

**ANALISIS JALUR EVAKUASI BENCANA TSUNAMI DENGAN  
MENGUNAKAN *NETWORK ANALYSIS* DI DESA CARINGIN,  
KECAMATAN LABUAN, KABUPATEN PANDEGLANG**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Muhammad Fajar Kelana**

**1914221033**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

## **ABSTRAK**

### **ANALISIS JALUR EVAKUASI BENCANA TSUNAMI DENGAN MENGUNAKAN *NETWORK ANALYSIS* DI DESA CARINGIN, KECAMATAN LABUAN, KABUPATEN PANDEGLANG**

**Oleh**

**Muhammad Fajar Kelana**

Tsunami merupakan serangkaian gelombang laut besar yang diakibatkan oleh gempa letusan gunung api dan longsor yang terjadi di laut. Kurangnya informasi kawasan rentan tsunami serta mitigasinya, maka dibutuhkan suatu upaya untuk mengurangi dampak terhadap bencana tsunami. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis daerah rawan tsunami, menganalisis tempat evakuasi sementara, menganalisis serta memetakan daerah layanan bencana tsunami terbaik, dan menganalisis serta memetakan waktu tempuh terbaik di wilayah Desa Caringin, Kecamatan Labuan menggunakan metode *network analysis*. Penelitian ini dilakukan pada Oktober – November 2023 di Kecamatan Labuan, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten. Pengolahan data dalam penelitian kali ini dilakukan menggunakan metode analisis geospasial atau sistem informasi geografis (SIG) dengan dukungan data primer. Hasil penelitian menunjukkan daerah yang berisiko tsunami ditentukan oleh ketinggian daerah serta kawasan permukiman yang berada di selatan Desa Caringin. Berdasarkan skenario ketinggian tsunami mencapai 15 m, terdapat 3 tempat evakuasi sementara di bagian timur desa. Sebagian besar daerah di Desa Caringin membutuhkan waktu kurang dari 30 menit untuk mencapai titik evakuasi sementara. Namun, masih terdapat beberapa lokasi di bagian selatan desa yang membutuhkan waktu tempuh evakuasi 40-50 m.

Kata kunci : Evakuasi, tsunami, network analisis, waktu tempuh, Banten

## **ABSTRACT**

### ***THE ANALYSIS OF TSUNAMI DISASTER EVACUATION PATH USING NETWORK ANALYSIS IN CARINGIN VILLAGE, LABUAN DISTRICT, PANDEGLANG DISTRICT***

**By**

**Muhammad Fajar Kelana**

A tsunami is a series of large sea waves caused by earthquakes, volcanic eruptions and landslides that occur at sea. There is a lack of information on tsunami-prone areas and their mitigation, so efforts are needed to reduce the impact of the tsunami disaster. This research aimed to analyze tsunami-prone areas, analyze temporary evacuation places, analyze and map the best tsunami disaster service areas, and analyze and map the best travel times in the Caringin Village area, Labuan District using the network analysis method. This research was conducted in October – November 2023 in Labuan District, Pandeglang Regency, Banten Province. Data processing in this research was carried out using geospatial analysis methods or geographic information systems (GIS) with primary data support. The research results showed that areas at risk of a tsunami were determined by the height of the area and residential areas located south of Caringin Village. Based on the scenario of a tsunami height reaching 15 m, there were 3 temporary evacuation places in the eastern part of the village. Most areas in Caringin Village took less than 30 minutes to reach the temporary evacuation point. However, there were still several locations in the southern part of the village that required an evacuation travel time of 40-50 m.

**Keywords:** Evacuation, tsunami, network analysis, travel time, Banten

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul : ANALISIS JALUR EVAKUASI BENCANA  
TSUNAMI DENGAN MENGGUNAKAN  
*NETWORK ANALYSIS* DI DESA CARINGIN,  
KECAMATAN LABUAN, KABUPATEN  
PANDEGLANG.

Nama Mahasiswa : **Muhammad Fajar Kelana**

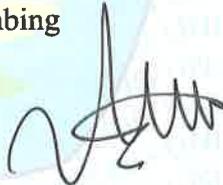
NPM : 1914221033

Program Studi : Ilmu Kelautan

Jurusan : Perikanan dan Kelautan Fakultas  
Pertanian

**MENYETUJUI**  
Komisi Pembimbing

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

  
**Anma Hari Kusuma, S.I.K., M.Si**  
NIP. 199001202019031011

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 : **Anma Hari Kusuma, S.I.K., M.Si**



Anggota : **Eko Efendi, S.T., M.Si.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



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

Tanggal lulus ujian skripsi: 25 Juli 2024

## PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Fajar Kelana

NPM : 1914221033

Judul Skripsi : Analisis Jalur Evakuasi Bencana Tsunami dengan Menggunakan *Network Analysis* di Desa Caringin, Kecamatan Labuan, Kabupaten Pandeglang.

Menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis merupakan hasil karya saya sendiri berdasarkan pengetahuan, pengalaman, dan data yang saya peroleh dari hasil penelitian yang sudah saya lakukan. Selain itu, semua yang ter-tulis di dalam skripsi sudah sesuai dengan panduan penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Demikian pernyataan ini saya buat, apabila di kemudian hari terbukti terdapat kecurangan atau salinan yang berasal dari karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 10 Oktober 2024



Muhammad Fajar Kelana

## RIWAYAT HIDUP



Penulis memiliki nama lengkap Muhammad Fajar Kelana. Penulis dilahirkan di Kota Serang, Provinsi Banten pada tanggal 15 Oktober 2000. Penulis merupakan anak pertama dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Indra Wahyu dan Ibu Nurul Fitriah. Penulis menempuh pendidikan formal di SDIT Insantama Serang pada tahun 2007-2013, SMPIT Daarul Qur'an pada tahun 2013-2016, dan MAN 2 Kota Serang pada tahun 2016 - 2019. Penulis melanjutkan pendidikan strata-1 di perguruan tinggi sebagai mahasiswa Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN tahun 2019.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Perikanan dan Kelautan (Himapik), Universitas Lampung sebagai anggota Bidang Pengkaderan selama periode 2020-2021, Badan Eksekutif Mahasiswa, Fakultas Pertanian sebagai Wakil Ketua pada tahun 2021, dan Badan Eksekutif Mahasiswa Unila sebagai Menteri Dalam Negeri Pada tahun 2022. Selain organisasi internal kampus, penulis juga aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Banten Lampung sebagai Kepala Bidang Pendidikan dan Kebudayaan pada tahun 2021. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Cikoneng, Kecamatan Anyer, Kabupaten Serang pada bulan Januari – Februari 2022. Penulis mengikuti kegiatan Praktik Umum (PU) di Pusat Riset dan Penginderaan Jauh Badan Riset dan Inovasi Nasional (PRPJ – BRIN) Jakarta Timur, pada Juni – Agustus 2022.

## **PERSEMBAHAN**

*Bismillahirrahmanirrahim*

Puji dan syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan nikmat yang diberikan- Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar sampai selesai.

Kupersembahkan karya ini kepada:

Dua orang hebat yang selalu mendukung saya, yaitu Bapak Indra Wahyu dan Ibu Nurul Fitriah. Terima kasih atas segala kasih dan sayang, dukungan, doa, dan motivasi kepada penulis. Keduanyalah yang membuat segalanya menjadi mungkin sehingga saya bisa sampai pada tahap ini. Penulis selamanya bersyukur dengan keberadaan kalian sebagai orang tua. Semoga ini menjadi awal untuk membuat kalian bahagia, serta perjuangan kalian menjadi amal jariyah untuk surga Allah SWT.

Saudara terkasih, Malwa Hanifah, Rindra Lathifah, Haidar Rizki, Sheila Rizka dan Aya yang selalu membuat penulis termotivasi dan bersemangat dalam menyelesaikan kuliah.

Bapak dan ibu dosen yang telah memberikan ilmu dengan tulus dan ikhlas, serta teman-teman seperjuangan Program Studi Ilmu Kelautan 2019

Serta,

Almamaterku, Universitas Lampung

## MOTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”

(Q.S Al-Baqarah, 2 : 286)

“Boleh jadi kamu tidak menyenangi sesuatu, padahal itu baik bagimu dan boleh jadi kamu menyukai sesuatu padahal itu tidak baik bagimu. Allah maha mengetahui, sedangkan kamu tidak mengetahui.”

(Q.S Al-Baqarah, 2 : 216)

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.”

(Q.S Asy-Syarah 94 : 6)

“Selamat sejahtera atasmu karena kesabaranmu”

(Q.S Ar-Rad, 13 : 24)

*“You’ll be fighting for it all your life, you’ll be struggling to make things right.  
That’s how superheroes learn to fly.”*

(Daniel O’Donoghue – The Script)

“Belajarlah dari apa yang kau dengar, lihat dan rasakan.”

(Muhammad Fajar Kelana)

## SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan atas ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul, “ Analisis Jalur Evakuasi Bencana Tsunami dengan Menggunakan *Network Analysis* di Desa Caringin, Kecamatan Labuan, Kabupaten Pandeglang.”. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah terlibat dan berperan dalam penyusunan skripsi, antara lain:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Unila;
2. Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si., selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan;
3. Dr. Henky Mayaguezz, S.Pi., M.T. selaku Ketua Program Studi Ilmu Kelautan dan Dosen Pembimbing I atas kesediannya memberikan bimbingan, saran, dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini;
4. Anma Hari Kusuma, S.I.K., M.Si., selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan masukan kepada penulis dalam penyusunan skripsi;
5. Eko Efendi, S.T., M.Si., selaku Dosen Penguji yang telah banyak memberikan kritik, saran, dan bimbingan kepada penulis;
6. Orang tua saya yang selalu memberikan doa, semangat, dan dukungan kepada penulis dalam melaksanakan kegiatan penelitian, penyusunan, dan penyelesaian skripsi;
7. Keluarga kontrakan “Home Sweet Home” yang selalu hadir memberikan tawa di tengah letihnya berproses, yang telah memberikan pengalaman serta

pembelajaran yang tidak akan penulis lupakan. Syarif, Rafli, Erik, Aldi, Dienus, Kiki, Juna, Panka, Ken Dzaki dan Pijan, terima kasih atas waktu, kehadiran, dan pengalaman gemilang yang sudah kita lalui bersama. Semoga kita menjadi orang sukses dan bisa bertemu kembali dengan baju kebanggaan kita masing-masing.

8. Seluruh sahabat penulis yang menemani di tanah perantauan, terima kasih atas segala waktu, doa, dukungan, dan momen menyenangkan yang tidak akan bisa penulis lupakan. Kang Faza, Bang Indra, Bang Rapip, Risya, Yesi, Widya, Ismi, Ezta, Ansel, Exsa, Evan, Ilham, Nazlah, Iki, Fadhila, Rasyid, Frayoga dan Garda. Semoga kita selalu dipermudahkan dalam meraih kesuksesan.
9. Teman-teman Program Studi Ilmu Kelautan 2019 yang selalu memberi senyuman sebagai penyemangat dan teman-teman Jurusan Perikanan dan Kelautan 2019 yang selalu memberi dukungan.

