Kabupaten Pesisir Barat (Krui), Provinsi Lampung. Pulau Pisang terletak pada titik koordinat 5°7'15,000" LS dan 103°50'45,138" BT, yang berhadapan langsung dengan Samudera Hindia, dan masuk dalam wilayah tumbukan lempeng (*megathrust*) lautan. Dengan kondisi geografis tersebut, menjadikan Pulau Pisang sebagai salah satu wilayah yang memiliki komposisi geologis yang unik dan berpotensi terjadinya bencana seperti gempa bumi hingga tsunami.

Mengutip dari Administrasi Kelautan dan Atmosfer Nasional milik Amerika yakni National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 1970), dalam 100 tahun terakhir perairan Pesisir Barat tidak menunjukkan adanya kejadian tsunami, dan hanya menunjukkan kejadian gempa. Hal ini juga dicatatkan oleh BMKG Provinsi Lampung yang mendeteksi 7 (tujuh) kejadian gempa tektonik dari bulan Oktober hingga Desember 2022. Kondisi ini dianggap lebih rentan, bahwa sebaliknya terdapat pengumpulan energi patahan dalam durasi lama akan melepaskan energi patahan yang jauh lebih besar dan menimbulkan kejadian tsunami yang tidak dapat diprediksi.

Pengalaman historis tsunami pada wilayah pesisir dan pulau di Indonesia telah membawa dampak signifikan. Menurut Taubenbock *et al.* (2009), bahwa tsunami di Indonesia termasuk kedalam kategori tsunami tropis. Dalam hal ini, tsunami dapat mencapai wilayah pesisir dan pulau dari Kepulauan Nusa Tenggara, Pulau Jawa, hingga

Pulau Sumatera khususnya Lampung. Kejadian tsunami berdampak pada kerusakan lingkungan, perekonomian, infrastruktur (fisik), psikologis dan sosial, hingga kematian penduduk.

Pulau Pisang sudah memiliki permukiman sejak lama dan identik dengan infrastruktur khas suku lampung dan era kolonial. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa Pulau Pisang menjadi salah satu pulau yang berpotensi rentan terhadap bencana terutama oleh tsunami.

Berdasarkan narasi tersebut, perlu adanya sebuah kajian tentang kerentanan fisik dan sosial untuk penentuan tingkat kerentanan wilayah terhadap tsunami di Pulau Pisang, Kabupaten Pesisir Barat, Lampung. Hal ini perlu dilakukan sebagai langkah awal agar data dapat dimanfaatkan oleh pemangku kebijakan untuk menentukan regulasi, dan mitigasi untuk meminimalisir dampak kerugian yang disebabkan oleh bencana tsunami.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimanakah luasan daerah rendaman tsunami di wilayah Pulau Pisang berdasarkan skenario ketinggian tsunami 5, 10, dan 20 meter?
2. Bagaimanakah tingkat kerentanan fisik dan sosial di wilayah Pulau Pisang berdasarkan skenario ketinggian tsunami 5, 10, dan 20 meter?
3. Bagaimanakah tingkat kerentanan wilayah di Pulau Pisang berdasarkan skenario ketinggian tsunami 5, 10, dan 20 meter?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi luasan daerah rendaman tsunami di wilayah Pulau Pisang berdasarkan skenario ketinggian tsunami 5, 10, dan 20 meter.

2. Menganalisis tingkat kerentanan fisik dan sosial di wilayah Pulau Pisang berdasarkan skenario ketinggian tsunami 5, 10, dan 20 meter.
3. Menentukan tingkat kerentanan wilayah di Pulau Pisang berdasarkan skenario ketinggian tsunami 5, 10, dan 20 meter.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

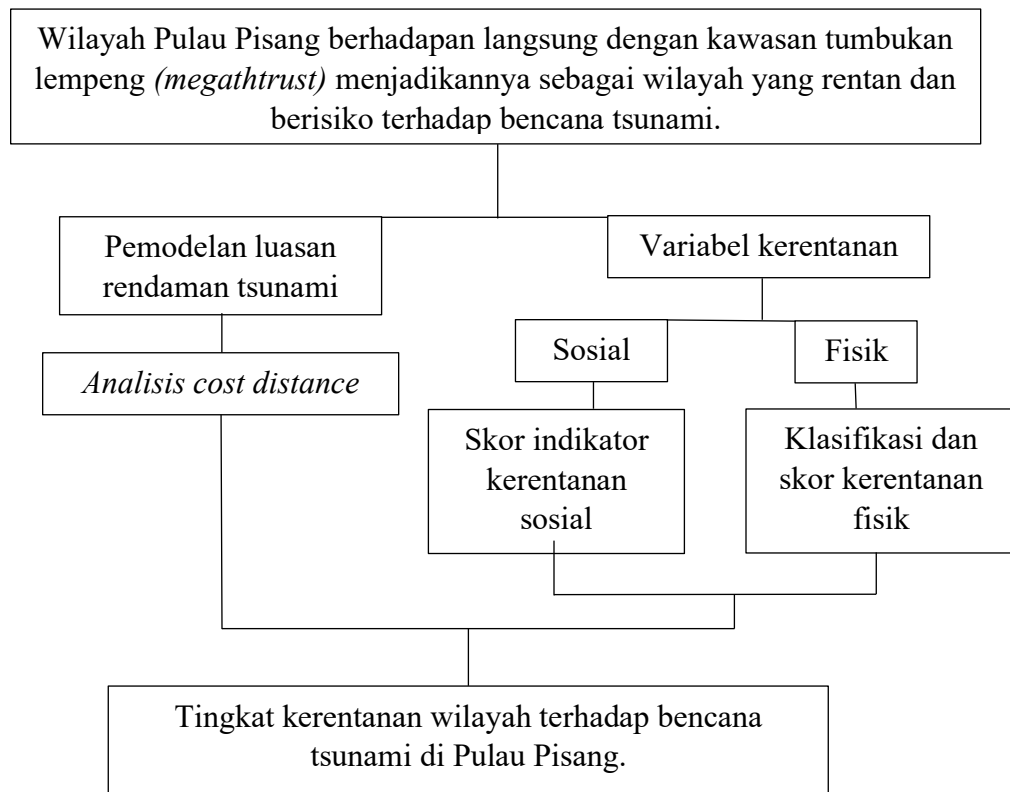
1. Bagi penulis, penelitian ini bermanfaat sebagai pembelajaran dan pengaplikasian ilmu mitigasi bencana serta manajemen wilayah pesisir dan laut yang telah diperoleh saat perkuliahan.
2. Bagi masyarakat sebagai sumber edukasi untuk peningkatan kapasitas mengenai mitigasi bencana.
3. Bagi pemangku kebijakan, dapat mengetahui kerentanan wilayah Pulau Pisang sehingga dapat menjadi acuan untuk menentukan arah strategi mitigasi bencana di wilayah Pulau Pisang.
4. Dapat menjadi sumber dan referensi untuk penelitian berikutnya.

1.5 Kerangka Pikir Penelitian

Pulau Pisang adalah sebuah pulau kecil dengan luasan 27.08 km² yang secara administrasi sebagai salah satu kecamatan di Kabupaten Pesisir Barat. Pulau yang berjarak 12,2 km dari Ibu Kota kabupaten (Krui) ini merupakan salah satu destinasi wisata yang terdapat di Kabupaten Pesisir Barat. Wilayah Pulau Pisang merupakan wilayah rentan dan penuh risiko bencana. Hal ini disebabkan wilayah tersebut berhadapan langsung dengan Samudera Hindia dan berdekatan langsung dengan wilayah tumbukan lempeng (*megathrust*) yang berada di laut.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kerentanan secara fisik dan sosial terhadap bencana tsunami. Pemodelan daerah rendaman tsunami diskenariokan pada ketinggian gelombang 5, 10, dan 20 meter. Skenario tersebut didasarkan pada hasil penelitian oleh Daoed *et al.* (2013), bahwa tinggi gelombang tsunami maksimum

yang mencapai pantai berkisar antara 4-24 meter dengan jangkauan gelombang ke daratan berkisar antara 50-200 m dari garis pantai. Hal tersebut didasarkan pada kejadian gempa tahun 1629-2002 di Indonesia pernah terjadi tsunami sebanyak 109 kali yang disebabkan oleh longsor 1 kali, 9 kali gunung berapi, dan 98 kali gempa bumi tektonik. Hasil pemodelan rendaman tersebut dilanjutkan dengan memetakan wilayah rentan melalui skenario yang telah ditentukan. Pengumpulan data primer digali lebih mendalam melalui analisis wilayah, dan data sekunder diperdalam melalui studi pustaka, baik dalam bentuk buku, jurnal, artikel ilmiah secara *offline* ataupun *online*. Kerangka penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pulau Pisang

Pulau Pisang merupakan pulau yang dikategorikan sebagai pulau kecil dengan luasan 27.80 km². Mengacu pada Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2014, bahwa pulau kecil memiliki luasan kurang dari 2.000 km². Secara administratif, Pulau Pisang adalah satu dari 11 kecamatan yang terdapat di Kabupaten Pesisir Barat yang merupakan hasil pemekaran dari Kabupaten Lampung Barat berdasarkan Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2012 tentang Pembentukan Kabupaten Pesisir Barat.

Secara geografis, Pulau Pisang berada pada koordinat 5°7'15,000" LS dan 103°50'45,138" BT. Menurut Badan Pusat Statistik (2023), bahwa luasan Pulau Pisang pada tahun 2017 yaitu 27.80 km² dengan enam desa, yaitu Sukamarga, Pekon Lok, Bandar Dalam, Pasar Pulau Pisang, Sukadana, dan Labuhan. Batasan wilayah Kecamatan Pulau Pisang sebagai berikut:

1. Sebelah utara : berbatasan dengan Kecamatan Pesisir Utara.
2. Sebelah timur : berbatasan dengan Kecamatan Karya Penggawa.
3. Sebelah selatan : berbatasan dengan Kecamatan Pesisir Tengah.
4. Sebelah barat : berbatasan dengan Samudera Hindia.

Penduduk Pulau Pisang memiliki jumlah dengan kerapatan yang beragam. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Pesisir Barat (2023), Desa Pasar Pulau Pisang memiliki kepadatan penduduk tertinggi dibandingkan dengan penduduk desa lain. Selain itu, mobilitas penduduk melakukan aktivitas penyeberangan untuk mengurus kebun yang berada di wilayah Tebakak, dan Pugung Tampak, serta menangkap ikan sebagai

mata pencaharian, serta berbelanja kebutuhan pokok di Kota Krui. Meskipun demikian, hubungan kemasyarakatan penduduk Pulau Pisang tetap di wilayah pulau.

Perjalanan menuju Pulau Pisang dapat ditempuh melalui 2 jalur penyeberangan, yakni Dermaga Kuala Stabas dan Pelabuhan Tebakak dengan menggunakan perahu nelayan atau jukung. Waktu tempuh penyeberangan dari Dermaga Kuala Stabas menghabiskan waktu $\pm 1,5$ jam, sedangkan penyeberangan dari Pelabuhan Tebakak menghabiskan waktu ± 20 menit penyeberangan.

Berdasarkan iklim dan topografi, sepanjang wilayah Pesisir Barat termasuk Pulau Pisang memiliki kondisi perairan laut yang berombak dan kemiringan wilayah berkisar 3% sampai dengan 5%. Wilayah timur Pulau Pisang terdiri 3 pekon/desa dengan dataran yang tinggi dan berbukit. Secara umum iklim di wilayah tersebut beriklim tropis humid dengan angin laut lembab yang bertiup dari Samudera Hindia dengan kecepatan rata-rata angin 70 km/hari. Iklim tropis dengan curah hujan rata-rata 4 bulan dalam 1 tahun dan musim kemarau yang berganti memiliki temperatur udara maksimum 33°C, temperatur minimum 22°C dan temperatur rata-rata 31°C. Sedangkan kelembaban udara antara 80-88% dan akan terjadi transisi kelembaban udara yang lebih tinggi pada wilayah yang secara kontur lebih rendah (BPS Kabupaten Pesisir Barat, 2023).

2.2 Bencana Tsunami

2.2.1 Bencana

Bencana merupakan istilah relatif secara manusiawi bersifat subjektif. Istilah tersebut berkaitan dengan peristiwa yang terjadi secara ilmiah ataupun artifisial dengan alasan merugikan dan menimbulkan korban. Peristiwa yang dimaksud seperti pergerakan tanah, gelombang pasang, rendaman air, dan lainnya (Rogi, 2017), sedangkan mengacu pada Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, bahwa bencana merupakan peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam atau mengganggu kehidupan, dan penghidupan masyarakat yang disebabkan oleh faktor

alam atau faktor nonalam, serta faktor manusia yang menimbulkan kerugian korban jiwa manusia, rusaknya lingkungan, harta benda, dan dampak psikologis.

Pandangan secara umum, bencana muncul saat ancaman (*hazard*) bertemu dengan kerentanan (*vulnerability*) yang tidak diimbangi dengan kapasitas, baik wilayah maupun pendudukan yang tidak memadai (Monte *et al.*, 2020). Bahaya-bahaya alam seperti tsunami memberikan dampak negatif pada masyarakat, terutama masyarakat yang rentan, baik dalam bentuk gelombang air yang memberikan dampak kerusakan pada bangunan-bangunan maupun dampak psikologis (Irawan, 2017).

2.2.2 Gempa Berpotensi Tsunami

Gempa bumi adalah sebuah guncangan hebat yang menjalar ke permukaan bumi yang ditimbulkan oleh gangguan pada litosfir (kulit bumi). Massa bersuhu tinggi ini berada pada lapisan astenosfer yang bersifat sangat kental yang mengalir secara perlahan. Dampak gerakan-gerakan ini, maka kulit bumi terpecah-pecah sebagai bagian-bagian berupa lempengan yang saling beranjak satu sama lain, yang kemudian disebut sebagai lempeng tektonik. Pada umumnya gempa bumi disebabkan oleh pelepasan energi yang dihasilkan oleh tekanan lempengan yang bergerak. Gempa bumi biasanya terjadi pada perbatasan lempengan tektonik tersebut. Gempa bumi bagian dalam kemungkinan besar ditimbulkan oleh material litosfer terkompresi ke dalam yang mengalami fase di kedalaman lebih dari 600 km (Badrul, 2010).

Wilayah bagian barat Pulau Sumatera terdapat banyak pulau kecil dan sedang, mulai dari Simeulue di utara hingga Enggano di selatan. Karena pulau-pulau ini berdekatan dengan bidang pergesekan kedua lempeng, maka ia dekat dengan sumber gempa, sehingga gempa-gempa yang bersumber di dekat pulau ini pada umumnya memiliki kedalamannya sangat dangkal. Ditambah dengan adanya patahan-patahan/sesar di bawah pulau sampai ke batas lempeng, yakni palung menjadikannya salah satu lagi potensi bencana yang mengikut gempa yang terjadi yaitu tsunami. Kejadian tsunami memiliki 4 (empat) syarat terjadinya tsunami, yakni:

1. Episenter berada di dasar laut.
2. Kekuatan gempa $> 6,5$ SR.
3. Kedalaman pusat gempa sangat dangkal (< 30 km).
4. Terjadi dislokasi batuan secara vertikal (Badrul, 2010).

Danny *et al.* (2021), menyatakan bahwa bencana tsunami merupakan salah satu bencana ikutan akibat gempa bumi yang akan terjadi apabila:

- Pusat gempa di bawah dasar laut.
- Kedalaman < 60 km (dangkal).
- Kekuatan gempa 6-6,5 skala Richter.
- Dasar laut mengalami penyesaran vertikal (sesar naik atau sesar turun).
- Kolom air laut di atas episentrum tebal.
- Terjadi ledakan dahsyat gunung api di bawah permukaan air laut (contoh: Gunung Krakatau, 1883).

Terdapat lembaga seismologi dunia yang melakukan identifikasi gempa bumi dengan potensi tsunami. Di antara lembaga tersebut adalah Japan Meteorology Agency (JMA), Indonesia Tsunami Early Warning System (Ina-TEWS) dan Coast & Alaska Tsunami Warning Center (CATWC), serta Pacific Tsunami Warning Center (PTWC). Parameter potensi tersebut adalah lokasi, kedalaman dan magnitudo yang ditentukan secara cepat. Berbeda dengan lembaga yang lain, Ina-TEWS mendasarkan potensi tsunami dengan variabel magnitudo ≥ 7 , episenter di laut, dan kedalaman < 100 km (Fitriani dan Madlazim, 2015).

Klasifikasi gempa dengan potensi bencana tsunami sering diimplementasikan dengan proses data mining melalui algoritma. Parameter pengklasifikasian status tersebut yakni, kekuatan gempa, sumber gempa, dan kedalaman gempa. Akurasi metode tersebut dilihat dengan menerapkan perbandingan perbandingan jarak *euclidean* dan *manhattan* pada metode *modified K-nearest neighbor* (MKNN) (Hamsar *et al.*, 2022).

2.2.3 Tsunami

Secara bahasa, kata tsunami berasal dari istilah Jepang yakni, *tsu* berarti pelabuhan dan *nami* berarti gelombang. Secara harfiah dapat diartikan tsunami adalah gelombang pasang yang memasuki pelabuhan. Tsunami pada umumnya disebabkan oleh peristiwa gempa bumi di dasar laut dengan pergerakan vertikal yang cukup besar. Tsunami juga dapat terjadi jika terjadi sebuah letusan gunung api laut atau terjadi longsor laut (Arief, 2010).

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) mendefinisikan tsunami adalah gelombang laut yang terjadi karena adanya gangguan impulsif pada laut. Gangguan impulsif tersebut terjadi akibat adanya perubahan bentuk dasar laut secara tiba-tiba dalam arah vertikal atau dalam arah horizontal.

Tsunami menjadi salah satu bencana alam yang senantiasa mengancam penduduk yang tinggal di daerah pesisir dan pulau. Tsunami merupakan bencana sekunder yang dipicu oleh bencana lain seperti gempa bumi, letusan gunung api, objek ekstraterestrial dan aktivitas antropogenik yang dapat menyebabkan dislokasi vertikal dasar laut (Bryant, 2008).

Menurut Yonghai dan Jiancheng (2014), bahwa tsunami dapat diartikan serangkaian air yang disebabkan oleh pergerakan besar air laut yang menjadi serangkaian gelombang *destruktif* kuat ketika tiba di pantai. Selain itu, tsunami sebagai hidrodinamika laut dapat juga merusak populasi pantai. Kecepatan tsunami bergantung pada kedalaman suatu perairan, gelombang akan mengalami suatu percepatan yang sesuai pada fluktuasi kedalaman perairan tersebut. Pada proses ini perubahan energi gelombang yang bias menjadi terfokus dan juga dapat menyebar. Pada perairan dalam, kecepatan tsunami rata-rata 500-1.000 km/jam, sedangkan pada perairan dangkal kecepatan hanya berada pada puluhan kilometer/jam.

Sebagian besar tsunami diakibatkan oleh adanya gangguan pada kulit bumi di dasar laut, seperti gempa bumi di dasar laut atau letusan gunung berapi di dasar laut, dan menyebabkan naiknya permukaan air dalam area yang luas. Hal ini dapat terjadi karena penjalaran gelombang dengan periode yang sangat panjang. Bahkan gelombang jenis ini mungkin mempunyai periode gelombang yang lebih dari satu jam, hal ini sangat berlawanan dengan gelombang biasa yang disebabkan angin, dimana mempunyai periode kurang dari satu menit. Ketika tsunami disebabkan oleh aktivitas seismik atau pergeseran dasar laut, energi gelombang cenderung untuk menyebar sepanjang puncak gelombang. Akibat dari gelombang tsunami ini kebanyakan dirasakan di daerah sekitar sumber kejadiannya. Tsunami yang disebabkan kenaikan tektonik yang mungkin menjalar sepanjang pantai, dapat menyebabkan daya rusak yang amat hebat, bahkan dapat mencakup lokasi yang jauh dari sumbernya sendiri (Kriyo, 1997).

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BPNB, 2016) mencatatkan bahwa lebih kurang 172 kejadian tsunami yang telah terjadi di Indonesia semenjak tahun 1600-2012. Sumber penyebab 90% terjadinya tsunami tersebut disebabkan oleh aktivitas gempa bumi tektonik, 9% aktivitas vulkanik dan 1% tanah longsor yang masuk dalam badan perairan.

Bahaya tsunami menimbulkan bencana yang tidak dapat dicegah, namun dapat diantisipasi dan dikurangi secara dampak yang diakibatkan. Meminimalisir dampak kejadian tsunami dapat dilalui dengan usaha peningkatan kapasitas masyarakat terhadap bencana, khususnya bencana tsunami (Gersanandi *et al.*, 2013).

2.2.4 Sejarah Tsunami di Barat Sumatera Hingga Selatan Jawa

Mengutip dari website National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 1970) menyatakan bahwa terdapat 41 kejadian tsunami di barat Pulau Sumatera sejak tahun 1770 hingga tahun 2016. Dari peristiwa tersebut terdapat kejadian tsunami dengan *run up* tsunami paling rendah, yakni 0,4 meter pada tanggal 10 April 2005. Bencana tsunami tertinggi terjadi pada tanggal 26 Desember 2004 yakni di wilayah

Provinsi Aceh dengan *run up* tsunami mencapai 50,9 meter dan ketinggian gelombang yang mencapai wilayah daratan adalah 30 meter. Gempa yang disebabkan oleh gempa tektonik di kedalaman 30 km atau 19 mil di bawah laut dengan kekuatan 9,1 magnitudo tersebut menelan korban tewas hingga 167.540 jiwa dan hilang 426.800 jiwa. Kejadian tersebut mengalami kerugian materil sebesar \$10 miliar.

Kejadian tsunami lain dengan magnitudo tinggi dan kerugian besar yakni terjadi di Kepulauan Mentawai, Provinsi Sumatera Barat pada tanggal 25 oktober 2010. Kejadian tersebut berkekuatan 7,8 magnitudo dengan kedalaman gempa 20 km di bawah permukaan laut. *Run up* maksimal tsunami Mentawai mencapai 16,9 meter dan pada saat mencapai daratan mencapai 5-7 meter. Kejadian tsunami ini juga terasa di wilayah Sumatera Utara hingga Bengkulu. Wilayah Kepulauan Mentawai yang dekat dengan perairan barat Lampung dapat menjadi gambaran ketinggian tsunami di wilayah tersebut (NOAA, 1970).

Berbeda dengan selatan Pulau Jawa yang mencakup wilayah pesisir dan Laut Jawa Timur, Jawa Tengah-Jawa Barat, dan Banten-Selat Sunda. Bencana tsunami tercatat sebanyak 17 peristiwa dari tahun 416 hingga 2018. Peristiwa terburuk yang terjadi adalah pada tanggal 10 Oktober 1883 yakni tepat di Tjikawung, Sumur, Provinsi Banten. Pada peristiwa tersebut, di pesisir Teluk Selamat datang, diamati gelombang yang membanjiri pantai 75 m di luar garis pasang yang biasanya tinggi. Suara gemuruh datang dari Krakatau, dan terdengar tidak hanya di Tjikawung, tetapi juga sedikit ke utara di Sumur. Tidak ada laporan tentang gelombang dari tempat lain karena pantai yang hancur oleh gelombang ini sepi pada malam hari. Tidak ada kejadian luar biasa yang diamati pada kapal yang terletak di Selat Sunda (NOAA, 1970).

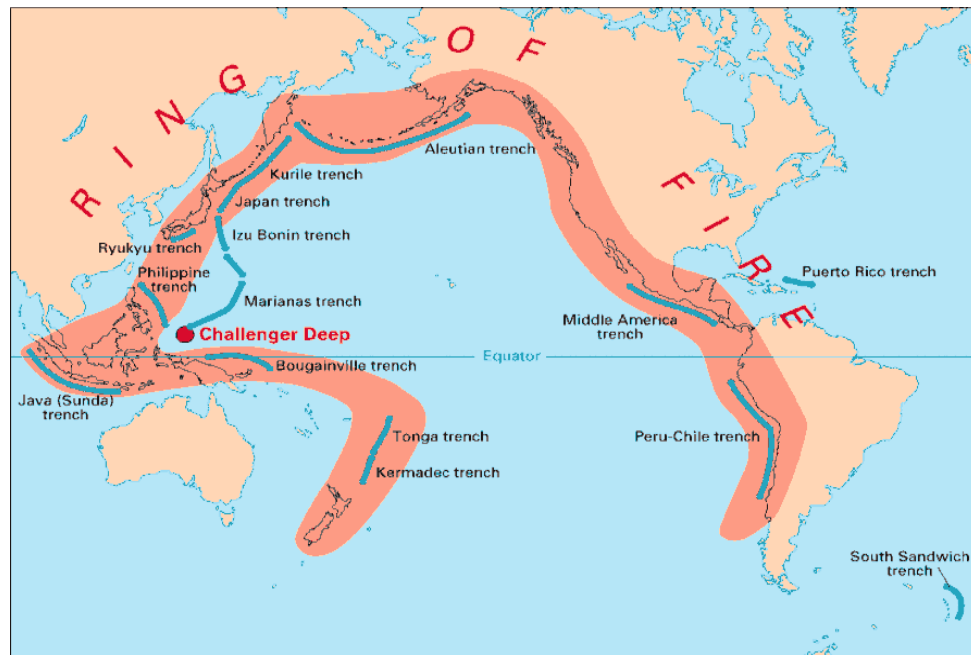
Peristiwa lain yang tercatat adalah 22 Desember 2018 di Krakatau dengan jangkauan gelombang mencapai wilayah Lampung dan Ujung Kulon dengan *run up* maksimal 10 meter. BNPB melaporkan 437 korban jiwa, 16 hilang, 14.059 jiwa luka-luka, dan 33.719 jiwa mengungsi. Sedikitnya 2.752 rumah, 92 hotel, dan vila, serta 510 perahu

dilaporkan rusak. Korban jiwa dan kerusakan material tersebut berasal dari beberapa kabupaten yakni Pandenglang, Serang, Lampung Selatan, Pesawaran, dan Tanggamus. Jumlah korban dan wilayah yang paling terkena dampak kerusakan adalah wilayah pesisir di Kabupaten Pandenglang (NOAA, 1970). Gambar titik kejadian tsunami barat Sumatera hingga selatan Jawa disajikan pada Gambar 2.