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan.....	3
1.3 Manfaat.....	3
1.4 Kerangka Fikiran .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1 Kecamatan Labuan .....	6
2.2 Bencana Tsunami .....	7
2.2.1 Bencana .....	7
2.2.2 Tsunami .....	9
2.3 Sejarah Tsunami di Pesisir Banten .....	10
2.4 Mitigasi Bencana Tsunami .....	12
2.5 Sistem Informasi Geografis (SIG).....	14
2.6 Jalur Evakuasi.....	15
2.7 Tempat Evakuasi .....	18
2.8 <i>Network Analysis</i> .....	20
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	22
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	22
3.2 Alat dan Bahan .....	23
3.2.1 Pengumpulan Data.....	23

3.3 Metode Penelitian.....	24
3.4 Pengolahan Data.....	25
3.4.1 Mengidentifikasi Daerah Rendaman Tsunami .....	25
3.4.1.1 Tutupan Lahan .....	25
3.4.1.2 Kemiringan Lahan ( <i>Slope</i> ) .....	27
3.4.1.3 Memetakan Daerah Rendaman Tsunami .....	27
3.4.2 Memetakan Daerah Layanan Evakuasi .....	30
3.4.3 Memetakan Rute Evakuasi Terbaik Dengan Waktu Tempuh Terbaik .....	30
3.5 Prosedur Kerja.....	31
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>34</b>
4.1 Spesifikasi Daerah Penelitian .....	34
4.2 Titik Evakuasi Sementara Tsunami.....	38
4.3. Identifikasi Daerah Limpasan Tsunami .....	41
4.3.1 Luas Area Terendam Tsunami Skenario 5 m .....	41
4.3.2 Luas Area Terendam Tsunami Skenario 10 m .....	43
4.3.3 Luas Area Terendam Tsunami Skenario 15 m .....	45
4.4. Jalur Evakuasi Tsunami Terbaik ( <i>Network Analysis</i> ) .....	47
4.4.1 Daerah Layanan Evakuasi .....	47
4.4.2 Waktu Tempuh .....	50
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>53</b>
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran.....	53
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>54</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikiran.....	5
2. Titik kejadian tsunami barat Sumatera-selatan Jawa .....	11
3. Peta sebaran <i>ring of fire</i> .....	12
4. Siklus penanggulangan bencana .....	13
5. Struktur sistem jalur evakuasi .....	18
6. Peta lokasi penelitian .....	22
7. <i>Model builder</i> pemodelan daerah rendaman tsunami .....	29
8. Langkah kerja pembuatan peta jalur evakuasi tsunami .....	32
9. Peta sebaran bangunan pada ketinggian daerah 0-15 m.....	35
10. Peta sebaran bangunan pada ketinggian daerah 0-15 m di Desa Caringin	37
11. Peta titik evakuasi sementara tsunami Desa Caringin.....	39
12. Titik evakuasi 1 .....	40
13. Titik evakuasi 2 .....	40
14. Titik evakuasi 3 .....	41
15. Peta rendaman tsunami skenario 5m .....	42
16. Peta rendaman tsunami skenario 10 m .....	44
17. Peta rendaman tsunami skenario 15 m .....	46
18. Peta daerah layanan evakuasi tsunami di Desa Caringin.....	48
19. Peta waktu tempuh evakuasi tsunami di Desa Caringin .....	51

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Luas wilayah, jumlah penduduk, dan kepadatan penduduk.....	7
2. Alat dan bahan penelitian.....	23
3. Nilai koefisien kekasaran tutupan lahan .....	27
4. Klasifikasi nilai tingkat kerentanan wilayah terhadap rendaman .....	29
5. Luas dan jumlah bangunan di sekitar lokasi penelitian .....	36
6. Sebaran jumlah penduduk dan Jumlah bangunan pada daerah layanan .....	49
7. Rata-rata lebar jalur evakuasi pada daerah layanan .....	50

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Wilayah Indonesia berada di antara tiga lempeng dunia yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia dan lempeng Pasifik. Lempeng-lempeng tersebut mengalami pergeseran yang menyebabkan terjadinya gangguan di dasar laut. Gangguan tersebut dapat memicu terjadinya tsunami di Indonesia. Hal ini yang menjadikan Indonesia menjadi salah satu negara yang memiliki ancaman terhadap bencana gempa bumi maupun tsunami.

Tsunami merupakan serangkaian gelombang laut besar yang diakibatkan karena pergeseran dasar laut yang disebabkan oleh gempa bumi (BNPB, 2011). Tsunami memang tidak terlihat saat masih di tengah laut, akan tetapi begitu mencapai wilayah dangkal gelombangnya bergerak cepat dan akan semakin besar (Nanin & Sugito, 2008). Ketika mendekati perairan dangkal, gelombang akan mengalami penurunan kecepatan dan penambahan tinggi akibat dangkalnya perairan. Hal tersebut menghasilkan dinding vertikal yang bergerak ke arah daratan sehingga mengakibatkan kerusakan besar di darat, terutama pada daerah pesisir dengan topografi landai (Alma *et al.*, 2017).

Kabupaten Pandeglang terletak di Provinsi Banten dan juga berada pada wilayah Selat Sunda. Daerah Banten terletak di perbatasan antara Samudra Hindia dan Laut Jawa yang memiliki daerah patahan aktif yang membentang di bawah laut di sebelah barat Pulau Jawa di mana terdapat potensi besar terjadinya gempa bumi yang dapat memicu tsunami. Gempa bumi di lepas pantai Banten bisa memengaruhi kedalaman laut yang dangkal di sekitarnya, sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya tsunami (Mulyadi, 2015). Kabupaten Pandeglang

yang langsung berhadapan dengan Selat Sunda tentunya akan terdampak sangat besar jika terjadi bencana tsunami. Selat Sunda pernah beberapa kali mengalami gempa baik tektonik maupun vulkanik. Pada tanggal 18 Desember 2018 Selat Sunda mengalami tsunami akibat erupsi yang menyebabkan longsor Anak Krakatau. Kemudian pada tanggal 2 Agustus 2019 terjadi gempa tektonik dengan kekuatan magnitudo 7,4 (Ganesha, 2017).

Tsunami Selat Sunda yang terjadi pada tanggal 22 Desember 2018 mengakibatkan wilayah sepanjang pesisir pantai barat Pandeglang, khususnya di sekitar Pantai Labuan, Carita, dan Tanjung Lesung tersapu oleh tsunami. Tsunami tersebut juga menyebabkan rusaknya bangunan hotel, villa, resort, pondok, *homestay*, penginapan, dan objek pariwisata lainnya. Lebih jauh, berdasarkan informasi Pemerintah Daerah Pandeglang sampai dengan saat ini, beberapa objek pariwisata seperti kawasan pariwisata Pulau Umang Pandeglang juga belum bangkit kembali. Tsunami yang terjadi secara tiba-tiba tanpa adanya peringatan dini dari instansi terkait menjadi salah satu penyebab banyaknya korban jiwa. Selain itu, jalur evakuasi yang memadai tidak tersedia, sehingga hal ini dapat menghambat proses evakuasi penduduk saat bencana tsunami terjadi.

Kondisi jalur evakuasi yang ada pada Desa Caringin, Kecamatan Labuan, Kabupaten Pandeglang belum layak untuk dijadikan sebagai jalur evakuasi. Lebar jalur evakuasi yang masih terlalu kecil dan sempit saat digunakan evakuasi akan menyulitkan dan berdampak pada semakin banyaknya korban jiwa.

Dengan perkembangan teknologi yang ada, tentunya pembuatan sarana prasarana berbasis teknologi akan lebih mudah dilakukan. Peran dari sarana prasarana berbasis mitigasi bencana sangat penting dalam proses evakuasi saat terjadi bencana, tidak cukup dengan alat penerima peringatan bencana gempa bumi dan tsunami saja. Sarana prasarana berbasis mitigasi bencana yang belum memadai di Desa Caringin, Kecamatan Labuan, Kabupaten Pandeglang menjadi salah satu penyebab adanya korban jiwa dalam proses evakuasi bencana. Fungsi dari sarana prasarana ini adalah memudahkan masyarakat untuk menyelamatkan diri dari

bencana tsunami, seperti sirine sistem peringatan dini untuk bencana dan peta jalur evakuasi.

Bertolak dari latar belakang tersebut, kurangnya informasi kawasan rentan tsunami serta mitigasinya, maka dibutuhkan suatu upaya untuk mengurangi dampak bencana tsunami. Hal tersebut dilakukan untuk menambah pengetahuan khususnya bagi masyarakat Kabupaten Pandeglang, Banten. Sistem informasi geografis yang diperkuat dengan *tools network analysis* akan membantu penentuan jalur evakuasi tercepat dari suatu tempat rawan tsunami menuju tempat evakuasi terbaik. Hasil pembuatan peta jalur evakuasi bencana tsunami wilayah Desa Caringin, Kecamatan Labuan, Kabupaten Pandeglang ini diharapkan mampu untuk meminimalisir risiko akibat bencana tsunami.

## **1.2 Tujuan**

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

1. Menganalisis daerah rawan tsunami Desa Caringin, Kecamatan Labuan.
2. Menganalisis tempat evakuasi sementara Desa Caringin, Kecamatan Labuan.
3. Menganalisis serta memetakan daerah layanan bencana tsunami terbaik di wilayah Desa Caringin, Kecamatan Labuan menggunakan metode *network analysis*.
4. Menganalisis serta memetakan waktu tempuh terbaik di wilayah Desa Caringin, Kecamatan Labuan menggunakan metode *network analysis*.

## **1.3 Manfaat**

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi penulis, penelitian ini bermanfaat sebagai sarana pembelajaran dan pengaplikasian ilmu mitigasi bencana serta manajemen wilayah pesisir dan laut.
2. Bagi masyarakat sebagai sumber edukasi untuk peningkatan kapasitas mengenai mitigasi bencana tsunami.

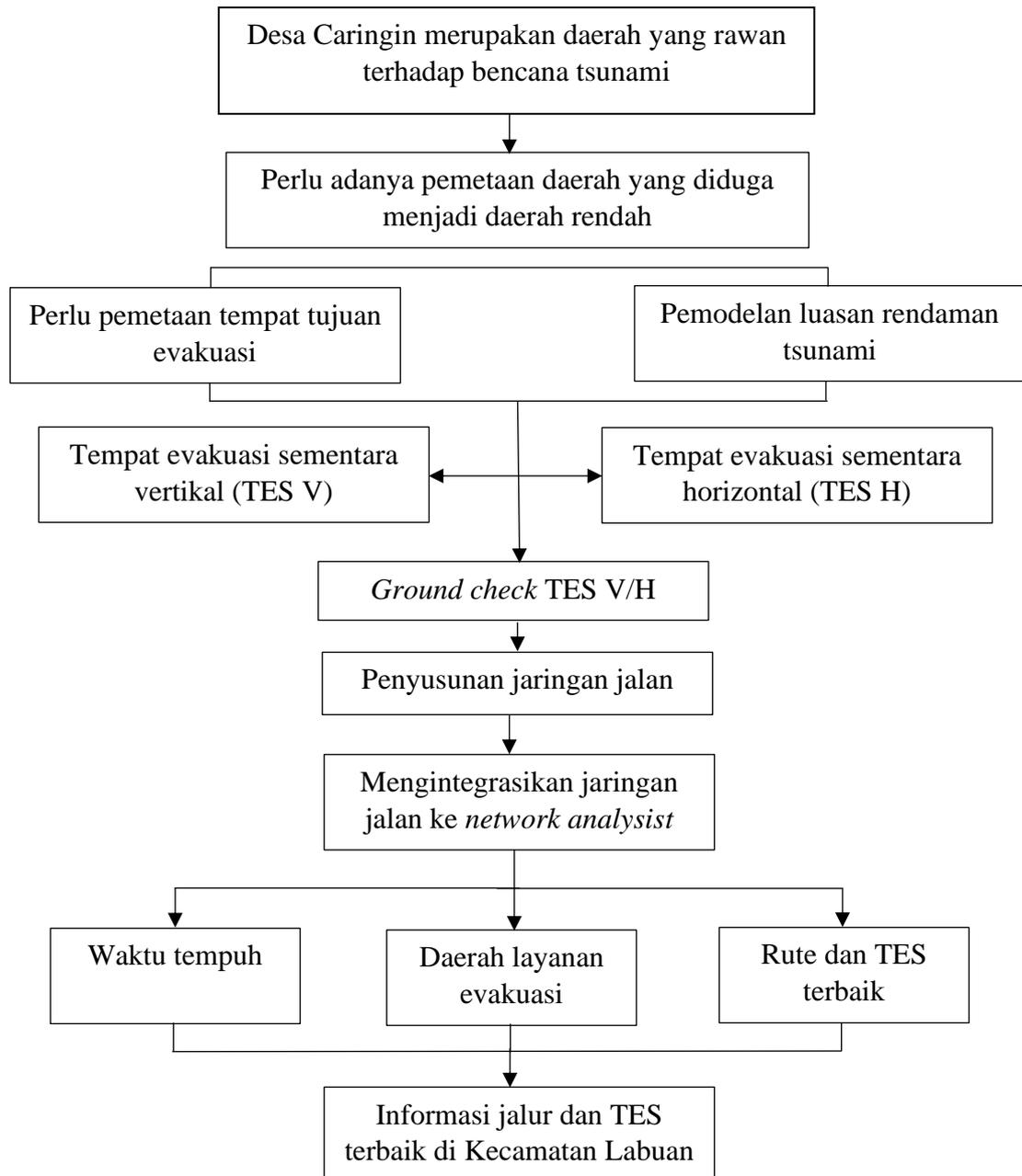
3. Bagi pemangku kebijakan, dapat mengetahui kerentanan wilayah Desa Caringin, Kecamatan Labuan sehingga dapat menjadi acuan untuk menentukan arah strategi mitigasi bencana di wilayah tersebut.