Banyaknya bencana tsunami Indonesia tidak pernah terlepas kondisi geologis, posisi Indonesia berada pada jalur cincin api (*ring of fire*), dan pertemuan 3 (tiga) lempeng yang bertumbukan, yaitu lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia, dan lempeng Pasifik yang membuat Indonesia kaya dengan cadangan mineral serta mempunyai dinamika geologis yang sangat dinamis mengakibatkan potensi bencana gempa dan tsunami (Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2012). Gambar *ring of fire* disajikan pada Gambar 3.



Gambar 2. Titik kejadian tsunami barat Sumatera – selatan Jawa (416-2018).
Sumber: Natural Hazard (1970).



Gambar 3. *Ring of fire* Indo-Pasifik

Sumber: United State Geological Survey, (1999).

2.3 Kerentanan (*Vulnerability*)

Kerentanan (*vulnerability*) adalah karakteristik secara kelompok atau individu yang mendiami alam tertentu di dalam sosial dan ekonomi. Hal ini dibedakan menurut posisi yang bermacam-macam dalam masyarakat secara kelompok atau individu yang rentan (Bankoff *et al.*, 2014). Kerentanan juga dapat didefinisikan terganggunya kondisi lingkungan, masyarakat, struktur, dan layanan yang diakibatkan oleh bahaya tertentu sehingga menimbulkan kerugian. Tingkat kerentanan dibagi menjadi kerentanan sosial, fisik, ekonomi, dan ekologi/lingkungan (Perka BNPB No. 2 Tahun 2012).

Kerentanan (*vulnerability*) adalah kondisi yang disebabkan oleh keadaan dengan faktor fisik, sosial, ekonomi dan lingkungan yang memiliki pengaruh negatif terhadap segala bentuk upaya pencegahan dan penanggulangan bencana. Kerentanan umumnya ditujukan terhadap segala pengidentifikasian sebuah dampak kejadian bencana. Di antara dampak tersebut ialah seperti kerusakan infrastruktur, kerugian ekonomi dalam jangka pendek hingga jangka panjang serta yang terburuk memakan korban jiwa (Bakornas PB, 2007).

Menurut International Strategy for Disaster Reduction (ISDR, 2005), menyatakan bahwa kerentanan adalah kondisi dengan ditentukan oleh faktor-faktor seperti fisik, sosial, ekonomi, dan ekologi yang memberikan peningkatan kerawanan terhadap masyarakat atas dampak bencana.

2.3.1 Kerentanan Fisik

Kerentanan fisik digambarkan sebagai tingkat kerapuhan suatu wilayah yang terdampak bencana. Jika terjadi sebuah bencana pada kondisi fisik yang rentan, maka akan berdampak kerugian yang besar, dalam hal ini kerusakan yang dimaksud adalah kerusakan bangunan. Semakin tinggi kepadatan bangunan suatu wilayah akan menambah potensi kerentanan terhadap bencana, sebab objek yang terdampak suatu bencana semakin besar. Semakin rendah kepadatan bangunan di suatu wilayah bencana, maka akan semakin rendah juga tingkat kerentanan terhadap suatu bencana, sebab jumlah objek yang sedikit akan terdampak bencana (Gersanandi *et al.*, 2013).

Kerentanan wilayah (fisik) dipengaruhi oleh konsentrasi penduduk yang tidak merata. Sebagian daerah tempat tinggal penduduk adalah wilayah rawan terhadap bencana seperti tsunami di wilayah pesisir dan pulau dengan topografi yang rendah dan tidak terlindungi dari topografi daratan, maka tingkat kerentanan fisik lebih tinggi jika dibandingkan dengan keadaan topografi yang lebih tinggi. Bencana yang dominan terjadi di Indonesia seringkali menimbulkan dampak korban yang besar, dengan banyak daerah yang rentan terhadap bencana tsunami. Daerah yang subur untuk kehidupan memiliki indikator wilayah di antaranya adalah elevasi daratan, kemiringan lahan, morfologi garis pantai, keterlindungan daratan dan jarak garis pantai pada permukiman. Kerentanan fisik merujuk pada bahaya tertentu yang pada umumnya berupa lemah dan minimnya daya tahan suatu lokasi yang terbangun. Kondisi tersebut digolongkan sebagai wilayah yang rentan terhadap bahaya. Kerentanan fisik tersebut meliputi bangunan, desain dan material yang digunakan pada infrastruktur (Bakornas PB, 2007).

2.3.2 Kerentanan Sosial

Kerentanan sosial dapat digambarkan sebuah kondisi dengan tingkat kerapuhan sosial pada kawasan rentan bencana. Terjadinya bencana pada kondisi sosial rentan akan berdampak kerugian yang besar, yaitu korban jiwa. Kepadatan penduduk yang tinggi akan menambah status kerentanan sosial terhadap suatu bencana (Gersanandi *et al.*, 2013).

Penduduk menjadi objek utama saat terjadinya bencana, sudah seharusnya penduduk di suatu wilayah memiliki kapasitas untuk memahami kerentanan yang ada. Hal ini dimaksudkan supaya penduduk dapat menjadi aktor dalam pengurangan risiko suatu bencana, sehingga kerugian dapat diminimalisir (Desfandi, 2014). Selain itu, menurut Rahmaningtyas *et al.* (2015), bahwa kondisi sosial (penduduk) yang rentan dapat dipastikan menimbulkan kerugian besar jika terjadinya sebuah bencana.

Sebaran dan kepadatan penduduk serta permukiman adalah salah satu faktor yang berpengaruh pada risiko kebencanaan tsunami yang terjadi. Permukiman penduduk memberi gambaran tingkat kepadatan penduduk dengan sebaran tempat hunian berdampak pada tingkat kerugian akibat tsunami, baik dari segi kerugian jiwa maupun harta benda. Penempatan area hunian yang aman dari bahaya tsunami menjadi prioritas yang jauh dari laut (Irfiani, 2005).

Kondisi sosial merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap tingkatan kerentanan sosial. Contoh kerentanan sosial tersebut adalah kesenjangan yang dipengaruhi oleh faktor kerentanan individu dengan kelompok dan berdampak pada terdegradasinya kemampuan dalam menghadapi suatu bencana (Himbawan, 2010). Kerentanan tersebut dapat dilihat pada strata pendidikan, minimnya pengetahuan tentang risiko kebencanaan. Selain itu, kerentanan sosial dapat dilihat dari jumlah penduduk usia balita, usia renta dan penduduk penyandang disabilitas yang menambah tingkat kerentanan sosial.

2.4 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh (*remote sensing*) adalah ilmu yang digunakan dalam memperoleh, menangkap dan mendokumentasikan informasi suatu objek, fenomena suatu wilayah yang diperoleh dengan menganalisa data tanpa adanya kontak langsung dengan objek, fenomena atau wilayah yang dikaji (Putra, 2011).

Metode penginderaan jauh sering digunakan sebab dinilai mampu menghasilkan data yang bervariasi dengan cakupan luas dan dapat memberikan gambaran berdasarkan unsur-unsur spasial komprehensif dan bentuk geometri yang dihasilkan hampir menyerupai aslinya. Selain itu, waktu pengamatan yang relatif singkat dan dilakukan berulang secara konsisten dan cepat (Prahasta, 2009).

Kelebihan pada teknologi penginderaan jauh adalah dimilikinya resolusi temporal (pengulangan) yang dapat digunakan pada aktivitas monitoring (pengamatan) dengan cakupan wilayah yang luas dan menjangkau wilayah yang sulit terjangkau. Selain itu, bentuk data digital yang mudah diakses dapat digunakan berbagai macam aktivitas berdasarkan kebutuhan pada cabang ilmu pengetahuan (Ekadinata *et al.*, 2008). Ilmu pengetahuan yang berkembang, turut serta mewujudkan pemanfaatan data penginderaan jauh atau sistem informasi geografis (SIG) berbasis satelit banyak dilakukan pengembangan pada wilayah pesisir, pulau-pulau, dan kelautan. Salah satu kegiatan yang dilakukan pada wilayah pesisir, pulau-pulau, dan kelautan adalah upaya mitigasi bencana yang mengkaji tentang kerentanan dan risiko bencana suatu wilayah.

Data penginderaan jauh yang digunakan dalam mitigasi bencana adalah *Digital Elevation Model* Nasional (DEMNAS) yang diperoleh dari Indonesia Geospatial Portal (2022) Data tersebut merupakan visualisasi topografi atau ketinggian muka tanah yang dibangun berdasarkan hasil interpolasi deterministik (Putra dan Marfai, 2012). Pendapat tersebut dilengkapi oleh Budiyanto (2010), yang mengemukakan DEM berisi informasi koordinat posisi (x,y), dan elevasi (z) pada setiap pikselnya. Data DEM secara nasional adalah integrasi beberapa data seperti, IFSAR (resolusi 5 m),

TERRASAR-X (resolusi 5 m) dan ALOS PALSAR (11,25 m). Dengan data yang bervariasi, DEMNAS memiliki resolusi spasial yakni 0.27 arc-second . Menurut EGM (2008), bahwa datum atau referensi vertikal yang digunakan adalah EGM. Data yang terintegrasi tersebut ditambahkan dengan titik ikat (*mass point*) melalui proses asimilasi. *Mass point* adalah titik-titik yang memuat koordinat dalam bentuk tiga dimensi yaitu, x, y, dan z di permukaan bumi. Proses asimilasi data DEMNAS menggunakan GMT-*surface* dengan tension 0,32 (Hell dan Jakobsson, 2011).

Selain data DEM, perangkat lunak Google Earth sering dimanfaatkan sebagai data dukung penginderaan jauh yang bersumber dari citra satelit. Google Earth dimanfaatkan berbagai cabang ilmu pengetahuan, seperti geologi, kelautan, dan bahkan sosial. Perangkat lunak tersebut memberikan kemudahan untuk mengakses informasi di suatu wilayah tanpa harus melakukan survei lapangan (Dougald *et al.*, 2015).

Arc Gis adalah salah satu software penginderaan jauh yang dikembangkan oleh ESRI (Environment Science & Research Institute). Salah satu manfaat aplikasi Arc Gis adalah untuk mitigasi bencana seperti memetakan distribusi bangunan sarana dan prasarana. Dalam penerapannya adalah pembuatan jaringan jalan dan digitasi bangunan untuk mengklasifikasi kelas kerentanan (Widharma dan Sulaiman 2017).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 4-10 Februari 2023 di Kecamatan Pulau Pisang, Kabupaten Pesisir Barat, Provinsi Lampung pada titik koordinat $5^{\circ}7'15,000''$ LS dan $103^{\circ}50'45,138''$ BT. Kemudian dilanjutkan pengolahan data hingga Oktober 2023. Peta lokasi penelitian disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta lokasi penelitian

Secara topografi keadaan wilayah sepanjang Pesisir Barat termasuk Pulau Pisang yang pada umumnya datar sampai berombak dengan kemiringan berkisar 3 % sampai dengan 5 %. Bagian timur Pulau Pisang terdiri dari 3 desa yang merupakan dataran tinggi dan berbukit. Desa tersebut adalah Desa Sukamarga, Desa Pekon Lok, dan Desa Bandar Dalam. Kemudian 3 desa yang pemukimannya berhadapan langsung dengan laut adalah Desa Labuhan dan Desa Pasar Pulau Pisang, sedangkan Desa Sukadana diapit oleh Desa Labuhan, Desa Pasar Pulau Pisang dan Desa Sukamarga (Badan Pusat Statistik Kabupaten Pesisir Barat, 2023).

Batas ruang penelitian ditentukan berdasarkan pada rujukan dan diskusi dengan beberapa akademisi ahli di bidang mitigasi bencana perairan. Pertimbangan yang diambil untuk memilih wilayah ini disebabkan Pulau Pisang merupakan pulau kecil di Kabupaten Pesisir Barat pada daerah yang berhadapan langsung dengan kawasan *megathrust* gempa bumi. Aktivitas tektonik di kawasan ini dapat memicu bencana tsunami. Pernyataan di atas sejalan dengan pemikiran Ibrahim (2015), bahwa bagian barat Pulau Sumatera merupakan daerah yang rawan terhadap bencana tsunami sebab wilayah ini berhadapan langsung dengan wilayah pertemuan lempeng Eurasia dan Australia. Berdasarkan fakta sains tersebut tentunya perlu adanya upaya mitigasi sebagai bentuk pelayanan dan perlindungan kehidupan sosial dan lingkungan, khususnya di Pulau Pisang.

3.2 Alat dan Bahan

Berikut alat dan bahan yang digunakan untuk menunjang penelitian ini disajikan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Alat dan bahan penelitian.

No	Nama alat dan bahan	Fungsi
1.	Laptop	Perangkat untuk mengolah data.
2.	Kamera	Perangkat untuk dokumentasi.
3.	Data kependudukan	Data digunakan untuk mengkaji kerentanan sosial

Tabel 1. Alat dan bahan penelitian (lanjutan).

No	Nama alat dan bahan	Fungsi
4.	Aplikasi sistem spasial	Aplikasi sistem spasial digunakan untuk pembuatan peta wilayah, peta klasifikasi kerentanan bangunan, kemiringan lahan dan tutupan lahan, serta peta pemodelan genangan tsunami.
5.	Peta Dasar Rupa Bumi Indonesia	Data digunakan untuk pembuatan peta dasar wilayah penelitian, jaringan jalan dan peta jarak garis pantai.
6.	DEMNAS	Data digunakan untuk pembuatan peta kemiringan lahan (<i>slope</i>), model rendaman tsunami, dan tutupan lahan.
7.	Citra Sentinel-2b dan Google Earth	Data digunakan untuk membuat peta jaringan jalan dan digitasi kelas kerentanan bangunan dan pembuatan peta rendaman tsunami.
8.	GPS (<i>global positioning system</i>)	Alat digunakan untuk melakukan pengecekan lapangan (<i>ground check</i>).

3.2.1 Pengumpulan Data

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dengan melakukan observasi langsung di lokasi penelitian yang terdiri dari kerentanan fisik dan kerentanan sosial. Adapun yang dimaksud dengan kerentanan fisik yakni, kelas kerentanan bangunan dengan indikator fungsi bangunan, jumlah lantai, berpenghuni atau tidaknya bangunan tersebut, dan pengecekan lapangan (*ground check*) sebagai bentuk validasi hasil interpretasi objek berdasarkan pengamatan penginderaan jauh. Adapun, kerentanan sosial diidentifikasi menurut kepadatan penduduk, rasio jenis kelamin (wanita), rasio kelompok rentan (usia, disabilitas, dan ibu hamil), dan rasio rumah tangga (KK) miskin.

Adapun data sekunder digunakan sebagai data perbandingan dengan data primer. Data sekunder diperoleh dari pemangku kepentingan (*stakeholder*) atau pemerintah terkait. Data sekunder dapat juga diperoleh dari studi pustaka dalam bentuk buku,

jurnal, artikel dan website yang dapat dipertanggungjawabkan. Menurut Harti (2009), bahwa data sekunder diperoleh secara implisit dari subjek atau objek yang sedang diteliti, akan tetapi melalui pihak terkait seperti instansi atau lembaga, membaca sebuah buku, literatur, laporan statistik serta hasil riset penelitian sebelumnya yang masih relevan.

3.3 Metode Penelitian

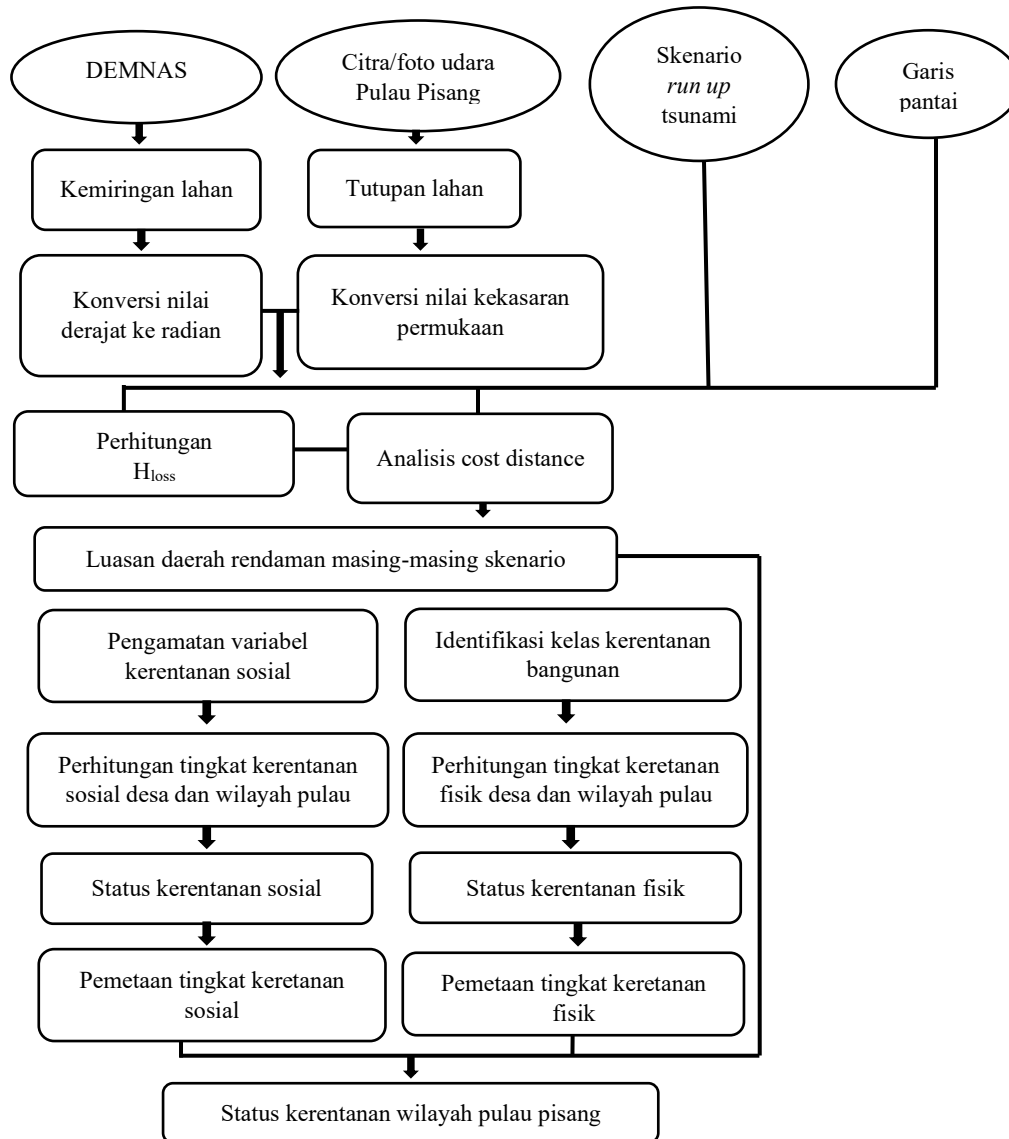
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif. Pendekatan secara kuantitatif adalah sebuah pendekatan yang menghubungkan suatu variabel yang dianalisis melalui data numerik (angka). Pendekatan ini diterapkan untuk mendukung tujuan daripada penelitian yang akan dilaksanakan, yakni mengidentifikasi daerah rendaman tsunami, menganalisis kerentanan sosial dan fisik serta efektivitas evakuasi.

Dalam pandangan Sugiyono (2012), bahwa pendekatan kuantitatif diolah dengan didasarkan pada data tematik untuk menggambarkan suatu kondisi. Pendekatan ini dinilai berdasarkan suatu fenomena dengan klasifikasi yang relatif dan bersifat tetap, terukur, konkret, serta memiliki keterkaitan yang berindikasi pada sebab akibat.

3.4 Prosedur Kerja

Analisis kerentanan wilayah terhadap tsunami mengkaji 2 variabel kerentanan yakni variabel sosial dan fisik. Variabel kerentanan sosial dikaji melalui pengamatan kepadatan penduduk, jumlah wanita, kelompok rentan, dan KK miskin di setiap desa di Pulau Pisang. Setelah pengkajian, maka dilanjutkan dengan melakukan perhitungan dan pemetaan untuk menentukan status kerentanan sosial di masing-masing desa dan wilayah Pulau Pisang. Variabel fisik dikaji melalui identifikasi tingkat kerentanan bangunan sarana dan prasarana di setiap desa. Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan dan pemetaan untuk menentukan status kerentanan fisik di setiap desa dan wilayah di Pulau Pisang. Selain itu, pada penelitian ini dilakukan permodelan luasan daerah rendaman tsunami melalui pengamatan kondisi kemiringan lahan, tutupan lahan, skenario *run up* tsunami, dan garis pantai.

Proses selanjutnya adalah menentukan tingkat kerentanan wilayah Pulau Pisang, dan dilanjutkan dengan perhitungan dan pemetaan yang didasarkan pada setiap hasil masing-masing variabel dan pemodelan rendaman tsunami untuk menentukan status kerentanan wilayah Pulau Pisang. Prosedur kerja pada penelitian ini disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Prosedur kerja

3.4.1 Identifikasi Daerah Rendaman Tsunami

Identifikasi daerah rendaman didasarkan dengan perhitungan sistematis yang didasarkan pada kemiringan lahan, penggunaan lahan, dan rasio ketinggian gelombang.

3.4.1.1 Kemiringan Lahan (*slope*)

Identifikasi daerah rendaman bertahap pada analisis kemiringan lahan dengan menggunakan data DEMNAS (*digital elevation model nasional*). Data DEM diperoleh dari BIG (Badan Informasi Geospasial) yang selanjutnya diolah menjadi peta kemiringan lahan (*slope*). Kemiringan menjadi salah satu bagian dalam memodelkan daerah rendaman tsunami, yang dalam hal ini terjal dan landainya daratan menentukan jangkauan tsunami di suatu wilayah. Wilayah dengan kontur yang lebih tinggi jauh lebih aman dari jangkauan gelombang tsunami (Oktariadi, 2009). Peta kemiringan lahan dibuat dengan prosedur dan indikator yang disajikan pada Tabel 2.

- Pengolahan data *slope*

Pengolahan data *slope* menggunakan data DEM yang diinput ke dalam *tools slope* yang terdapat pada *3D analysis tools* dan *raster surface*.

- *Reclassify* data *slope*

Data *slope* dikelaskan ke dalam 5 kelas melalui *tools reclassify* yang terdapat pada *3D analysis tools* dan *raster reclass*. Proses ini bertujuan untuk membagi tingkat kerentanan dari kemiringan lahan terhadap gelombang tsunami.

- *Dissolve* atribut

Proses *dissolve* dibagi ke dalam 5 atribut yang bertujuan untuk memudahkan identifikasi persentase tingkat kerentanan. Proses *dissolve* menggunakan *tools dissolve* yang terdapat pada bagian *geoprocessing*.

Tabel 2. Tingkat kemiringan lahan.

<i>Slope (%)</i>	Tingkat kemiringan lahan
< 8	Datar
8-15	Landai
16-25	Agak curam
26-40	Curam
>40	Sangat curam

Sumber: Kementerian Kehutanan, (2013).

3.4.1.2 Tutupan Lahan (*Land Cover*)

Pemetaan tutupan lahan bertujuan untuk menilai tingkat kekasaran permukaan yang akan berdampak pada besaran gelombang tsunami yang menghantam daratan. Peta tutupan lahan dibuat dengan prosedur sebagai berikut;

- Pengolahan citra satelit

Citra satelit dipertajam di dalam perangkat lunak Arc Map dengan mengkombinasikan warna RGB *true color* pada *band* tertentu. Citra satelit yang digunakan pada penelitian ini adalah citra Sentinel-2b dengan kombinasi band warna 4-3-2.

- Pemotongan citra (*cropping*)

Kombinasi citra yang terdapat pada setiap kanal selanjutnya dipotong (*cropping*) menggunakan peta administrasi wilayah Pulau Pisang. Pemotongan citra bertujuan untuk memudahkan analisis citra dan memperkecil ukuran citra. Proses ini dilakukan di dalam perangkat lunak Arc Map.