#### **1.4 Kerangka Pikiran**

Penelitian ini dibuat untuk mengetahui area rendaman gelombang tsunami sehingga dapat menentukan kesesuaian jalur dan tempat evakuasi sementara terhadap masyarakat yang diakibatkan oleh adanya aktivitas tektonik di wilayah Selat Sunda, khususnya Desa Caringin, Kecamatan Labuan. Besar kemungkinan potensi terjadinya gelombang tsunami di daerah pesisir pantai Desa Caringin, Kecamatan Labuan, mengingat bahwa Desa Caringin, Kecamatan Labuan merupakan wilayah yang rentan terhadap ancaman bencana tsunami. Jika terdapat ancaman bencana tsunami, maka wilayah tersebut harus dilakukan penanggulangan bencana, seperti pembuatan jalur serta tempat evakuasi. Untuk dapat menentukan jalur serta tempat evakuasi, maka terlebih dahulu dapat mengetahui daerah rendaman gelombang tsunami tersebut. Tinggi gelombang tsunami di bibir pantai didapatkan dari hasil skenario kejadian bencana gelombang tsunami dengan ketinggian maksimum yang diperoleh dari kejadian yang pernah terjadi dan penelitian terdahulu. Daerah rendaman tsunami ditentukan oleh data DEM (elevasi) untuk mengurangi *margin error* dalam pengolahan data. Selanjutnya ditentukan titik evakuasi sementara atau biasa disebut *shelter* pada daerah yang berada di luar jangkauan gelombang tsunami. Kemudian ditentukan jalur evakuasi terbaik untuk mencapai *shelter* yang telah ditentukan.

Analisis daerah rendaman tsunami dilakukan dengan GIS yang menggunakan data DEM. Kemudian analisis daerah rendaman tsunami diskenariokan pada ketinggian gelombang 5 m, 10 m, dan 15 m. Skenario ini dilandasi oleh penelitian Daoed *et al.* (2013), bahwa tinggi gelombang tsunami maksimum yang mencapai pantai berkisar antara 4-24 m dengan jangkauan gelombang ke daratan berkisar antara 50-200 m dari garis pantai yang kemudian diselaraskan dengan sejarah tsunami pada daerah pesisir Banten. Setelah peta kerentanan terbuat, maka akan ditentukan jalur evakuasi terbaik menggunakan GIS dan juga analisis di lapangan

terkait keadaan jalur evakuasi di daerah tersebut. Kerangka penelitian disajikan pada Gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1. Kerangka penelitian

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kecamatan Labuan

Labuan merupakan salah satu kecamatan yang berada di Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten. Kecamatan ini memiliki sejarah yang cukup penting bagi Kabupaten Pandeglang. Nama “Labuan” memiliki makna sebagai “pelabuhan” atau “tempat berlabuh kapal”. Hal ini telah dibuktikan dengan adanya sejarah yaitu keberadaan sebuah teluk, yaitu Teluk Lada. Teluk ini terletak di dekat Tanjung Lesung dan Panimbang, yang menjadi pusat perdagangan antarpulau atau antar kerajaan pada masa lampau. Selain latar belakang sejarahnya, kondisi topografi Kecamatan Labuan juga tak kalah menarik, kecamatan ini tersusun atas pegunungan dan pantai dengan ketinggian dari permukaan laut kurang lebih 10 m.

Kecamatan Labuan secara geografis terletak antara 6°20'30" - 6°23'42" atau 6,3383°-6,3917° LS dan 105°48'17" - 105°51'28" atau 105,8047°-105,2578° BT dan memiliki wilayah seluas 15,66 km<sup>2</sup> atau mencapai 0,57% dari luas wilayah Kabupaten Pandeglang. Kecamatan yang berada di wilayah barat Kabupaten Pandeglang ini mempunyai batas administrasi sebagai berikut:

Utara : Kecamatan Carita  
Selatan : Kecamatan Pagelaran  
Barat : Selat Sunda  
Timur : Kecamatan Jiput dan Cikedal

Berdasarkan data status pemerintahan, Kecamatan Labuan memiliki 9 desa, dengan luas keseluruhan mencapai 15,65 km<sup>2</sup>. Desa yang terluas merupakan Desa Caringin dengan luasan area 3,20 km<sup>2</sup>, atau mencakup 20,45% dari total keseluruhan Kecamatan Labuan.

Tabel 1. Luas wilayah, jumlah penduduk, dan kepadatan penduduk

Desa/Kelurahan	Luas Wilayah/km <sup>2</sup>	Jumlah Penduduk	Kepadatan Penduduk/km <sup>2</sup>
Cigondang	0,98	8.795	8.974
Sukamaju	1,84	3.700	2.011
Rancateureup	1,80	3.232	1.756
Kalanganyar	0,99	7.652	7.729
Labuan	0,97	11.408	11.761
Teluk	0,97	11.262	11.610
Banyumekar	2,35	2.715	1.155
Banyubiru	2,55	2.680	1.050
Caringin	3,20	7.706	2.408
Jumlah	15,65	59.150	5.384

Sumber : BPS (2021)

Selain di Desa Caringin, pantai juga terdapat di beberapa desa lain yaitu di Desa Teluk, Desa Labuan Desa Cigondang dan Desa Sukamaju, sedangkan Desa Kalanganyar, Desa Banyu Biru, Desa Banyumekar dan Desa Rancateureup tidak memiliki garis pantai sehingga tidak memiliki wisata pantai. Kecamatan Labuan memiliki kepadatan penduduk yang tinggi sehingga rata-rata daerahnya merupakan permukiman warga. Namun di beberapa desa juga terdapat daerah persawahan yang cukup luas seperti di Desa Caringin.

Perjalanan menuju Kecamatan Labuan dapat ditempuh  $\pm$  2 jam dari pusat Kabupaten Pandeglang dengan jalur pegunungan dan area persawahan. Kemudian dari Kabupaten Serang waktu tempuhnya sekitar 1 jam dengan jalur kawasan industri lingkaran selatan. Dari Pelabuhan Merak, waktu tempuhnya sekitar 1 jam 30 menit dengan jalur menyusir daerah pantai. Jalur yang dapat dilalui untuk menuju Kecamatan Labuan terbilang cukup bagus, baik dari arah Kabupaten Serang maupun dari arah Kabupaten Pandeglang.

## 2.2 Bencana Tsunami

### 2.2.1 Bencana

Bencana ialah suatu gangguan serius terhadap keberfungsian suatu masyarakat, sehingga menyebabkan kerugian yang meluas pada kehidupan manusia dari segi materi, ekonomi atau lingkungan, dan yang melampaui kemampuan masyarakat

yang bersangkutan untuk mengatasi dengan menggunakan sumber daya mereka sendiri. Pengertian lain dari bencana menurut Undang-Undang No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana bahwa bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau non-alam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Bencana terjadi karena adanya unsur bahaya dan kerentanan akibat adanya suatu pemicu sehingga terjadinya bencana maka akan timbulnya risiko bencana yaitu kemungkinan yang timbul akibat dari kejadian bencana (Nurajanah, 2012). Menurut Peraturan Kepala Badan Penanggulangan Bencana (BNPB) No. 2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana, risiko bencana merupakan gambaran potensi kerugian yang ditimbulkan ketika terjadinya suatu bencana. Hal ini bisa berupa kematian, penyakit, hilangnya jiwa, hilangnya rasa aman, kerusakan atau kehilangan harta dan benda sampai dengan gangguan aktivitas masyarakat.

Menurut Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana No. 8 Tahun 2013 tentang Pedoman Media Center Tanggap Darurat Bencana, bencana terbagi ke dalam 3 jenis :

1. Bencana alam : Bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor.
2. Bencana non-alam : Bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau rangkaian peristiwa non-alam yang antara lain berupa gagal teknologi, gagal modernisasi, epidemi, dan wabah penyakit.
3. Bencana sosial : Bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau rangkaian peristiwa yang diakibatkan oleh manusia yang meliputi konflik sosial antar-kelompok atau antarkomunitas masyarakat, dan teror.

### 2.2.2 Tsunami

Kata tsunami berasal dari bahasa Jepang, *tsu* berarti pelabuhan, *nami* berarti gelombang. Tsunami dipergunakan untuk gelombang pasang yang memasuki pelabuhan. Pada laut lepas misal terjadi gelombang pasang sebesar 8 m, tetapi begitu memasuki daerah pelabuhan yang menyempit tinggi gelombang pasang yang bisa mencapai 30 m. Tsunami biasa terjadi jika gempa bumi berada di dasar laut dengan pergerakan vertikal yang cukup besar. Proses terjadinya tsunami diawali oleh gempa tektonik bawah laut yang diakibatkan oleh lempeng bawah laut yang bergerak. Setelah gempa tektonik bawah laut terjadi, patahannya akan membuat rambatan gelombang bawah laut yang menyebar luas. Setelah mendekati daratan, rambatan gelombang bawah laut akan mengalami amplifikasi sehingga tinggi gelombang bertambah. Faktor-faktor alami seperti teluk, muara, atau saluran sempit. Pada tahap akhir proses terjadinya tsunami, gelombang tsunami yang diperkuat mencapai garis pantai dan berinteraksi dengan daratan (*run up*). Tsunami juga bisa terjadi jika terjadi letusan gunung api di laut atau terjadi longsoran di laut (BNPB, 2011).

Tsunami dapat memiliki dampak yang sangat destruktif, merusak infrastruktur, menewaskan dan melukai banyak orang, serta menyebabkan kerugian ekonomi yang besar. Karena tsunami bisa bergerak dengan kecepatan tinggi dan sulit untuk dideteksi secara tepat waktu, sistem peringatan dini dan pendidikan masyarakat tentang tanda-tanda dan perilaku yang aman saat tsunami sangat penting dalam mengurangi risiko dan menyelamatkan nyawa saat terjadi ancaman tsunami (Nanin & Sugito, 2008). 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 ekstraterestial dan aktivitas antropogenik yang dapat menyebabkan dislokasi vertikal dasar laut (Bryant & Edward, 2008).

Tsunami umumnya disebabkan oleh pergeseran lempeng tektonik bumi yang bertitik di bawah laut. Ketika lempeng tektonik di bawah laut bergerak secara tiba-tiba, terjadi pergeseran besar pada lapisan air di atasnya, yang menyebabkan

terbentuknya gelombang tsunami. Letusan gunung berapi yang terjadi di bawah laut juga dapat memicu tsunami. Ketika letusan tersebut terjadi, material vulkanik seperti lava, abu, dan batu-batu pijar masuk ke dalam air laut, menciptakan perpindahan besar pada massa air yang menghasilkan tsunami (Jokowinarno, 2009).