- Klasifikasi tak terbimbing (*classification unsupervised*)

Klasifikasi tak terbimbing (*classification unsupervised*) dilakukan setelah melakukan pemotongan citra agar dapat menampilkan peta tutupan lahan. Proses klasifikasi tak terbimbing ini dilakukan pada perangkat lunak Arc MAP dengan menggunakan *tools classification* lalu dipilih *ISO cluster unsupervised classification*, kemudian dilanjutkan dengan mengidentifikasi jenis tutupan lahan dengan cara membandingkannya dengan pengecekan secara langsung (*ground check*) untuk mengelompokkan kelas penggunaan lahan yang sama, sehingga dapat menentukan koefisien kekasaran.

Menurut Abdillah dan Firman (2020), pembuatan peta tutupan lahan yang didasarkan dengan koefisien kekasaran dimaksudkan sebagai gambaran nyata di lapangan saat gelombang tsunami merambat di wilayah daratan. Berikut nilai koefisien kekasaran disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai koefisien kekasaran tutupan lahan.

No.	Tutupan lahan	Nilai koefisien kekasaran
1.	Lahan kosong/terbuka	0,015
2.	Lahan pertanian	0,025
3.	Kebun	0,035
4.	Belukar/semak	0,040
5.	Pemukiman	0,045
6.	Hutan	0,070

Sumber : Badan Nasional Penanggulangan Bencana, (2023).

3.4.1.3 Pemodelan Daerah Rendaman Tsunami.

Pemodelan daerah rendaman tsunami dianalisis menggunakan tiga peta yakni, kemiringan lahan, tutupan lahan, dan garis pantai. Pemodelan daerah rendaman tsunami diperoleh dengan perhitungan sistematis yang dikembangkan oleh Berryman (2006), yang didasarkan pada perhitungan hilangnya ketinggian tsunami per 1 meter dari jarak inudasi (ketinggian genangan). Berikut persamaan perhitungan yang digunakan untuk memodelkan daerah rendaman tsunami yaitu:

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

Keterangan :

H_{loss} : Nilai penurunan air saat masuk ke daratan

n : Koefisien kekasaran

H_0 : Tinggi tsunami pada garis pantai

S : *Slope*/kemiringan lahan

Tahapan pemodelan genangan tsunami adalah sebagai berikut:

1. Data DEM dimasukkan, lalu dikonversi nilainya menjadi derajat menggunakan *tools slope*.
2. Hasil yang telah didapat dikalikan dengan 5 Sin S menggunakan *tools raster calculator*.
3. Peta tutupan lahan dimasukkan, kemudian dikali dengan 167.
4. Hasil yang telah didapat dibagi dengan ketinggian tsunami yang dimasukkan (10 m), lalu dipangkatkan 1/3.

5. $5 \sin S$ yang sudah didapat dari perhitungan sebelumnya, ditambahkan.
6. Hasil h_{loss} didapatkan.
7. Hasil h_{loss} yang telah didapat, dikoneksikan dengan data garis pantai menggunakan *tools cost distance* untuk mendapatkan peta genangan tsunami.

Alur pemodelan genangan tsunami menggunakan *tools model builder* disajikan pada Gambar 6.

Proses perhitungan area terendam adalah dengan mengkonversi luasan area terendam tsunami dari satuan (ha) menjadi skor persentase. Luasan tersebut didapat menggunakan *tools calculate geometry* yang terdapat di dalam aplikasi Arc Gis. Perhitungan ini ditujukan untuk mendapatkan kesimpulan status kerentanan wilayah terendam berdasarkan masing-masing skenario (Hidayatullah, 2015). Perhitungan tersebut menggunakan persamaan sebagai berikut:

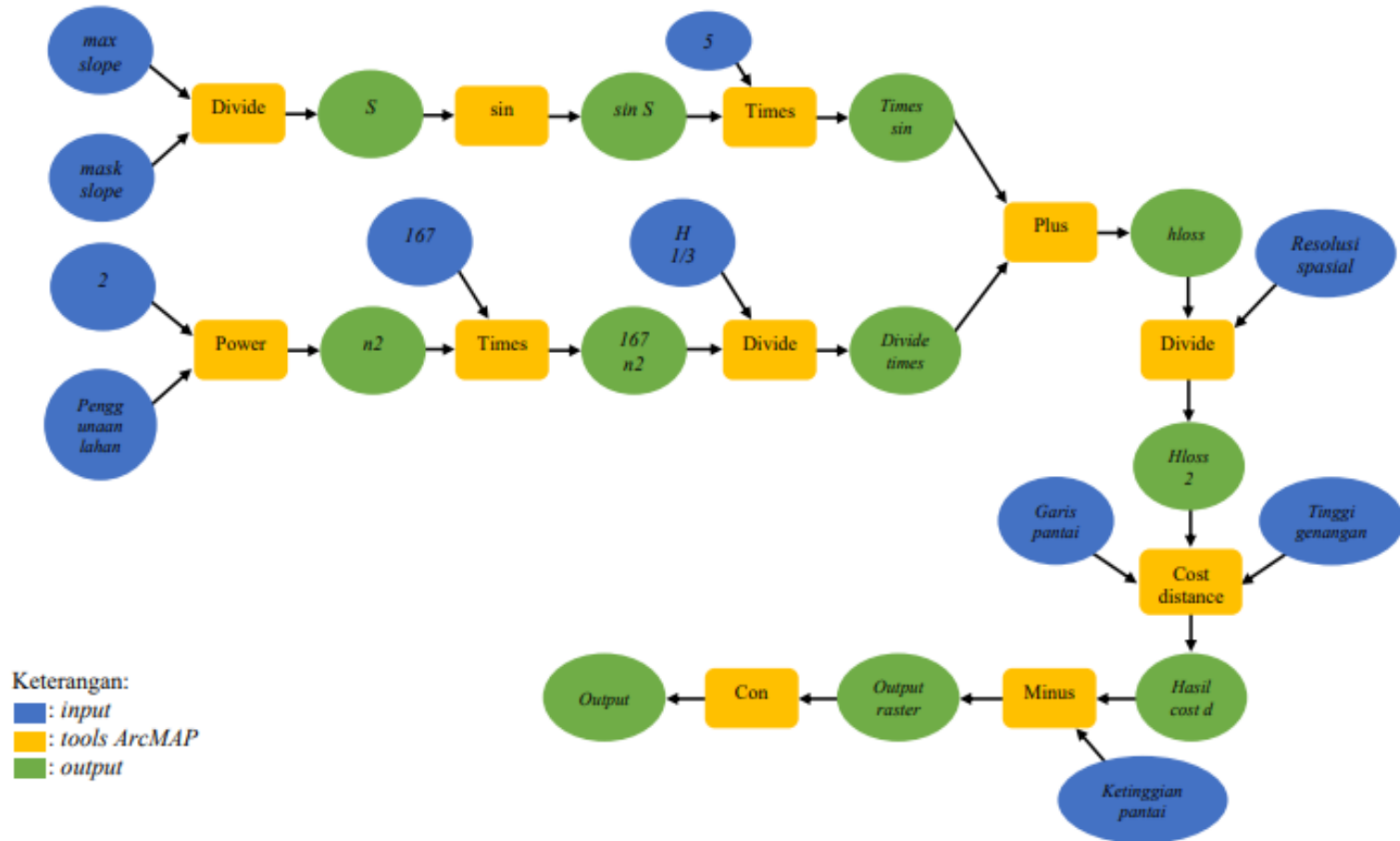
$$\text{Persentase area terendam (\%)} = \frac{\text{Luas area terendam}}{\text{Luas area total}} * 100$$

Berikut konversi skor persentase status kerentanan wilayah terendam yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Klasifikasi skor tingkat kerentan wilayah terendam.

Skor (%)	Status
0-20	Tidak rentan
20-40	Kurang rentan
40-60	Cukup rentan
60-80	Rentan
> 80	Sangat rentan

Sumber: Bretschneider dan Wybro, (1976).



Gambar 6. Model builder permodelan daerah rendaman tsunami

Berikut penjelasan masing-masing skor yang digunakan, yakni;

- Skor 0-20 % (tidak rentan), Bretschneider dan Wybro (1976), menyatakan bahwa menekankan pentingnya mitigasi dan perlindungan dalam mengurangi kerentanan. Dalam hal ini, indikator menunjukkan bahwa perlindungan yang ada sudah sangat baik, sehingga dampak kerentanan tsunami sangat minim.
- Skor 20-40 % (kurang rentan), bahwa walaupun kerentanan sedikit lebih tinggi, faktor perlindungan yang ada sudah cukup untuk mengelola kerentanan dengan baik, tetapi perbaikan lebih lanjut masih diperlukan.
- Skor 40-60 % (cukup rentan), ini menunjukkan adanya beberapa faktor kerentanan yang signifikan terhadap tsunami, dengan perlindungan yang ada tidak sepenuhnya memadai.
- Skor 60-80 % (rentan), berarti ada kerentanan yang signifikan dan perlindungan yang ada mungkin tidak memadai. Wilayah ini menghadapi ancaman yang cukup besar dari tsunami, dan perhatian serta intervensi lebih mendalam sangat diperlukan untuk mengurangi dampak.
- Skor lebih dari 80 % (sangat rentan), menunjukkan bahwa wilayah tersebut sangat rentan terhadap tsunami. Faktor-faktor rentan yang sangat tinggi dan perlindungan yang ada sangat tidak memadai, sehingga membuat wilayah ini sangat rentan terkena dampak besar dari tsunami.

3.4.2 Analisis Kerentanan Sosial

Indikator kerentanan sosial mengacu pada Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana. Pada regulasi tersebut ditetapkan indikator yaitu, rasio kepadatan penduduk (60%), rasio jenis kelamin (wanita) (15%), rasio kelompok rentan (usia, disabilitas, dan ibu hamil) sebesar (15%), dan rasio rumah tangga (KK) miskin (10%). Sementara itu, tingkat kerentanan sendiri dibagi dalam lima kelas, yakni dari tingkatan tidak rentan, kurang rentan, cukup rentan, rentan, dan sangat rentan. Berikut indikator konversi indeks dan persamaan yang disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Indikator konversi indeks dan persamaan.

Faktor (a)	Jumlah (b)	Proporsi* (c)	Skor**	Bobot %
Kepadatan penduduk	PU	(b) / Total penduduk	(c) / nilai maksimum proporsi	60
Wanita	W	(b) / Total wanita	(c) / nilai maksimum proporsi	15
Kelompok rentan***	U	(b) / Total kelompok rentan	(c) / nilai maksimum proporsi	15
KK miskin	D	(b) Total KK miskin	(c) / nilai maksimum proporsi	10

* menentukan faktor dari setiap desa dibagi dengan jumlah total dalam kecamatan

** nilai yang sama untuk semua tempat pada semua variabel sosial

*** jumlah kelompok rentan (usia rentan (0 - 14 tahun dan > 65 tahun), ibu hamil, dan penyandang disabilitas)

Sumber: Perka BNPB No. 2 Tahun 2012.

Proses perhitungan di atas dijelaskan sebagai berikut yang diambil pada sampel kepadatan penduduk :

- Langkah 1 Nilai masing-masing faktor untuk menentukan rasio skor dihitung dengan persamaan berikut ini.

$$= \left(0,60 * \frac{\text{Log} \left(\frac{\text{Kepadatan Penduduk}}{0,01} \right)}{\text{Log} \left(\frac{100}{0,01} \right)} \right)$$

Keterangan: Nilai 0,60 adalah nilai bobot dari faktor kepadatan penduduk yakni (60%), sesuai dengan Tabel 5.

- Langkah 2 : Untuk mendapatkan nilai konversi status kerentanan adalah dengan menjumlahkan seluruh nilai maksimum masing-masing faktor.

Nilai konversi status kerentanan: Kepadatan penduduk + Wanita + Kelompok rentan
+ KK miskin

Dari nilai yang didapatkan berdasarkan metode perhitungan di atas, dilanjutkan dengan mengonversi nilai menjadi status kerentanan. Berikut nilai konversi status kerentanan sosial, yang disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Klasifikasi skor tingkat kerentanan sosial.

Skor (%)	Status kerentanan
0 – 15	Tidak rentan
16 – 25	Kurang rentan
26 – 35	Cukup rentan
36 – 45	Rentan
> 45	Sangat rentan

Sumber: Perka BNPB No. 2 Tahun 2012.

Indikator kerentanan sosial di atas, dapat diselaraskan dengan sudut pandang Cutter *et al.* (2008), yang menjadi acuan Perka BNPB No 2. Tahun 2012, dengan penjelasan sebagai berikut:

- Skor 0-15 % (tidak rentan), dalam kategori ini, indikator kerentanan sosial menunjukkan bahwa komunitas atau individu memiliki akses yang baik terhadap sumber daya, dukungan sosial, dan kemampuan untuk menghadapi bencana dengan baik. Menurut Cutter *et al.* (2008), kelompok yang tidak rentan biasanya memiliki tingkat pendapatan yang tinggi dan jangkauan yang memadai terhadap layanan kesehatan dan sosial.
- Skor 16-25 % (kurang rentan), skor ini menunjukkan bahwa meskipun komunitas atau individu memiliki beberapa faktor perlindungan, masih ada beberapa kelemahan. Misalnya, ada beberapa keterbatasan dalam jangkauan ke layanan atau dukungan sosial, tetapi kerentanan secara umum masih rendah.
- Skor 26-35 % (cukup rentan), pada tingkat ini, indikator menunjukkan bahwa ada beberapa kelemahan signifikan yang dapat memengaruhi kemampuan komunitas atau individu untuk menghadapi bencana. Ini bisa mencakup masalah seperti pendapatan rendah, kurangnya jangkauan ke layanan penting, atau ketidakmampuan untuk mengakses dukungan sosial secara efektif.
- Skor 36-45 % (rentan), dalam kategori ini, komunitas atau individu memiliki kerentanan yang cukup tinggi. Faktor-faktor seperti kemiskinan, pendidikan

rendah, dan keterbatasan dalam jangkauan ke layanan sosial, dan kesehatan membuat mereka cenderung rentan terhadap dampak bencana.

- Skor lebih dari 45 % (sangat rentan), skor ini mencerminkan kerentanan yang sangat tinggi, di mana komunitas atau individu mungkin menghadapi banyak tantangan dalam mengakses sumber daya dan dukungan. Faktor-faktor seperti kemiskinan ekstrem, pendidikan yang sangat rendah, dan kurangnya jangkauan ke layanan dasar membuat mereka sangat rentan terhadap dampak bencana.

Hasil akhir dari analisis kerentanan sosial ini akan dimuat ke dalam bentuk tabel dan peta tematik. Tabel dan peta tematik tersebut memberikan gambaran tingkat kerentanan sosial di masing-masing desa yang terdapat di Kecamatan Pulau Pisang. Hal ini bertujuan agar hasil penelitian dapat lebih mudah dipahami.

3.4.3 Analisis Kerentanan Fisik

Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana menjelaskan 2 parameter dari komponen kerentanan fisik yakni, kerentanan bangunan sarana, dan prasarana. Indikator dalam kerentanan fisik adalah rumah penduduk, ketersediaan bangunan fasilitas umum, dan fasilitas kritis. Penilaian indikator kerentanan fisik mengacu pada Friedrich (2007), dengan mengidentifikasi kelas kerentanan bangunan di setiap desa yang terdapat di lokasi penelitian yang ditentukan pada Gambar 7. Sebelum dilakukan observasi di lokasi penelitian, perlu dilakukan proses digitasi *polygon* bangunan Pulau Pisang. Data ini diperoleh melalui digitasi bangunan yang diambil dari citra (Google Earth) dan diolah dengan aplikasi Arc Gis 10.8. Berikut contoh gambar penilaian kerentanan disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Contoh penilaian kerentanan fisik
Sumber : Friedrich, (2007).

Gambar di atas memberikan penjelasan mengenai tingkat kerentanan fisik yang terdiri atas 5 kelas, yakni kelas kerentanan A, B, C, D, dan E. Masing-masing kelas ditentukan berdasarkan tipe dan karakteristik bangunan. Berikut penjelasan masing-masing kelas tersebut.

- A. Bangunan individu dengan struktur kayu, penyelesaian dari batu bata dan kayu. Atap yang digunakan yakni genteng atau baja lembaran mentah. Beberapa di antaranya, berlantaikan tanah, dan bertumpu pada tiang pancang.
- B. Bangunan individu dengan bahan baku beton dan kayu. Jumlah lantai dimulai dari 1-2, dan beratapkan baja lembaran menta atau dicat, dan ubin berpanel.
- C. Bangunan invidu yang diperkuat dengan struktur beton, dan tersusun atas batu bata. Bangunan berjumlah 1-2 lantai dan memiliki atap panel ubin berwarna warna merah, abu-abu, biru, dan hijau.
- D. Bangunan fasilitas umum dalam bentuk kolektif atau inividu dengan jumlah lantai yakni 1-3. Bangunan menggunakan atap berbahan baku lembaran baja, dan panel ubin.

- E. Bangunan kolektif yang memiliki jumlah lantai 1-3 atau lebih dengan struktur beton bertulang, dan atap yang bervariasi.

Klasifikasi kerentanan fisik dilanjutkan dengan melakukan perhitungan melalui pemberian bobot yang disesuaikan pada wilayah penelitian (Friedrich, 2007). Berikut pembobotan kerentanan fisik yang disajikan pada Tabel 7 berikut ini.

Tabel 7. Perhitungan klasifikasi kerentanan fisik.

Kelas	Jumlah	Persentase	Bobot	Skor (%)
A			50	
B			25	
C			15	
D			7	
E			3	
Total				

Pemberian bobot pada kelas A dan B yang lebih besar dibandingkan dengan bobot untuk kelas C hingga E adalah hasil pertimbangan dengan memperhatikan bahwa kelas bangunan A dan B merupakan bangunan yang sangat rentan. Sementara itu, kelas bangunan E adalah bangunan yang paling kuat. Dalam hal ini menurut Friedrich, (2007), kelas kerentanan bangunan A dan B adalah bangunan yang dikategorikan sebagai bangunan yang sangat rentan, dan rentan. Dengan demikian dalam melakukan pembobotan perlu dipertimbangkan sebagai bobot yang paling besar.

Pendapat yang menunjukkan sangat rentannya bangunan kelas A dan B diperkuat oleh pernyataan Zulfiar (2014), bahwa kerentanan bangunan secara teknis disebabkan beberapa faktor, yaitu lokasi/topografi, penggunaan material (kayu, batu, dan karang) dan bentuk bangunan yang kurang sesuai, kualitas, dan sistem bangunan yang kurang memadai seperti (tumpuan tiang pancang) dengan tingkat kerawanan daerah gempa, kondisi bangunan kurang terawat.

Proses perhitungan di atas dapat dijelaskan sebagai berikut (contoh sampel pada kelas kerentanan A):

1. Langkah 1: Jumlah kelas A ditentukan, kemudian dibagi dengan jumlah total seluruh kelas, dan dikali 100% untuk mendapatkan nilai persentase.

$$\text{Persentase: } \frac{\text{Jumlah total kelas A}}{\text{Jumlah total kelas}} * 100\%$$

2. Langkah 2: Skor dihitung dengan melakukan perkalian antara nilai persentase dengan bobot masing-masing kelas.

$$\text{Skor (\%): } \text{Persentase} * 0,50 \text{ (bobot)}$$

3. Langkah 3: adalah menjumlahkan total masing-masing skor kelas.

$$\text{Total: } \text{Skor A} + \text{Skor B} + \text{Skor C} + \text{Skor D} + \text{Skor E}$$

Setelah mendapatkan data kerentanan fisik berdasarkan klasifikasi kelas kerentanan, maka dilanjutkan dengan mengidentifikasi jumlah fisik (bangunan) terendam setiap desa berdasarkan skenario rendaman tsunami yang sudah ditentukan. Data jumlah bangunan terendam tersebut, dikonversi ke dalam skor dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Skor fisik terendam} = \frac{\text{Jumlah Fisik Terendam}}{\text{Jumlah Total Fisik}}$$

Skor yang didapatkan, baik dari kerentanan fisik berdasarkan klasifikasi bangunan dan jumlah bangunan terendam, dilanjutkan dengan menghitung skor akhir kerentanan fisik keseluruhan yang dibuat pada masing-masing desa dan Kecamatan Pulau Pisang melalui persamaan berikut.

$$\text{Skor kerentanan fisik} = (\text{Skor klasifikasi kerentanan fisik} * 0,35) + (\text{Skor fisik terendam} * 0,65)$$

Bobot 35% untuk klasifikasi kerentanan fisik dalam perhitungan skor kerentanan fisik didasarkan pada studi yang menunjukkan bahwa material dan struktur bangunan memainkan peran penting dalam menentukan kerentanan fisik. Misalnya, bangunan yang dibangun dengan bahan tahan gempa atau tsunami cenderung lebih mampu bertahan. Hal ini diperkuat dengan hasil penelitian Tierney dan Bruneau (2007), bahwa rancangan struktural dan metode konstruksi juga memengaruhi tingkat kerentanan bangunan terhadap ancaman fisik. Bangunan dengan rancangan yang baik dan konstruksi yang kokoh lebih mampu bertahan terhadap tekanan lingkungan seperti gempa dan tsunami.

Adapun, bobot 65% untuk fisik yang terendam dalam perhitungan skor kerentanan fisik didasarkan pada literatur yang menunjukkan bahwa dampak terendam air seperti tsunami sering kali lebih signifikan dan langsung terhadap kerentanan fisik. Pendekatan ini memastikan bahwa penilaian kerentanan lebih fokus pada ancaman yang kritis dan berdampak besar, yaitu terendam air. Pernyataan di atas, diperkuat dengan hasil pernyataan Smith dan Petley (2009), bahwa genangan air sering mengakibatkan kerusakan fisik yang signifikan pada infrastruktur, bangunan, dan lingkungan. Dampak langsung ini mencakup kerusakan struktural, degradasi material, dan penurunan fungsi bangunan. Bangunan yang memiliki struktur kuat tetap memiliki kerusakan yang signifikan apabila terdampak gelombang tsunami yang besar. Oleh sebab itu, bobot fisik terendam dipertimbangkan memiliki nilai yang lebih tinggi dari klasifikasi kerentanan fisik (bangunan).

Hasil skor kerentanan fisik yang didapatkan, dapat dikonversi ke dalam status kerentanan fisik yang dikategorikan ke dalam tiga kelas kerentanan, yakni rendah, sedang, dan tinggi. Berikut nilai indikator kelas kerentanan fisik yang disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Indikator kelas kerentanan fisik.

Skor (%)	Status kerentanan
0-20	Rendah
21-50	Sedang
> 50	Tinggi

Sumber: Elnashai dan Di Sarno (2008), dengan modifikasi.

Berikut penjelasan masing-masing skor yang digunakan, yakni:

- Skor 0-20 % (rendah), menunjukkan bahwa bangunan memiliki kerentanan fisik yang relatif rendah terhadap ancaman seperti gempa bumi, tsunami, atau bencana fisik lainnya. Dalam konteks Elnashai dan Di Sarno (2008), ini berarti bahwa bangunan tersebut mungkin dirancang dengan baik, menggunakan material yang tahan terhadap stres dan bencana, serta memiliki fitur perlindungan yang efektif.
- Skor 21-50 % (sedang), menunjukkan bahwa bangunan dalam kategori masih ada kelemahan yang dapat meningkatkan risiko terhadap kerusakan fisik. Hal ini mungkin mencakup struktur yang tidak sepenuhnya sesuai dengan standar mungkin memerlukan perbaikan untuk mengurangi kerentanan secara signifikan (Elnashai dan Di Sarno, 2008).
- Skor lebih dari 50 % (tinggi), menunjukkan bangunan dalam kategori ini mungkin memiliki desain yang tidak memadai, material yang buruk, atau kekurangan dalam sistem perlindungan. Elnashai dan Di Sarno (2008), mencatat bahwa bangunan dengan kerentanan tinggi mungkin mengalami kerusakan signifikan, bahkan dalam bencana dengan intensitas moderat.

Hasil akhir dari analisis kerentanan fisik ini akan dimuat ke dalam bentuk tabel dan peta tematik. Tabel dan peta tematik tersebut bertujuan untuk memberikan gambaran tingkat kerentanan fisik di masing-masing desa yang terdapat di Kecamatan Pulau Pisang. Hal ini bertujuan agar hasil penelitian dapat lebih mudah dipahami.

3.4.4 Penentuan Tingkat Kerentanan Wilayah.

Kriteria yang digunakan untuk tingkat kerentanan wilayah Pulau Pisang terhadap bencana tsunami adalah daerah rendaman tsunami, kerentanan sosial, kerentanan fisik. Masing-masing parameter memiliki karakteristik, fungsi, dan kontribusi yang berbeda dalam menentukan tingkat kerentanan bencana tsunami. Adapun tujuan pemberian skor adalah untuk menilai faktor pembatas dari masing-masing parameter, sedangkan pemberian bobot didasarkan pada dominasi suatu parameter yang dianggap memberikan pengaruh paling dominan terhadap menentukan tingkat kerentanan.