### **2.3 Sejarah Tsunami di Pesisir Banten**

Menurut Yudhicara & Budiono (2008) tercatat wilayah Selat Sunda telah beberapa kali mengalami bencana tsunami. Sejak tahun 416 sampai dengan 1958 telah terjadi 11 kali tsunami di Selat Sunda yang disebabkan berbagai faktor baik pergeseran lempeng maupun aktivitas vulkanik gunung api atau yang menjadi cikal bakal Gunung Krakatau. Namun kebanyakan penyebab dari bencana tsunami adalah kegiatan vulkanik yang disebabkan oleh gunung berapi di Selat Sunda. Pesisir Pulau Jawa yang mencakup wilayah pesisir dan laut Jawa Timur, Jawa Tengah-Jawa Barat, dan Banten-Selat Sunda, pernah mengalami tsunami yang sangat dahsyat, tepatnya pada tanggal 10 Oktober tahun 1883. Lokasi terparahnya berada di Cikawung di pantai Teluk Selamat Datang, teramati gelombang laut yang membanjiri pantai sejauh 75 m. Suara gemuruh datang dari Krakatau, dan terdengar tidak hanya di Tjikawung, tetapi juga sedikit ke utara di Sumur. Tidak ada laporan lebih lanjut tentang kejadian ini dari tempat lain karena wilayah pantai yang terdampak sepi ketika malam hari.

Gelombang tsunami yang terakhir terjadi pada 22 Desember 2018 di Krakatau, dengan jangkauan gelombang yang mencapai wilayah Lampung dan Ujung Kulon dengan ketinggian maksimal 10 m. Pada saat kejadian dilaporkan terdapat 437 korban jiwa, 16 hilang, 14.059 luka-luka, dan 33.719 mengungsi. Sedikitnya 2.752 rumah, 92 hotel dan vila, serta 510 perahu rusak. Korban jiwa dan kerusakan harta benda berasal dari lima kabupaten, yakni Pandenglang, Serang, Lampung Selatan, Pesawaran dan Tanggamus. Jumlah korban dan wilayah yang paling terkena dampak kerusakan adalah wilayah pesisir Kabupaten Pandenglang karena pada saat kejadian, sedang ada kegiatan konser di daerah Sumur yang menyebabkan terkumpulnya orang-orang di satu titik.

Pulau Sumatra dan Pulau Jawa dihubungkan oleh selat yang bernama Selat Sunda. Di dalam Selat Sunda, terdapat lempengan *megathrust* yang dapat menyebabkan gempa yang berakibat menciptakan tsunami yang besar. Tercatat, tsunami yang terjadi di wilayah pesisir Sumatra dan Jawa terjadi karena kegiatan lempengan tektonik maupun vulkanik di selat ini. Gempa bumi yang menyebabkan tsunami di selat terdapat sebanyak 3 kali, sedangkan sisanya terjadi akibat aktivitas tektonik gunung berapi baik, itu erupsi, maupun longsoran gunung berapi. Karena berada di antara dua pulau, tsunami yang tercipta di Selat Sunda akan berdampak pada pesisir Sumatra dan Jawa. Di bawah ini merupakan gambar titik kejadian tsunami dari pesisir barat Sumatra hingga selatan Jawa.



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

Indonesia berada di wilayah yang disebut *ring of fire* sehingga banyak bencana yang terjadi. *Ring of fire* adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan sejumlah zona seismik yang membentuk cincin atau lingkaran mengelilingi Samudra Pasifik. Wilayah ini terkenal karena aktivitas vulkanik yang tinggi dan sering terjadi gempa bumi di sepanjang garis pantai yang membentuk lingkaran tersebut. *Ring of fire* mencakup sebagian besar tepi lempeng tektonik di sekitar Samudra Pasifik, termasuk daerah-daerah seperti pesisir barat Amerika Utara dan Selatan, pesisir timur Asia, Kepulauan Indonesia, Filipina, Jepang, hingga kawasan Pasifik Selatan. Wilayah ini merupakan tempat bertemunya beberapa lempeng tektonik besar, seperti Lempeng Pasifik, Lempeng Filipina, Lempeng Cocos, Lempeng Nazca, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Amerika Utara (Buu-lolo *et al.*, 2017).

Karena interaksi lempeng-lempeng tektonik ini, *ring of fire* menjadi pusat aktivitas geologis yang signifikan. Wilayah ini sering kali mengalami gempa bumi besar dan letusan gunung berapi yang kuat. Sebagian besar gempa bumi dan letusan gunung berapi di dunia terjadi di sepanjang *ring of fire*. Tidak hanya aktivitas lempeng tektonik, tingginya aktivitas seismik dan vulkanik di wilayah ini menyebabkan daerah-daerah yang berada di dalam *ring of fire* perlu meningkatkan kewaspadaan terhadap risiko gempa bumi, tsunami, dan letusan gunung berapi (Utomo, 2019). Berikut peta daerah yang dilewati oleh *ring of fire*.



Gambar 3 . Peta sebaran *ring of fire*  
Sumber : Geologinesia (2019)

## 2.4 Mitigasi Bencana Tsunami

Mitigasi bencana adalah tindakan-tindakan untuk mengurangi atau meminimalkan potensi dampak negatif dari bencana yang diprediksi akan terjadi di masa mendatang. Menurut Jokowiarno (2011), dalam Undang-undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana disebutkan mitigasi dapat dilakukan baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana. Upaya mitigasi bencana tsunami dapat dilakukan berupa upaya struktural, penataan ruang, sistem peringatan dini (*early warning system*), hingga sosialisasi kepada masyarakat untuk lebih mengenal karakter dari bencana tsunami terutama di daerah rawan tsunami (Marwanta, 2005).

Pengertian lainnya menurut Peraturan Pemerintah pasal 1 ayat 6 No. 21 Tahun 2008, mitigasi bencana adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana.



Gambar 4. Siklus penanggulangan bencana  
Sumber : Amri *et al.* (2016)

Berdasarkan gambar di atas terdapat 4 tahapan dalam penanggulangan bencana berdasarkan siklus waktunya, kegiatan penanganan bencana dapat dibagi ke dalam 4 kategori :

1. Mitigasi merupakan tahap awal penanggulangan bencana alam untuk mengurangi dan memperkecil dampak bencana. Mitigasi adalah kegiatan sebelum bencana terjadi. Contoh kegiatannya antara lain membuat peta wilayah rawan bencana, pembuatan bangunan tahan gempa, penanaman pohon bakau, penghijauan hutan, serta memberikan penyuluhan, dan meningkatkan kesadaran masyarakat yang tinggal di wilayah rawan gempa.
2. Kesiapsiagaan merupakan perencanaan terhadap cara merespons kejadian bencana. Perencanaan dibuat berdasarkan bencana yang pernah terjadi dan bencana lain yang mungkin akan terjadi. Tujuannya adalah untuk meminimalkan korban jiwa dan kerusakan sarana-sarana pelayanan umum yang meliputi upaya mengurangi tingkat risiko, pengelolaan sumber-sumber daya masyarakat, serta pelatihan warga di wilayah rawan bencana.

3. Respon tanggap darurat merupakan upaya meminimalkan bahaya yang diakibatkan bencana. Tahap ini berlangsung sesaat setelah terjadi bencana. Rencana penanggulangan bencana dilaksanakan dengan fokus pada upaya pertolongan korban bencana dan antisipasi kerusakan yang terjadi akibat bencana.
4. Pemulihan atau rehabilitasi dan rekonstruksi merupakan upaya mengembalikan kondisi masyarakat seperti semula. Pada tahap ini, fokus diarahkan pada penyediaan tempat tinggal sementara bagi korban serta membangun kembali sarana dan prasarana yang rusak. Selain itu, dilakukan evaluasi terhadap langkah penanggulangan bencana yang dilakukan.

Salah satu upaya yang telah dilakukan pemerintah dalam mitigasi tsunami adalah dibangunnya sistem peringatan dini tsunami atau dikenal dengan InaTWES atau Indonesia Tsunami *Early Warning System* (Hardy, 2013). Peringatan dini tsunami yang dikembangkan BMKG didasarkan data gempa, data diolah dan dianalisis sesuai karakteristik gempa yang dapat mengakibatkan tsunami, kemudian peringatan tsunami disebarkan ke pantai-pantai yang berpotensi tsunami melalui sirine bencana. Peringatan dini yang efektif apabila dapat memicu reaksi yang tepat dan masyarakat mampu menyelamatkan diri sebelum tsunami datang (BMKG, 2012). Mengingat waktu yang singkat antara terjadinya gempa dan gelombang tsunami maka diharapkan masyarakat dapat mengambil keputusan yang tepat terkait evakuasi bencana.

## **2.5 Sistem Informasi Geografis (SIG)**

Sistem informasi geografis (SIG) adalah suatu sistem yang menekankan pada unsur geografis, istilah geografis merupakan bagian dari spasial (keruangan) yang berarti persoalan tentang bumi : permukaan dua atau tiga dimensi. Istilah informasi geografis mengandung pengertian informasi mengenai tempat-tempat yang terletak di permukaan bumi, dan informasi mengenai keterangan-keterangan (atribut) yang terdapat di permukaan bumi yang posisinya diberikan atau diketahui. SIG merupakan sistem komputer yang memiliki empat kemampuan berikut dalam menangani data yang bereferensi geografis : (a) masukan, (b) keluaran, (c)

manajemen data (penyimpanan dan pemanggilan data), (d) analisis dan manipulasi data-data yang digunakan dan dianalisis dalam suatu SIG berbentuk data peta (spasial) yang terhubung langsung dengan data tabular yang mendefinisikan bentuk geometri data spasial. Misalnya apabila dibuat suatu *theme* atau *layer* tertentu, maka secara otomatis *layer* tersebut akan memiliki data tabular yang berisi informasi tentang bentuk datanya (*point*, *line* atau *polygon*) yang berada dalam *layer* tersebut (Eddy & Prahasta, 2005).

Menurut Chrisman & Nicholas (1997), SIG adalah sistem yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data, manusia (*brainware*), organisasi dan lembaga yang digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, menganalisis, dan menyebarkan informasi-informasi mengenai daerah-daerah di permukaan bumi. Selanjutnya Gistut (1994), menjelaskan bahwa SIG adalah sistem yang dapat mendukung (proses) pengambilan keputusan (terkait aspek) spasial dan mampu mengintegrasikan deskripsi-deskripsi lokasi dengan karakteristik-karakteristik fenomena yang ditemukan di lokasi tersebut. SIG yang lengkap akan mencakup metodologi dan teknologi yang diperlukan, yaitu data spasial, perangkat keras, perangkat lunak, dan struktur organisasi.

Dari beberapa informasi tentang SIG tersebut maka dapat disimpulkan bahwa SIG merupakan sebuah sistem atau teknologi berbasis komputer yang dibangun dengan tujuan untuk mengumpulkan, menyimpan, mengolah dan menganalisis, serta menyajikan data dan informasi dari suatu objek atau fenomena yang berkaitan dengan letak atau keberadaanya di permukaan bumi.

## **2.6 Jalur Evakuasi**

Jalur evakuasi adalah lintasan yang digunakan sebagai pemindahan langsung dan cepat dari orang-orang yang akan menjauh dari ancaman atau kejadian yang dapat membahayakan jiwa (John, 1994). Ada dua jenis evakuasi yang dapat dibedakan, yaitu evakuasi skala kecil dan evakuasi skala besar. Contoh dari evakuasi skala kecil yaitu penyelamatan yang dilakukan dari sebuah bangunan yang disebabkan ancaman bom atau kebakaran. Contoh dari evakuasi skala besar yaitu

penyelamatan dari sebuah daerah karena banjir, letusan gunung berapi atau badai. Dalam situasi ini yang melibatkan manusia secara langsung atau pengungsi sebaiknya didekontaminasi sebelum diangkut keluar dari daerah yang terkontaminasi

Jalur merupakan prasarana transportasi darat meliputi setiap bagian jalan seperti bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang disediakan bagi lalu lintas yang berada pada permukaan tanah (Sahwilliza, 2018). Evakuasi adalah tindakan perpindahan, pemindahan, dan penyelamatan masyarakat dari tempat bahaya ke tempat aman. Prinsip evakuasi tsunami adalah dengan meninggalkan wilayah rawan tsunami menuju wilayah yang aman. Hal tersebut secara sederhana dipahami dengan meninggalkan wilayah yang dekat dengan pantai menuju dataran yang jauh dari pantai sehingga aman dari gelombang tsunami. Evakuasi jenis ini dikenal dengan sebutan evakuasi horizontal. Jalur evakuasi merupakan jalur atau lintasan pemindahan langsung dan cepat yang digunakan oleh orang-orang untuk menghindari dari ancaman atau kejadian yang membahayakan.

Jalur evakuasi adalah jalan atau lintasan yang dirancang bersama untuk dilalui pada waktu evakuasi. Menurut pedoman perencanaan jalur dan rambu evakuasi tsunami BNPB, (2014) jalur evakuasi adalah jalan atau lintasan yang dirancang bersama untuk dilalui pada waktu evakuasi tsunami yang menuju ke tempat aman dari tsunami (bisa berupa TEA (tempat evakuasi akhir) dan TES (tempat evakuasi sementara)). Jalur evakuasi terbagi menjadi dua, yaitu jalur evakuasi primer yang merupakan jalur evakuasi menuju TEA, dan jalur evakuasi sekunder yang merupakan jalur evakuasi menuju TES.

Kriteria-kriteria perencanaan jalur evakuasi yang akan digunakan berdasarkan klasifikasi fungsi jalan, yaitu (Saputra & Ramadhan, 2019) :

1. Jalan arteri, yaitu jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.

2. Jalan kolektor, yaitu jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
3. Jalan lokal, yaitu jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

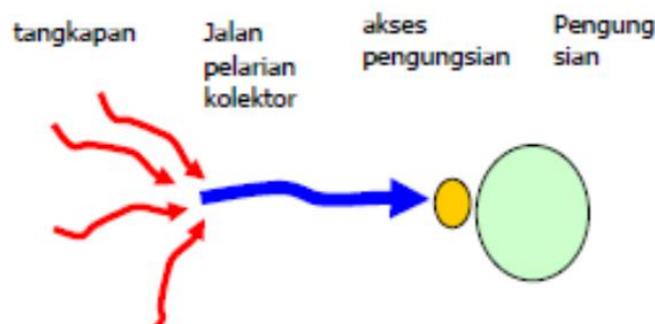
Perencanaan jalur evakuasi adalah untuk mencari jalan tersingkat menuju daerah aman bagi masyarakat yang bertempat tinggal di daerah rawan bencana. Jalur evakuasi menggunakan akses jalan yang telah ada baik jalan raya maupun jalan lingkungan. Penataan jalur evakuasi disesuaikan dengan jumlah penduduk serta perkiraan kapasitas pengungsian wilayah tersebut. Pengaturan jalur evakuasi dan penempatan rambu diberlakukan merujuk pada ketentuan yang telah disepakati nasional maupun internasional (SDC, 2007).

Konsep standar perencanaan jalur evakuasi tsunami (SDC, 2007) adalah sebagai berikut.

- a. Jalur evakuasi dirancang menjauhi garis pantai, muara sungai, badan aliran sungai, saluran air atau kawasan industri bila ada. Jalur evakuasi akan mengarahkan masyarakat keluar dari daerah rawan tsunami menuju tempat aman terdekat atau tempat kumpul.
- b. Standar lebar jalan 6 m tetapi lebar jalan yang lebih kecil juga diperbolehkan pada situasi yang memerlukan kapasitas kecil yaitu 4 m.
- c. Maksimum jarak jalur evakuasi 2 km digunakan untuk memaksimalkan waktu perjalanan.
- d. Jalur evakuasi diupayakan menghindari melintasi sungai atau melewati jembatan, mendekati telaga, danau, rawa, atau situ.
- e. Jalur evakuasi dibuat sistem blok untuk menghindari penumpukan massa pengungsi. Setiap blok dibatasi oleh badan sungai yang tegak lurus terhadap garis pantai.
- f. Jalur evakuasi dilengkapi dengan rambu evakuasi yang sudah dilengkapi dengan nama tujuan dan jarak yang harus ditempuh menuju tempat kumpul.

Perencanaan jalur evakuasi juga mempertimbangkan aksesibilitas yaitu jalan yang digunakan saat evakuasi. Berdasarkan fungsi kelas jalan terdapat beberapa pengaturan minimal lebar jalan yang digunakan sesuai dengan kelas jalan.

Jalur evakuasi dapat direncanakan sesuai dengan prinsip kelas jalan yaitu kolektor dan arteri. Kolektor merupakan jalan yang diarahkan menuju arteri setelah itu menuju ke lokasi evakuasi seperti pada Gambar 5. Peta jalur evakuasi merupakan peta yang berisi petunjuk evakuasi dari daerah rawan bencana ke tempat yang lebih aman. Peta jalur evakuasi juga diharuskan bersifat sederhana, mudah dibaca dan dimengerti oleh semua kalangan atau kelompok masyarakat serta bersifat dinamis disesuaikan dengan informasi yang tersedia kemudian disempurnakan lagi sesuai dengan kerentanan terhadap bencana, perkembangan tata ruang dan tingkat kepadatan populasi (Permana *et al.*, 2007).



Gambar 5. Struktur sistem jalur evakuasi  
Sumber: SDC, 2007

## 2.7 Tempat Evakuasi

Tempat evakuasi adalah lokasi yang dirancang untuk menjadi tempat perlindungan sementara bagi orang-orang yang harus meninggalkan rumah atau area tempat tinggal mereka karena ancaman atau bencana tertentu. Tempat evakuasi bertujuan untuk memberikan perlindungan, makanan, air, perawatan medis, dan fasilitas dasar lainnya kepada mereka yang dievakuasi (BNPB, 2014).

Pada saat perencanaan proses (penentuan rencana/jalur) evakuasi, ada beberapa istilah yang sekiranya perlu dipahami seperti titik kumpul, tempat evakuasi

sementara (TES), tempat evakuasi akhir (TEA), dan jalur evakuasi. Pada area pesisir Kecamatan Limau masyarakat terlibat langsung dalam penentuan jalur serta tempat evakuasinya.

### 1. Tempat Evakuasi Sementara

Tempat evakuasi sementara yang disingkat TES adalah tempat berkumpul sementara bagi pengungsi saat terjadi bencana. Tempat evakuasi sementara berupa lapangan terbuka yang aman dari jalur terjangan material gunung api maupun lahar dan dekat dengan jalur evakuasi bencana. Kriteria memilih tempat evakuasi sementara haruslah berada di luar area terdampak bencana. Bangunan harus memiliki luas setidaknya 225 m<sup>2</sup> dan harus memiliki akses langsung ke jalan primer (jalan kabupaten) atau jalan sekunder (jalan desa) dengan jarak atau jangkauan maksimum 20 meter. Bangunan evakuasi sementara harus memiliki akses terhadap jalan dengan lebar badan jalan minimal 6,5 m yang terhubung dengan jalan kabupaten atau jalan desa (Khaerunnisa & Wulan, 2019). Menurut Purbani, D., (2014) wilayah yang rentan umumnya terletak di wilayah pesisir, oleh karena itu perlu ditentukan wilayah mana saja yang dapat dijadikan sebagai usulan tempat evakuasi sementara (TES). Melalui pendekatan SIG, penelitian ini mengusulkan agar TES didirikan di wilayah permukiman rawan tsunami yang memiliki fasilitas jalan atau aksesibilitas yang baik.

### 2. Tempat Evaluasi Akhir

Tempat evakuasi akhir yang selanjutnya disingkat TEA adalah tempat berkumpul akhir bagi pengungsi yang dapat berfungsi sebagai tempat hunian sementara saat terjadi bencana. Salah satu syarat utama tempat evakuasi akhir adalah ketentuan lokasi harus di luar kawasan rawan bencana. Ruang evakuasi merupakan suatu tempat pengungsian atau pemindahan penduduk dari daerah-daerah yang berbahaya ke daerah yang aman dari bahaya tersebut. Ruang evakuasi merupakan salah satu bentuk tindakan preventif dalam usaha mengurangi dampak kerugian akibat bencana (Budiwati, 2010).

## 2.8 Network Analysis

Jaringan merupakan seluruh sistem yang terkoneksi dengan fitur lain secara *linear* seperti jalan. Pada ArcGIS, *network analysis* merupakan tipe analisis jaringan untuk menentukan wilayah yang tercakupi seluruh jalan yang dapat diakses (jalan yang tidak terhambat). *Network analysis* merupakan analisis yang digunakan untuk memecahkan masalah terkait dengan jaringan. Tujuan dari dilakukannya *network analysis* adalah agar lebih efisien dalam arti dapat menghemat waktu dan uang. Menu ini bekerja menurut algoritma Dijkstra untuk menentukan jalur tercepat antara suatu titik dengan titik lainnya. Algoritma Dijkstra ditemukan oleh Edsger Wybe Dijkstra pada tahun 1959. Menurut Ardana D (2016), algoritma Dijkstra adalah sebuah algoritma *greedy* yang dipakai dalam memecahkan permasalahan jarak terpendek untuk sebuah *graf* berarah dengan bobot-bobot sisi (*edge*) yang bernilai tak negatif. Ide dasar algoritma Dijkstra ialah pencarian nilai *cost* yang terdekat dengan tujuan yang berfungsi pada sebuah graf berbobot, sehingga dapat membantu memberikan pilihan jalur. Pada algoritma Dijkstra, *node* digunakan karena algoritma Dijkstra menggunakan *graf* berarah untuk penentuan rute lintasan terpendek. Algoritma ini bertujuan untuk menemukan jalur terpendek berdasarkan bobot terkecil dari satu titik ke titik lainnya.

*Tools* yang dibutuhkan antara lain adalah data jaringan jalan dan *software* SIG dengan menggunakan ekstensi *network analysis*. *Tools* tersebut dapat digunakan untuk menganalisis jalur secara langsung, *optimum routing*, analisis fasilitas yang paling dekat, analisis waktu mengemudi, dan petunjuk arah mengemudi. *Network analysis* menggunakan impedansi dalam menentukan jalur terbaik. *Default* impedansi adalah panjang garis. Analisis ini dapat menggunakan faktor lainnya juga, seperti estimasi waktu tempuh dengan catatan bahwa nilai harus ada pada tabel atribut dan ditentukan sebelum analisis. Pada *network analysis*, terdapat ekstensi yang salah satunya *service area*.

*Network analysis* memiliki berbagai fungsi. Fungsi-fungsi tersebut di antaranya adalah:

1. Analisis jalur langsung. Analisis ini digunakan untuk mencari jalur terdekat dari suatu titik ke titik lainnya seperti mencari rute terdekat untuk menuju

supermarket dari rumah.

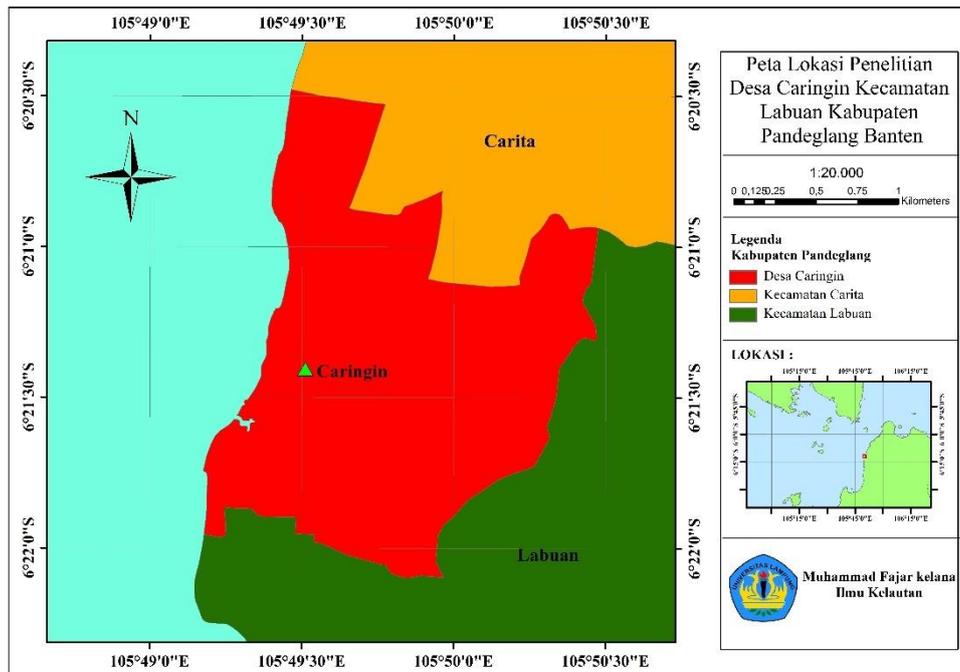
2. Pada *network analysis* juga terdapat fungsi *optimum routing* yang digunakan untuk mencari rute-rute untuk menuju banyak lokasi dalam sekali jalan. Fungsi ini memudahkan *delivery man* dalam mengunjungi beberapa rumah agar lebih efisien, cepat, dan hemat.
3. Selain rute atau jalur, analisis jaringan juga dapat digunakan untuk menganalisis fasilitas terdekat untuk mendapatkan pelayanan. Hal ini juga berkaitan dengan jangkauan pelayanan dari fasilitas tersebut. Pencarian fasilitas terdekat seperti saat terjadi kecelakaan, maka dapat dicari rumah sakit terdekat dengan mempertimbangkan aksesibilitas tercepat.
4. Analisis *drive time* merupakan analisis yang digunakan untuk menganalisis waktu tempuh menuju pusat fasilitas seperti digunakan untuk membantu suatu toko menentukan berapa banyak konsumen dalam radius 5 mil.
5. Menjadi penunjuk arah pengemudi seperti menggantukan peta kertas atau Berfungsi sebagai *mapquest*.