Pengambilan parameter dan nilai skor, serta bobot didasarkan pada hasil modifikasi penelitian sebelumnya dengan melihat suatu parameter tingkat kerentanan di suatu wilayah, dan disesuaikan dengan wilayah penelitian baru dengan konsultasi pembimbing. Penentuan tingkat kerentanan wilayah disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Penentuan tingkat kerentanan wilayah.

No	Parameter	Bobot (%)	Nilai	Skor (%)
1	Rendaman tsunami	25		
2	Kerentanan sosial	45		
3	Kerentanan fisik	30		

Sumber: Perka BNPB No.2 Tahun 2012 dengan modifikasi.

Pemberian bobot ini didasarkan beberapa literatur, sedangkan tabel yang disajikan mengacu pada Perka BNPB No.2 Tahun 2012. Berikut penjelasan masing-masing bobot dari masing-masing parameter.

- Rendaman tsunami (25%), bobot ini mencerminkan pentingnya kerentanan tsunami di wilayah pesisir, namun menyeimbangkan dengan kenyataan bahwa tsunami jarang terjadi dibandingkan dengan dampak frekuensi yang lebih tinggi dari kerentanan sosial dan fisik (McManus *et al.*, 2008).
- Kerentanan sosial (45%), bobot ini mencerminkan pentingnya faktor sosial dalam menentukan kerentanan. Ini menunjukkan bahwa kerentanan sosial tidak hanya memengaruhi sejauh mana dampak bencana dirasakan, tetapi juga

memainkan peran besar dalam proses pemulihan dan kerentanan jangka panjang. Faktor-faktor sosial yang lemah dapat memperburuk efek bencana dan menghambat pemulihan, sehingga memberikan bobot tinggi dalam penilaian keseluruhan (Cutter *et al.*, 2008).

- Kerentanan fisik (30%), bobot ini mencerminkan pentingnya faktor-faktor struktural dan infrastruktur dalam menentukan kerentanan, tetapi juga menunjukkan bahwa kerentanan fisik sering kali bekerja dalam konteks yang lebih luas, terintegrasi dengan kerentanan sosial dan risiko lingkungan. Dengan bobot ini, kerentanan fisik dianggap penting namun kerentanan sosial memegang peranan yang lebih penting dalam penilaian kerentanan wilayah secara keseluruhan (Black *et al.*, 2009).

Total nilai dari skor yang telah didapatkan akan dikaitkan dengan bobot yang dimasukkan ke dalam parameter. Skor pada setiap status kerentanan didapatkan dengan menggunakan persamaan dari Perka BNPB No.2 Tahun 2012;

$$\text{Skor Kerentanan Wilayah} = (\text{Rendaman tsunami} * 0,25) + (\text{Kerentanan sosial} * 0,45) + (\text{Kerentanan fisik} * 0,30)$$

Klasifikasi skor tingkat kerentanan wilayah mengacu pada dasar Perka BNPB nomor 2 Tahun 2012 yang menyerap metode *analytic hierarchy process* (AHP) yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty dimulai pada tahun 1970, dan awalnya dimaksudkan sebagai alat untuk pengukuran perbandingan yang dibuat dengan menggunakan skala penilaian mutlak, yang merepresentasikan berapa banyak satu indikator mendominasi yang lain sehubungan dengan suatu bencana tertentu. Hasil dari perhitungan tersebut yang akan menjadi skor untuk menentukan tingkat kerentanan wilayah terhadap bencana tsunami. Berikut tabel klasifikasi skor kerentanan wilayah yang disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Klasifikasi skor tingkat kerentanan wilayah.

Skor (%)	Status
0-20	Rendah
21-50	Sedang
>40	Tinggi

Sumber: Perka BNPB No.2 Tahun 2012, dengan modifikasi Thomas (1970).

Dalam menentukan bobot tersebut, AHP membantu dalam mengorganisasi dan menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi kerentanan, dan parameter sesuai dengan prinsip-prinsip AHP dalam menentukan klasifikasi skor dari kategori. Berikut penjelasan skor yang disajikan pada Tabel 14 yakni;

- Skor 0-20 % (rendah), bahwa dalam kerangka AHP, kerentanan rendah dianggap sebagai kriteria dengan dampak atau risiko minimal, menunjukkan bahwa wilayah tersebut memiliki tingkat kerentanan yang relatif kecil terhadap ancaman.
- Skor 21-50 % (sedang), menunjukkan bahwa wilayah tersebut memiliki beberapa faktor kerentanan, tetapi tidak dalam tingkat yang ekstrem, sehingga ada risiko yang harus diperhatikan, namun masih dapat dikelola dengan intervensi dan mitigasi yang tepat. Dalam AHP, ini dianggap sebagai kriteria dengan nilai moderat dalam perbandingan terhadap berbagai faktor, dan wilayah ini mungkin memerlukan strategi mitigasi yang lebih terfokus untuk mengurangi kerentanan.
- Skor lebih dari 50 % (tinggi), menunjukkan bahwa wilayah tersebut sangat rentan terhadap ancaman dengan banyak faktor risiko yang signifikan, dan kemungkinan besar memerlukan perhatian serta intervensi mendalam untuk mengurangi dampak risiko. Menurut AHP, kriteria dengan nilai tinggi mencerminkan tingkat risiko yang besar, yang berarti wilayah ini memerlukan prioritas tinggi dalam alokasi sumber daya dan upaya mitigasi.

Hasil akhir dari analisis kerentanan wilayah ini menjelaskan tingkat kerentanan masing-masing desa. Skor akhir yang diperoleh akan menjadi penentu status kerentanan yang telah ditentukan, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Data tersebut akan disajikan dalam bentuk tabel dan peta tematik untuk memberikan gambaran yang lebih mudah dipahami.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Dampak tsunami di Pulau Pisang pada skenario ketinggian 5 meter menyebabkan daerah rendaman seluas 19,06 ha (tidak rentan), pada ketinggian 10 meter menyebabkan daerah rendaman 69,51 ha (cukup rentan), dan pada ketinggian 20 meter menyebabkan daerah rendaman 122,20 ha (sangat rentan).
2. Tingkat kerentanan sosial akibat tsunami di Pulau Pisang termasuk sangat rentan. Adapun tingkat kerentanan fisik ketinggian tsunami 5 meter termasuk sedang, serta pada ketinggian tsunami 10 dan 20 meter termasuk tinggi.
3. Pulau Pisang memiliki tingkat kerentanan sedang terhadap tsunami dengan ketinggian gelombang 5 meter, dan kerentanan tinggi saat ketinggian gelombang tsunami 10 dan 20 meter.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, pemangku kebijakan setempat perlu melakukan sosialisasi yang terkoordinasi dengan BPBD untuk masyarakat sekitar. Kemudian, perlu memperbaiki rencana evakuasi penduduk, membentuk prosedur tetap evakuasi dan tim siaga bencana yang akan membantu mengarahkan penduduk ketika terjadi darurat bencana gempa dan tsunami.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, I. A., dan Firman, F. M. 2020. Pemetaan risiko tsunami berdasarkan skenario ketinggian tsunami di Kecamatan Pasiran Kabupaten Lumajang Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Juvenil*. 1(4): 486-497.
- Arief, M. N. 2010. Gempa Bumi, Tsunami dan Mitigasinya. Balai Informasi dan Konservasi Kebumian Karangsambung LIPI, 7(1) tahun 2010.
- Alexander, D. 2000. Confronting catastrophe: a review of the role of information systems in disaster management. *Natural Hazards Review*, 1(3): 151-158.
- Anisa, M. S., Puji, U. 2022. Kerentanan sosial terhadap Bencana di Kabupaten Bantul Provinsi D.I. Yogyakarta. *Nusantara Hasana Journal*, 2(2): 418-429.
- Anwar, G., Senoaji, G., Hidayat, M. F., dan Iskandar, I. 2020. Tipologi dan resolusi konflik tenurial dalam kawasan hutan konservasi taman wisata alam Pantai Panjang-Pulau Baai di Kota Bengkulu. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2): 323-333.
- Atwater, B. F., Cisternas, M., Torrejón, F., Sawai, Y., Machuca, G., Lagos, M., Eipert, A., Youlton, C., Salgado, I., Kamataki, T., Shishikura, M., Rajendran, C. P., Malik, J. K., Rizal, Y., and Husni, M. 2005. Predecessors of the giant 1960 Chile earthquake. *Springer Nature*, 437: 404–407.
- Badan Koordinasi Nasional Penanganan Bencana (Bakornas PB). 2007. *Pengenalan Karakteristik Bencana dan Upaya Mitigasinya di Indonesia*. Jakarta. 90 hlm.
- Badan Koordinasi Nasional Penanganan Bencana (Bakornas PB). 2007. *Pengenalan Karakteristik Bencana dan Upaya Mitigasinya di Indonesia, Edisi III*. 98 hlm.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). 2016. *RBI (Risiko Bencana Indonesia)*. Badan Nasional Penanggulangan Bencana. Jakarta. 218 hlm.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). 2023. *RBI (Risiko Bencana Indonesia)*. Badan Nasional Penanggulangan Bencana. Jakarta. 296 hlm.

- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Lampung. 2022. Data Statistik Kejadian Gempa. <https://lampung.bmkg.go.id/info/?ase=listlasteg&r=-geofisika>. Diakses pada tanggal 3 Desember 2022.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Pesisir Barat. 2023. *Kecamatan Pulau Pisang Dalam Angka Subdistrict In Figures 2023*. Badan Pusat Statistik. Kabupaten Pesisir Barat. 128 hlm.
- Badrul, M. 2010. Analisis gempa nias dan gempa Sumatera Barat dan kesamaannya yang tidak menimbulkan tsunami. *Jurnal Ilmu Fisika (JIF)*, 2(1): 1-7.
- Bankoff, G., Frerks, G., and Hilhorst, D. 2014. Understanding vulnerability: a multi-dimensional approach. *Disaster Risk Reduction*, 8:1-12.
- Berryman, K. 2006. *Review of Tsunami Hazard and Risk in New Zealand*. Institute of Geological & Nuclear Sciences. Wellington. 140 hlm.
- Black, J. A., Smith, R. B., dan Johnson, T.W. 2009. *Seismic Design and Analysis*. Springer. Berlin. 412 hlm.
- Bretschneider, C. L., dan Wybro, P.G. 1976. *Tsunami: Scientific Popular Book*. Bogor. Scientific. 125 hlm.
- Bryant, E. 2008. *Tsunami: The Underrated Hazard*. Praxis Publishing. Chichester. 320 hlm.
- Budiyanto, E. 2010. *Sistem Informasi Geografis dengan Arc View GIS (1st ed.)*. Yogyakarta: Andi Publisher. 240 hlm.
- Burby, R. J. 2006. Hurricane katrina and the paradoxes of government disaster policy: bringing about wise governmental decisions for hazardous areas. *Sage Journals*, 604(1): 178-187.
- Burton, I., Kates, R.W. dan White, G. F. 1978. *The Environment as Hazard*. Oxford University Press. New York. 240 hlm.
- Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E., dan Webb, J. 2008. A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Environmental Change*, 18(4): 598-606.
- Dall'Osso, F., Gonella, M., Gabbianelli, G., Withycombe, G., dan Dominey, D. H. 2009. A revised (ptva) model for assessing the vulnerability of buildings to tsunami damage. *Natural Hazard Earth System Science*, 9(5): 1557-1565.

- Danny, H. N. 2021. *Riset Sesar Aktif Indonesia dan Peranannya dalam Mitigasi Bencana Gempa dan Tsunami*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Jakarta. 110 hlm.
- Daoed, D., Febriansyah, M., D., dan Masril, S. 2013. Model fisik arah aliran gelombang tsunami di daerah Purus dan Ulak Karang Padang. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 9(2): 20-30.
- Desfandi, M. 2014. Urgensi kurikulum pendidikan kebencanaan berbasis kearifan lokal di Indonesia. *Sosio Didaktika: Social Science Education Journal*, 1(2): 191-198.
- Diposaptono, S. 2003. Mitigasi bencana alam di wilayah pesisir dalam kerangka pengelolaan wilayah pesisir terpadu di Indonesia. *Jurnal Teknologi Reduksi Bencana*, 8(2): 1-8.
- Diposaptono, S. 2007. *Hidup Akrab dengan Gempa dan Tsunami*. PT. Sarana Komunikasi Utama. Bogor. 384 hlm.
- Dominey, H. D., Dunbar, P., dan Papatoma, M. 2006. Estimating probable maximum loss from a future tsunami event in Sydney, Australia. *Natural Hazards*, 39(1): 1-20.
- Dougald, J. W., O'Reilly., dan Glen, S. 2015. Moated sites of the iron age in the mun river valley. Thailand: new discoveries using google earth. *Archaeological Research in Asia*, 3(39). 8-9.
- Ekadinata, A., Dewi, D., Hadi, D., Nugroho, dan Johana. 2008. *Sistem Informasi Geografis untuk Pengelolaan Bentang Lahan Berbasis Sumber Daya Alam. Buku 1: Sistem Informasi Geografis dan Penginderaan Jauh Menggunakan ILWIS Open Source*. World Agriforestry Centre. Bogor. Indonesia. 52 hlm.
- Elnashai, A. S., dan Di Sarno, L. 2008. *Fundamentals of Earthquake Engineering*. Wiley. New Jersey. 480 hlm.
- Fitriani, D., dan Madlazim. 2015. Validitas dan reliabilitas software joko tingkir untuk deteksi dini bencana tsunami di Indonesia menggunakan data lapangan tahun 1992-2014. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, 4(2): 40-45.
- Fitriani, T. L. S. 2014. Analisis bahan bangunan pada daerah rawan gempa dan tsunami di pesisir pantai Teluk Palu. *Jurnal Infrastruktur*, 4(1): 15-21.