Dengan ekstensi *network analysis* pada ArcGIS, dapat ditemukan *service area* di sekeliling lokasi pada jaringan. *Service area* juga berfungsi untuk membantu mengevaluasi aksesibilitas. *Service area* yang memusat menunjukkan bagaimana aksesibilitas berubah dengan impedansi. Jika *service area* sudah terbentuk, maka dapat digunakan untuk mengidentifikasi berapa banyak lahan, jumlah penduduk, dan kedekatan dengan wilayah tetangga (Febriyanto, 2023)

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada Oktober–November 2023. Lokasi penelitian adalah di Kecamatan Labuan, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten. Peta lokasi penelitian disajikan pada gambar di bawah ini.



Gambar 6. Peta lokasi penelitian

### 3.2 Alat dan Bahan

Alat dan Bahan yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 2

Tabel 2. Alat dan bahan penelitian

No	Nama Alat dan Bahan	Kegunaan
1	Laptop	Pengolahan data dengan perangkat lunak.
2	Perangkat lunak ( <i>software</i> ) ArcGIS 10.3.	Perangkat lunak digunakan untuk pembuatan peta wilayah, pemodelan aksesibilitas evakuasi, kemiringan lahan, dan penggunaan lahan, serta peta pemodelan genangan tsunami.
3	Kamera	Perangkat untuk dokumentasi.
4	Peta dasar RBI	Data digunakan untuk pembuatan peta dasar wilayah penelitian, jaringan jalan dan peta jarak garis pantai.
5	DEMNAS	Data digunakan untuk pembuatan peta kemiringan lahan ( <i>slope</i> ), peta ketinggian dan penggunaan lahan ( <i>land use</i> ).
6	Citra/foto udara ( <i>Basemap</i> )	Data digunakan untuk membuat peta penggunaan lahan dan garis pantai.
7	Google Earth	Data digunakan untuk membuat peta jaringan jalan dan digitasi serta membuat jalur evakuasi tercepat
8	GPS ( <i>Global Positioning System</i> )	Alat digunakan untuk melakukan <i>ground check</i> (pengecekan lapangan)
9	Peta <i>Open Street Map</i>	Data sebaran bangunan / permukiman

#### 3.2.1 Pengumpulan Data

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder.

##### a. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung. Data primer pada penelitian terdiri dari data *ground check* yang dilakukan dengan cara mendokumentasikan kondisi *existing* lokasi penelitian baik dari kondisi jalan maupun lingkungan sekitar. Dokumentasi tersebut digunakan sebagai data pendukung dalam melakukan analisis terhadap kondisi tertentu pada lokasi penelitian.

##### b. Data Sekunder

Data sekunder pada penelitian terdiri dari dua jenis data, yaitu sebagai berikut:

**a) Data Shape File (SHP)**

Data SHP adalah format data *vektor* yang digunakan untuk menyimpan lokasi, bentuk, dan atribut dari fitur geografis. Format data SHP disimpan dalam satu set file terkait dan berisi dalam satu kelas fitur. Data SHP ini memuat berbagai macam informasi dalam sebuah kabupaten seperti jaringan jalanan, gedung, dan lain sebagainya. Pada penelitian kali ini data SHP yang digunakan adalah data administrasi kecamatan, data jaringan jalan, dan data bangunan.

**b) Data DEM (*Digital Elevation Model*)**

Data DEM (*digital elevation model*) merupakan informasi ketinggian suatu wilayah di permukaan bumi yang disimpan dalam format digital berupa bentuk raster berbasis *piksel* atau *vektor* yang berbasis *polygon* (Trisakti, 2010). Selain itu juga DEM merupakan salah satu model untuk menggambarkan bentuk topografi permukaan bumi sehingga dapat divisualisasikan ke dalam tampilan 3D (tiga dimensi). Pada penelitian kali ini data DEM digunakan untuk membuat kontur permukaan daerah Kecamatan Labuan sebagai acuan kemiringan.

**3.3 Metode Penelitian**

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kuantitatif deskriptif yang diperoleh melalui pendekatan analisis spasial. Metode kuantitatif adalah metode pendekatan ilmiah yang berlandaskan angka dan apapun yang terukur dalam investigasi sistematis dari suatu fenomena untuk mencari hubungan. Tujuan dari penelitian yang menggunakan metode kuantitatif adalah untuk mengembangkan dan menggunakan model-model matematis, teori-teori dan atau hipotesis yang berkaitan dengan fenomena-fenomena yang terjadi di alam (Sugiyono, 2012).

Dalam pandangan Sugiyono, (2012) 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, konkrit serta memiliki keterkaitan yang berindikasi pada sebab akibat. Hasil dari pengolahan tersebut kemudian akan dijabarkan menggunakan paragraf.

### 3.4 Pengolahan Data

Pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode analisis geospasial atau sistem informasi geografis (SIG) dengan dukungan data primer. Sistem informasi geografis (SIG) diartikan sebagai sistem informasi yang digunakan untuk memasukkan, menyimpan, mengolah, menganalisis dan menghasilkan data referensi geografis atau data geospasial, untuk mendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan dan pengelolaan penggunaan lahan, sumber daya alam, lingkungan transportasi, fasilitas kota, dan pelayanan umum lainnya. Komponen utama SIG adalah sistem komputer, data geospasial dan pengguna. Semua data yang terkumpul kemudian akan diolah sesuai kebutuhannya masing-masing dan sesuai dengan dasar datanya.

Dalam menjalankan pengolahan data SIG digunakan perangkat lunak ArcGIS. ArcGIS sendiri adalah salah satu perangkat lunak yang digunakan untuk membuat sistem informasi geografis (SIG) yang berbasis dekstop. *Software* ini memiliki beberapa fungsi ekstensi yang telah tersedia didalamnya serta juga mengimplementasikan konsep berbasis data spasial. ArcGIS diciptakan khusus untuk kompatibilitas sistem informasi berbasis geografis (SIG) yang membutuhkan performa besar seperti *Server GIS*, *Database GIS*, *Web GIS* dan lain sebagainya. *Software* ArcGIS telah menyediakan berbagai macam *tools*, tutorial serta ekstensi yang mudah dipahami dan digunakan (Wijaya & Ayunda, 2014).

#### 3.4.1 Mengidentifikasi Daerah Rendaman Tsunami

Identifikasi daerah rendaman didasarkan dengan perhitungan sistematis yang didasarkan pada kemiringan lahan, penggunaan lahan, dan rasio ketinggian gelombang yang selanjutnya akan diolah menggunakan ArcGIS pada *tools Model Builder*.

##### 3.4.1.1 Tutupan Lahan

Pembuatan peta tutupan lahan diperuntukan untuk dapat melihat sejauh mana gelombang dapat merambat. Peta tutupan lahan ini terdiri dari lahan kosong, lahan pertanian, kebun, semak belukar, permukiman, dan hutan. Semakin kosong

daerahnya maka gelombang akan semakin mudah merambat. Prosedur pembuatan peta tutupan lahan adalah sebagai berikut ;

- Citra Satelit

Citra satelit Landsat 9 dengan ukuran spasial 20 x 20 m<sup>2</sup> digunakan untuk menentukan penggunaan lahan pada suatu daerah. Citra satelit dipertajam menggunakan perangkat lunak ArcGIS menggunakan komposit RGB *true color* pada *band* tertentu yang digunakan untuk menampilkan warna dari kombinasi 3 warna primer (merah, hijau dan biru). Citra yang digunakan pada penelitian ini adalah citra landsat 9 dengan kombinasi *band* warna 4-3-2.

- Pemotongan Citra

Pemotongan citra dilakukan untuk membatasi wilayah studi sesuai dengan daerah yang diteliti dengan tujuan untuk mempermudah dalam menganalisa dan memperkecil ukuran penyimpanan data. Pemotongan dilakukan menggunakan peta administrasi Desa Caringin.

- *Classification Unsupervised*

*Classification Unsupervised* digunakan untuk mengelompokan data dengan menganalisa klaster secara otomatis dan menghitung kembali rata-rata kelas secara berulang dengan komputer. Pengelompokan piksel menjadi kelas spektral diawali dengan menentukan jumlah kelas spektral yang akan dibuat sehingga diperoleh kelas spektral yang akan dibentuk. Proses klasifikasi tak terbimbing ini dilakukan pada perangkat lunak ArcGIS dengan menggunakan *tools classification* lalu pilih *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 & Firman (2020), pembuatan peta tutupan lahan yang didasarkan dengan koefisien kekasaran dimaksudkan sebagai gambaran nyata di lapangan pada saat gelombang tsunami merambat di wilayah daratan. Berikut nilai koefisien kekasaran disajikan pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Nilai koefisien kekasaran tutupan lahan

No.	Tutupan lahan	Nilai koefisien kekasaran
1.	Lahan kosong	0,015
2.	Lahan pertanian	0,025
3.	Kebun	0,035
4.	Semak belukar	0,040
5.	Permukiman	0,045
6.	Hutan	0,070

Sumber : BNPB (2023)

#### 3.4.1.2 Kemiringan Lahan (*Slope*)

Identifikasi kemiringan lahan menggunakan data DEM (*digital elevation model*) yang diperoleh dari [tanahair.indonesia.go.id/](http://tanahair.indonesia.go.id/) yang kemudian diolah menjadi peta kemiringan lahan. Peta kemiringan lahan diolah menggunakan *software* ArcGIS 10.3 menggunakan *tools slope* yang terdapat pada fitur *Arc Toolbox*. Sama pemotongan citra, pemotongan DEM ini juga dilakukan untuk membatasi wilayah studi sesuai dengan daerah yang diteliti. *Reclassify* secara garis besar digunakan untuk mengklasifikasi ulang (mengubah) nilai dalam raster. *Slope* mengidentifikasi kecuraman pada setiap sel permukaan raster. Semakin rendah nilai kemiringan, semakin datar medannya; semakin tinggi nilai kemiringannya, semakin curam medannya. Wilayah dengan kontur yang lebih tinggi akan semakin aman dari jangkauan gelombang tsunami (Oktariadi, 2009).

#### 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:

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

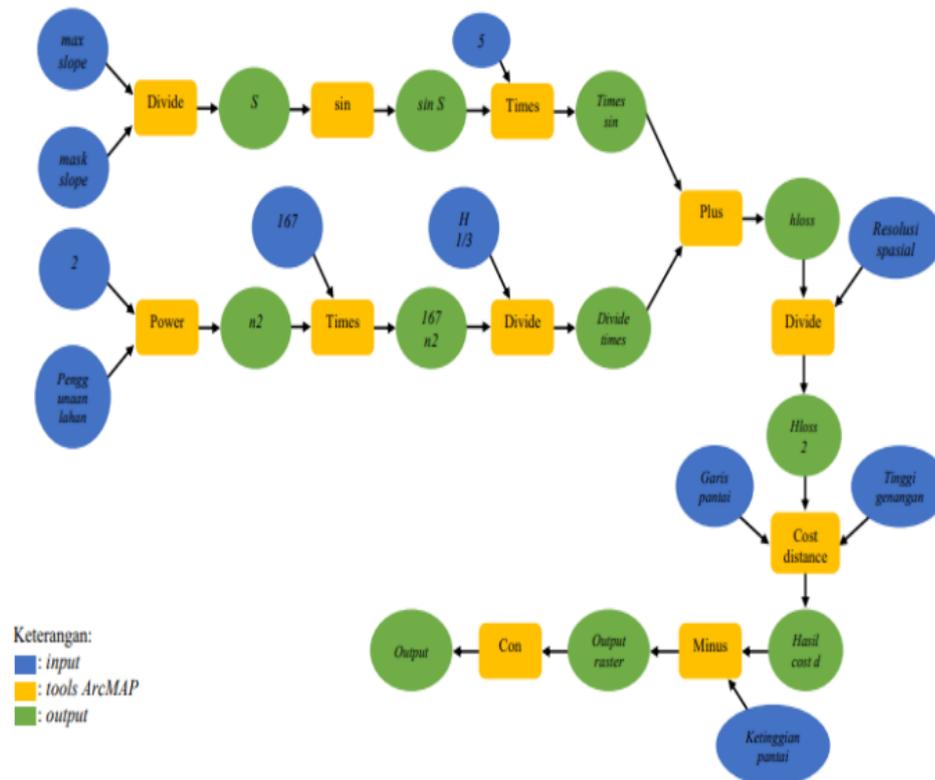
#### Keterangan

$H_{\text{loss}}$	: Nilai penurunan air saat masuk ke darata
$n$	: Koefisien kekasaran
$H_0$	: Tinggi tsunami pada garis pantai
$S$	: Slope/kemiringan lahan

Proses pengolahan data untuk pemodelan limpasan tsunami adalah sebagai berikut;

1. Data DEM dimasukkan, lalu dikonversi nilainya menjadi derajat menggunakan *tools slope*.
2. Hasil yang didapatkan dikalikan dengan 5 Sin menggunakan *tools raster calculator*.
3. Peta tutupan lahan dimasukan ke dalam *model builder* kemudian dikali dengan 167.
4. Hasil yang didapatkan dibagi dengan ketinggian tsunami yang akan digunakan (5 m,10 m, dan 15 m), lalu diberi pangkat 1/3.
5. 5 sin S yang sudah didapatkan dari perhitungan sebelumnya ditambahkan.
6. Hasil  $H_{\text{loss}}$  didapatkan.
7. Hasil  $H_{\text{loss}}$  yang didapat kemudian 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 7 di bawah ini.



Gambar 7. Model Builder pemodelan daerah rendaman tsunami.

Proses perhitungan area terendam adalah dengan mengkonversi luasan area terendam tsunami dalam satuan hektar (ha) ke dalam persentase. Perhitungan ini ditujukan mendapatkan kesimpulan status kerentanan wilayah terendam berdasarkan masing-masing skenario (Hidayatullah, 2015). Berikut tabel konversi persentase status kerentanan wilayah terendam yang disajikan pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Klasifikasi nilai tingkat kerentanan wilayah terendam

Konversi status kerentanan wilayah terendam	
Nilai%	Status
0-20	Tidak rentan
21-40	Kurang rentan
41-60	Cukup rentan
61-80	Rentan
>80	Sangat rentan

Sumber: Bretschneider & Wybro (1976)

### 3.4.2 Memetakan Daerah Layanan Evakuasi

Daerah layanan evakuasi sendiri adalah wilayah atau lokasi yang telah ditentukan dan disiapkan untuk menjadi tempat perlindungan atau tempat evakuasi bagi penduduk atau masyarakat dalam situasi darurat atau bencana. Ketinggian tempat atau topografi wilayah yang merupakan lokasi titik evakuasi sementara yang akan dituju oleh penduduk saat prabencana tsunami harus berada di ketinggian  $>15$  m di atas permukaan laut. Berdasarkan teori dari Haryadi *et al.*, (2007), bahwa pada kelas wilayah yang rawan terhadap tsunami dapat ditentukan dari garis kontur yaitu di antara 1-15 m adalah wilayah yang masih rawan terhadap tsunami, kemudian di ketinggian  $>15$  m adalah ketinggian yang masuk dalam kategori aman sebagai titik tempat evakuasi sementara bencana. Titik evakuasi sementara atau biasa juga disebut TES biasanya berupa bangunan yang memiliki daya tampung yang banyak ataupun dapat berupa lapangan. Bangunan yang biasanya menjadi salah satu TES biasanya berupa sekolah atau tempat ibadah. Dalam kerangka penelitian ini, titik evakuasi sementara yang dipilih adalah pertemuan jaringan jalan (jalur evakuasi) dengan kontur ketinggian 15 m. Konsep ini dipakai untuk memudahkan waktu tempuh dan daerah layanan dari setiap lokasi menuju titik tujuan evakuasi (Purbani, 2014).

Data yang digunakan untuk menentukan daerah layanan berupa data primer dan sekunder. Data primer yang digunakan adalah hasil dari survei lapangan untuk menentukan layak atau tidaknya titik evakuasi sementara dan jaringan jalan yang tersedia. Data sekunder yang digunakan adalah jaringan jalan pada ketinggian 0-15 m.

### 3.4.3 Memetakan Rute Evakuasi dengan Waku Tempuh Terbaik

Rute evakuasi tercepat dapat didapatkan menggunakan menu “*Closest Facility*” yang ada pada *tools network analyst*. *Tools* ini beroperasi menurut algoritma Djikstra untuk menentukan jalur tercepat antara suatu titik dengan titik yang lainnya. Kecepatan evakuasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah selang kecepatan berjalan normal 1 m/s hingga 3,8 m/s untuk berlari kecil (Wang *et al.*, 2016). Namun untuk mengetahui skenario terburuk dalam proses evakuasi tsunami, maka

digunakan kecepatan rata-rata berjalan orang dewasa yaitu 1 m/s (Pinna & Murrau, 2018). Kecepatan berjalan normal dipilih karena kondisi jalan serta padatnya penduduk di Desa Caringin tidak memungkinkan untuk melakukan evakuasi menggunakan kendaraan bermotor.

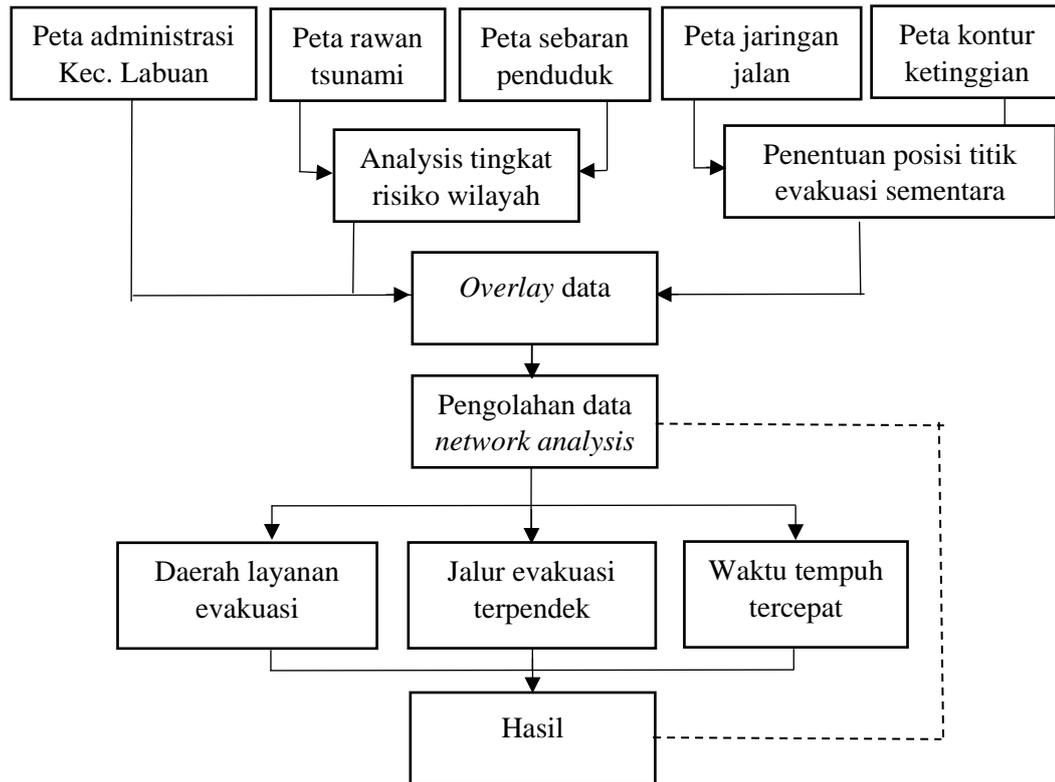
Pada menu “*Closest Facility*” terdapat beberapa data yang harus diinput untuk menghasilkan peta waktu tempuh yaitu :

1. Data set jaringan jalan
2. Masukkan titik evakuasi sementara pada keterangan :”*Facilities*”
3. Masukkan titik bangunan yang berada pada ketinggian kurang dari 15 m pada keterangan “*Incident*”.

Kemudian setelah semua data diinput, maka secara otomatis *network analyst* akan membuatkan waktu tempuh yang diperlukan dari titik bangunan hingga mencapai TES.

### **3.5 Prosedur Kerja**

Berikut merupakan langkah kerja dalam tahapan pembuatan peta jalur evakuasi wilayah Desa Caringin, Kecamatan Labuan terhadap bencana tsunami menggunakan pendekatan sistem informasi geografis dengan metode *Network Analysis*.



Gambar 8. Langkah kerja pembuatan peta jalur evakuasi tsunami

Tahap pengumpulan data merupakan proses pengumpulan data-data yang dibutuhkan dalam penelitian. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini di antaranya :

#### a. Data Spasial

Data spasial merupakan data yang dapat diamati dan diidentifikasi di lapangan yang berkaitan dengan masalah ruang di atas atau di dalam permukaan bumi. Data spasial yang dibutuhkan dalam penelitian ini yakni peta jaringan jalan digital Kecamatan Labuan, peta rawan bencana tsunami Kecamatan Labuan, peta kontur Kecamatan Labuan dan peta administrasi Kecamatan Labuan.

#### b. Data Nonspasial

Data nonspasial disebut juga sebagai atribut, yaitu data yang melengkapi keterangan data spasialnya, baik secara statistik, numerik, maupun deskriptif. Data nonspasial yang dibutuhkan dalam penelitian ini yakni data TES tsunami BPBD Kecamatan Labuan.

Data spasial dan nonsasial kemudian disiapkan untuk proses *overlay*. Data jaringan jalan yang telah didapatkan kemudian disempurnakan menggunakan digitasi manual berlandaskan peta dan hasil survei lapangan. Kemudian disiapkan dalam format *.shp* untuk nantinya digabungkan dengan data lainnya. Proses ini dilakukan menggunakan program aplikasi ArcMap 10.3. Peta rawan tsunami Kecamatan Labuan juga disiapkan untuk melihat daerah rawan terdampak bencana tsunami pada daerah tersebut. Kemudian peta administrasi Kecamatan Labuan yang memuat berbagai macam informasi tentang Kecamatan Carita juga disiapkan untuk digabungkan.

Sebelum melakukan *overlay* data, peta kontur Desa Caringin digunakan untuk menentukan ketinggian TES yang akan dipilih. Ketinggian di atas 15 m digunakan untuk menentukan titik TES yang dimasukkan ke dalam peta evakuasi bencana tsunami. Setelah semua data terkumpul, maka dilakukan *overlay* dari semua data. Proses *network analysis* merupakan metode dalam proses penentuan jalur evakuasi menuju TES yang telah ditentukan. Metode ini dilakukan untuk menemukan rute terbaik yang akan dijadikan jalur evakuasi terhadap lokasi TES. Dalam hal ini metode *network analysis* yang digunakan adalah *service area analysis* dan *closest facility analysis*.