- Friedrich, L. 2007. *Caractérisation des Vulnérabilités aux Catastrophes 'Naturelles': Kontribusi une Evaluation Géographique Multirisque (Mouvements de Terrain, Séismes, Tsunamis, Letusan Volcaniques, Cyclones)*. (Tesis). Université Paul Valéry: Montpellier III. Montpellier. 331 hlm.
- Fritz, S., See, L., McCallum, I., Schill, C., Obersteiner, M., van der Velde, M., Boettcher, H., Havlík, P., dan Achard, F. 2011. Highlighting continued uncertainty in global land cover maps for the user community. *Environmental Research Letters*, 6(4): 1-6.
- Fuad, M. A. Z., Effendi, V. R., dan Dewi, C. S. U. 2022. Application of sar remote sensing and geographic information systems (gis) in coastline change studies—a case study of coastline change due to the 2018 tsunami in Tanjung Lesung, Banten. *Asian Journal of Aquatic Sciences*, 5(1): 87–98.
- Gersanandi, Petrus, S., dan Agus, A. 2013. Analisa spasial kerentanan bencana tsunami di Kabupaten dan Kota Pesisir Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Oseanografi*, 2(3): 232-237.
- Hamsar, M., Firman, T., Saiful., Alfanugrah., Usman., dan Muhammad. 2022. Penerapan algoritma MKNN pada data historis gempa bumi yang berpotensi tsunami. *Jurnal Sustainable: Jurnal Hasil Penelitian dan Industri Terapan*, 11 (1): 26-33.
- Handoyo, G., Sutoyo, dan Syaifudin, F. M. 2023. Analisis kerentanan dan penduduk terdampak pada bencana tsunami di Pesisir Selatan Jawa, studi kasus: Kabupaten Cilacap. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 8(2): 77-84.
- Harti, A. M. 2009. *Perubahan Garis Pantai Teluk Jakarta Tahun 1970-2009*. (Skripsi). Universitas Indonesia. Depok. 136 hlm.
- Hell, B., dan Jakobsson. 2011. Gridding heterogeneous bathymetric data sets with stacked continuous curvature splines in tension. *Marine Geophysical Research*, 32(4): 493–501.
- Hidayatullah, S. 2015. Pemodelan tingkat risiko bencana tsunami pada permukiman di Kota Bengkulu menggunakan sistem informasi geografis. *Jurnal Geosains dan Remote Sensing*, 10(2): 14 hlm.
- Himbawan, G. 2010. *Penyebab Tetap Bermukimnya Masyarakat di Kawasan Rawan Banjir Kelurahan Tanjung Agung, Kota Bengkulu*. (Tesis). Universitas Diponegoro. Semarang. 131 hlm.
- Hiraishi, T., dan Harada, K. 2003. Tsunami wave attenuation and coastal vegetation. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 3(1): 55-67.

- Ibrahim, M. I. 2015. *Simulation of Tsunami Run-Up Along Parangtritis Beach*. (Tesis). Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 110 hlm.
- Indonesia Geospatial Portal. 2022. Peta Dasar Rupa Bumi Indonesia. <https://tanahair.-indonesia.go.id/portal-web/>. Diakses pada tanggal 25 Agustus 2022.
- International Strategy for Disaster Reduction (ISDR). 2005. Kerangka Kerja Aksi Hyogo 2005-2015: *Membangun Ketahanan Bangsa dan Komunitas*. Laporan Akhir.
- Irawan, S. 2017. Kondisi hidro-oseanografi perairan Pulau Bintan (studi kasus perairan Teluk Sasah). *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 10(1): 1-13.
- Irfiani. 2005. Developing disaster mitigation education with local wisdom: exemplified in Indonesia schools. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 884(1): 1-12.
- Jacquelyne, W., dan Robert, I. T. 1999. <https://www.usgs.gov/media/images/ringfire>. Diakses pada tanggal 23 November 2022.
- Janah, N. M., Sholikah, R. H., dan Septiana, F. 2020. Identifikasi tingkat kerentanan bencana di Kabupaten Gunung Kidul. *Jurnal MATRA*, 1(1): 59-70.
- Kajitani, Y., Tohoku, T., Kanda, T., Nakajima, M., Matsuo, S., dan Takahashi, M. 2013. Economic impacts caused by the great East Japan earthquake and tsunami. *Natural Hazards*, 71(1): 209-241.
- Kementerian Kehutanan. 2013. Peraturan Direktur Jenderal Bina Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Perhutanan Sosial Nomor: P. 4/V-Set/2013. Jakarta. Kementerian Kehutanan.
- Komar, P. D. 1998. *Beach Processes and Sedimentation (2nd ed.)*. Prentice Hall. New Jersey. 497 hlm.
- Kriyo, S. 1997. Zonasi wilayah pesisir akibat kenaikan muka air laut coastal area zoning due to sea level rise. *Jurnal Permukiman*, 9(3): 148-157.
- Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). 2015. *Pedoman Pengolahan Data Penginderaan Jauh Landsat 8 untuk MPT*. Pusfatja LAPAN. Jakarta. 15 hlm.

- Leonard, C., Rochon, E., dan Laird, L. 2008. Treating naming impairments in aphasia: Findings from a phonological components analysis treatment. *Aphasiology*, 22(9): 923–947.
- Lestari, D. A., Susiloningtyas, D., dan Supriatna, S. 2020. Spatial dynamics model of land availability and population growth prediction in Bengkulu City. *Indonesian Journal of Geography*, 52(3): 427.
- McManus, E. H., Bosserelle, L. C., Campbell, K. D., Gill, J. L., Krammer, R. M., Munro, C. J., dan Smith, P. J. 2008. *Tsunami Risk Assessment and Mitigation: A Global Review*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). 108 hlm.
- Monte, B. E. O., Joel, A.G., Gean, P.C., dan José, R.A.C. 2020. Terminology of natural hazards and disasters: a review and the case of Brazil. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 52(80): 1-48.
- Morrow, B. H. 2008. Community response to hurricane katrina: a review of the literature. *Natural Hazards Review*, 9(3): 105-113.
- Nabillah, R., Iwan, S., dan Bagja, W. 2020. Kerentanan sosial pada wilayah potensi bencana tsunami di pesisir Kecamatan Rajabasa, Kabupaten Lampung Selatan. *Jurnal Geografi, Edukasi dan Lingkungan*, 4(2): 96-112.
<https://doi.org/10.22236/jgel.v4i2.4318>
- Natural Hazard. 1970. National Oceanic and Atmospheric Administration. <https://www.ncei.noaa.gov/maps/hazards/?layers=0>. Diakses pada tanggal 16 November 2022.
- Neumayer, E., dan Plümper, T. 2007. The gendered nature of natural disasters: the impact of catastrophic events on the gender gap in life expectancy. *Annals of the Association of American Geographers*, 97(3): 551-566.
- Okal, E. A., dan Synokalis, C. E. 2004. Source discriminants for near-field tsunamis. *Geophysical Journal International*, 158(3): 899-912.
- Oktariadi, O. 2009. Peran kapasitas bentang alam dalam upaya kesiapsiagaan menghadapi bencana tsunami wilayah pesisir Sukabumi, Jawa Barat. *Jurnal Buletin Geologi Tata Lingkungan*, 19(1): 39-49.
- Papathoma, M., Dominey-Howes, D., Zong, Y., dan Smith, D. 2003. Assessing tsunami vulnerability, an example from Herakleio, Crete. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 3(5): 377-389.

- Paton, D., dan Jackson, D. 2002. Developing disaster management capability: a case study of the Christchurch Community. *Australian Journal of Emergency Management*, 17(2): 35-44.
- Pemerintah Kabupaten Pesisir Barat. 2018. *Sejarah Marga Adat Istiadat Pulau Pisang Kabupaten Pesisir Barat*. <https://dispersip.pesisirbaratkab.go.id/>. Diakses pada tanggal 30 Oktober 2023.
- Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana No. 2 Tahun 2012 *Tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana*, Jakarta. Badan Penanggulangan Bencana Nasional.
- Putra, D. R., dan Marfai, M. A. 2012. Identifikasi dampak banjir dan genangan (rob) terhadap lingkungan permukiman di Kecamatan Pademangan Jakarta Utara. *Jurnal Bumi Indonesia*, 10.
- Putra, E. H. 2011. *Penginderaan Jauh dengan ErMapper*. Graha Ilmu. Yogyakarta. 287 hlm.
- Prahasta, E. 2009. *Sistem Informasi Geografis : Konsep-konsep Dasar (Perspektif Geodesi dan Geomatika)*. Informatika. Bandung. 818 hlm.
- Rahmaningtyas, N., dan Setyono, J. S. 2015. Tingkat kerentanan sosial wilayah Kabupaten Wonogiri. *Jurnal Teknik PWK*, 4 (4): 653-665.
- Ramadhan, M. F., Handayani, H. H., dan Nurwatik. 2021. Analysis of tsunami disaster risk level using grid-based method (case study: Coastal South Beach Blitar). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 731(1): 12-33.
- Rogi, O. H. A. 2017. Peta kebencanaan: urgensi dan manfaatnya. *Media Matrasain*, 14(3): 76-61.
- Santoso, B. A. 2015. Geo image (spatial-ecological-regional). *Jurnal Geo Image*, 9(2): 76-81.
- Satake, K. 2015. *Tsunamis: Case Studies and Recent Developments*. Springer. Tokyo. 394 hlm.
- Smith, K., dan Petley, D. N. 2009. *Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster*. Routledge. London. 348 hlm.
- Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfa Beta. Bandung. 334 hlm.

- Suppasri, A. 2013. Effectiveness of tsunami mitigation measures in coastal communities. *Journal of Disaster Research*, 8(2): 232-251.
- Taubenböck, H., N., Goseberg, N., Setiadi, G., Lämmel, F., Moder, M. Oczipka, H. Klüpfel, R. Wahl, T., Schlurmann, dan Strunz, G. 2009. Last-Mile" preparation for a potential disaster - Interdisciplinary approach towards tsunami early warning and an evacuation information system for the coastal city of Padang, Indonesia. *Natural Hazards and Earth System Science*, 9(4): 1509-1528.
- Thomas, L. S. 1970. How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 24(24): 9-26.
- Tierney, K., dan Bruneau, M. 2007. Conceptualizing and measuring resilience: a key to disaster loss reduction. *Transportation Research News*, 250(17): 14-17.
- Titov, V. V., dan Synolakis, C. E. 1998 Numerical modeling of tidal wave runup. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering* 124: 157-171.
- Widharma, dan Sulaiman, O. K. 2017. Perancangan simulasi sistem informasi pendaftaran kursus berbasis web dengan metode sdlc. *Jurnal Matrix*, 7(2): 27-52.
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., dan Davis, I. 2004. *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*. Routledge. London. 416 hlm.
- Yonghai, C., dan Jiancheng, L. 2014. Extraction of Two Tsunamis Signals Generated By Earthquakes Around the Pacific Rim. *Geodesy and Geodynamics*, 5(2): 38-47. <https://doi.org/10.3724/SP.J.1246.2014.02038>
- Yoshii, T. 2015. Impact of the 2011 Tohoku earthquake and tsunami on the coastal forests and agriculture in Northeast Japan. *Journal of Disaster Research*, 10(4): 655-662.
- Zulfiar, H. Rizal, Z. Tamin, Krishna, S. Pribadi, dan Iswandi, I. 2014. Identifying of dominant factor cause of building vulnerability in the earthquake prone area, West Sumatra Province. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 17(2): 116-125.