## **V. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1 Kesimpulan**

1. Daerah rawan tsunami di Desa Caringin yang paling terdampak adalah Dusun Jambangan, Rawayana dan Citanggok.
2. Titik evakuasi sementara Desa Caringin terletak di Desa Pejamben, Dusun Caringin dan Dusun Citanggok.
3. Daerah layanan evakuasi bencana tsunami Desa Caringin terdapat 3 : Daerah layanan 1 meliputi sebagian Dusun Caringin dan Desa Pejamben. Daerah layanan 2 meliputi sebagian Dusun Caringin dan sebagian Dusun Kedamangan. Daerah layanan 3 meliputi Dusun Jambangan, Rawayana dan Cieksel.
4. Waktu tempuh evakuasi bencana tsunami pada Desa Caringin termasuk aman, dengan mayoritas waktu tempuh untuk mencapai titik evakuasi sementara di bawah 30 menit dan hanya beberapa titik daerah layanan saja yang membutuhkan waktu lebih dari 30 menit.

### **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil analisis jalur evakuasi terbaik di Desa Caringin, pada skenario gelombang 5 dan 10 m jalur evakuasi serta waktu tempuh yang dibutuhkan cukup baik untuk langkah mitigasi bencana tsunami. Namun pada skenario limpasan gelombang 15 m perlu untuk memperkuat mitigasi bencana tsunami di Desa Caringin, Kecamatan Labuan dengan beberapa alternatif model evakuasi dan mitigasi bencana, seperti peningkatan kapasitas masyarakat melalui sosialisasi maupun simulasi, dan pembentukan kelompok masyarakat peduli bencana di level kelurahan/desa.

## DAFTAR PUSTAKA

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, I. A., & 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.
- Alma, S. A., Siddhi, S., & Subardjo, P. 2017. Simulasi penjalaran dan penentuan *run-up* gelombang tsunami di Teluk Pangandaran, Jawa Barat. *Jurnal Oseanografi*, 6(1): 254-262.
- Amri, M. R., Yulianti, G., Yunus, R., Wiguna, S., Adi, A. W., Ichwana, A. N., & Septian, R. T. 2016. Risiko Bencana Indonesia. Jakarta. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). 218 hlm
- Ardana, D. 2016. *Penerapan Algoritma Dijkstra pada Aplikasi Pencarian Rute Bus Trans Semarang*. (Skripsi). Universitas Diponegoro. Semarang. 97 hlm.
- Arief, M. N. 2010. Gempa bumi, tsunami dan mitigasinya. *Jurnal Geografi*, 7(1): 66-73
- Coburn, A. W. 1994. *Mitigasi Bencana Edisi 2*. UNDP. Amerika Serikat. 98 hlm.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). 2011. *Indeks Rawan Bencana Indonesia*. BNPB. Jakarta. 251 hlm.
- Badan Koordinasi Nasional Penanggulangan Bencana dan Penanganan Pengungsi (Bakornas PBP). 2002. *Arahan Kebijakan Mitigasi Bencana Perkotaan di Indonesia*. BAKORNAS PBP. Jakarta. 101 hlm.
- Budiwati, F. 2010. *Perencanaan Pemanfaatan Ruang Terbuka sebagai Kawasan Evakuasi Bencana Gempa Bumi di Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat*. (Skripsi). Institut Pertanian Bogor. Bogor. 95 hlm.
- Bretschneider, C. L., & Wybro, P.G., 1976. *Tsunami*. Scientific Popular Book. Bogor, Indonesia. 125 hlm.

- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). 2018. *Katalog Tsunami Indonesia Perwilayah*. BMKG. Jakarta. 416 hlm.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Lampung Barat. 2022. *Kecamatan Pulau Pisang Dalam Angka Subdistrict In Figures 2022*. Buku. Badan Pusat Statistik Kabupaten Lampung Barat. 128 hlm.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2016. *Kecamatan Labuan dalam Angka 2021*. BPS. Kabupaten Pandeglang. 86 hlm.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2021. *Kecamatan Carita dalam Angka 2021*. BPS. Kabupaten Pandeglang. 116 hlm.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2023. *Kecamatan Labuan dalam Angka 2023*. BPS. Kabupaten Pandeglang. 148 hlm.
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). 2012. *Pedoman Pelayanan Peringatan Dini Tsunami InaTEWS*. BMKG. Jakarta. 132 hlm.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). 2023. *Risiko Bencana Indonesia*. BNPB. Jakarta. 296 hlm.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). 2014. *Menuju Indonesia Tangguh menghadapi Tsunami. Masterplan Pengurangan Risiko Bencana Tsunami*. BNPB. Jakarta. 146 hlm.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). 2011. *Pendoman Umum Pengkajian Risiko Bencana untuk Rencana Penanggulangan Bencana*. BNPB: Jakarta. 67 hlm.
- Berryman, K. 2006. *Review of Tsunami Hazard and Risk in New Zealand*. Institute of Geological & Nuclear Sciences. New Zealand. 140 hlm.
- Bryant, & Edward. 2008. *Tsunami: The Underrated Hazard*. Praxis Publishing. Chichester. 330 hlm.
- Buulolo, E. N., Silalahi, Fadlina & Rahim, R. 2017. Algorithm to predict the impact of the international. *Journal of Engineering Research and Technology (IJERT)*, 6(2): 10-15.
- Chrisman, & Nicholas. 1997. *Exploring Geographic Information System*. John Wiley & Sons Inc. New York. 294 hlm.
- Daoed, D., Febriansyah, M. D., & Syukur. 2013. Model fisik arah aliran gelombang tsunami di Daerah Purus dan Ulak Karang Padang. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 9(2): 12-19.

- Dito, A.H., & Pamungkas, A. 2015. Penentuan variabel dalam optimasi jalur evakuasi bencana tsunami di Kecamatan Puger, Kabupaten Jember. *Jurnal Teknik ITS*, 4(2): 161-164.
- Eddy, & Prahasta. 2005. *Konsep-Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis*. Informatika. Bandung. 334 hlm.
- Febriyanto, A, 2023. *Analisis Jalur Evakuasi Bencana Tsunami dengan Menggunakan Network Analysis di Desa Batu Balak, Desa Hargo Pancoran dan Desa Totoharjo Kabupaten Lampung Selatan*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 63 hlm.
- Ganesha, D. 2017. Vulnerable area on earthquake in the west pandeglang district (case study part of cigeulis, cimanggu and sumur sub-district) wilayah rentan terhadap gempabumi di Kabupaten Pandeglang Bagian Barat (Studi Kasus). *Jurnal Sains dan Teknologi Mitigasi Bencana*, 12(1): 62.73.
- Geologinesia. 2019. Cincin Api (*Ring of Fire*) : Pengertian, Letak dan Proses Terbentuknya. <https://www.geologinesia.com/2019/12/cincin-api.html>. Diakses pada Oktober 2023.
- Gistut. 1994. *Sistem Informasi Geografis*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 634 hlm.
- Hardy, T. 2013. Desain sistem penentuan potensi tsunami menggunakan :rupture duration (Tdur), time dominan (Td ) dan T50EX. Dalam Climatological, M., Agency, G., Setyonegoro, W., dan Surabaya, U. N. (Eds). *Prosiding Hasil-Hasil dan Pengembangan Puslitbang. BMKG*. Jakarta: 14 Mei 2012. Hlm:154-161.
- Haryadi, P., Carolita, I., & Rasyid, M. 2007. *Pedoman Pembuatan Peta Jalur Evakuasi Bencana Tsunami*. Kementrian Negara Riset dan Teknologi. Jakarta. 11 hlm.
- Herni T, S. 2019. Analisis kerentanan bencana tsunami di Kota Palu. *Jurnal Spasial*, 6(2): 432-439.
- Herlinawati, E. 2019. Model perambatan gelombang tsunami dan antisipasi bencana letusan gunung anak Krakatau. *Prosiding Peran Matematika, Sains dan Teknologi dalam kebencanaan*. UT. Jakarta 2 Oktober 2019. Hlm 151-177.
- Hidayatullah S. 2015. Pemodelan tingkat risiko bencana tsunami pada permukiman di Kota Bengkulu menggunakan sistem informasi geografis. *Jurnal Permukiman*, 10(2): 1-14.
- John, A. 1994. *Fire Escape in Difficult Circumstances Design Against Fire*. IAFF MAN. United State of America. 251 hlm.

- Jokowinarno, D. 2011. Mitigasi bencana tsunami di wilayah Pesisir Lampung. *Jurnal Rekayasa*, 5(1):102-113.
- Jokowinarno, D. 2009. Identifikasi garis pantai di Provinsi Lampung yang rawan oleh tsunami sebagai akibat letusan Gunung Krakatau. *Rekayasa*, 13(2):1-10.
- Kementrian Sekretariat Negara (Kemensetneg). 2007 Undang-undang No. 24 Tahun 2007. Penanggulangan Bencana. Jakarta. 34 hlm.
- Khaerunnisa, & Wulan, A. S. K. 2019. Potensi bangunan publik sebagai tempat evakuasi sementara pada saat bencana erupsi gunung merapi. *Jurnal Arsitektur KOMPOSISI*, 1(10): 1214-1227.
- Kumoro, Y., Anwar, H.Z., Comaluddin, Yunarto, Nur, W.H. & Sukaca. 2009. Potensi kebencanaan geologi dan kerentanan sosial sebagai dasar penyusunan tata ruang di Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung. *Prosiding Pemaparan Hasil Penelitian Puslit Geoteknologi*. Bandung: 3 Desember 2009. Hlm: 107-122.
- Kurniati, T., & Pratama, N. 2013. Studi tingkat aksesibilitas masyarakat menuju bangunan penyelamatan (shelter) pada daerah rawan tsunami (Studi kasus: kota painan, sumatera barat). *Teknika*, 20(1): 46-51.
- Marwanta, B. 2005. Tsunami di Indonesia dan upaya mitigasinya. *Jurnal Teknologi Reduksi Risiko Bencana*, 10(2): 29-36.
- Mayaguezz, H., Mohaemin, M., & Gilang, M. 2020. Analisis efektifitas proses evakuasi tsunami menggunakan *tools network analysis* di daerah rawan tsunami Kabupaten Tanggamus. *Journal of Tropical Marine Science*. 6(1):45-52.
- Mulyadi, D. 2015. *Penataan Ruang Berdasarkan Kebencanaan di Daerah Kabupaten Pandeglang*. LIPI. Jakarta. 118 hlm.
- Nanin, T., & Sugito, S. 2008. *Tsunami*. UPI. Bandung. 222 hlm.
- Nurjanah. 2012. *Manajemen Bencana*. Alfabeta. Bandung. 184 hlm.
- 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.
- Permana, G. N., Haryanti, Moria, S. B., Giri, N. A., & Sugama, K. 2007. Dampak perkembangan tata ruang terhadap evakuasi bencana. *Strategi Mitigasi dan Adaptasi untuk Perubahan Global*. 12(1):75-100.

- Purbani, D. 2014. Penentuan Tempat Evakuasi Sementara (TES) dan Tempat Evakuasi Akhir (TES) untuk gempa bumi dan tsunami dengan pendekatan sistem informasi geografis, Kota Pariaman Propinsi Sumatera Barat. *Jurnal Segara*, 1(2): 1-16.
- Sahwilliza. 2018. Analisis ketersediaan jalur evakuasi bencana tsunami di Kecamatan Kuta Alam, Kota Banca Aceh. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan*. 1(3):39-45.
- Saputra, N., & Ramadhan. 2019. Analisis jalur evakuasi bencana tsunami dengan metode *agent based modeling*. *Inersia : Jurnal Teknik Sipil*, 11(2): 41-51.
- Sea Defence Consultants (SDC). 2007. *Pedoman Perencanaan Pengungsian Tsunami SDC-R-70022*. Sea Defence Consultants. Aceh. 63 hlm.
- Spahn, H., Hoppe, M., Usdianto, B. & Vidiarina, H. 2010. *Panduan Perencanaan Tsunami*. GTZ International Services. Jakarta. 236 hlm.
- Soloviev, S. L., & Go, C. N. 1974. *A Catalogue Of Tsunamis On The Western Shore Of The Pacific Ocean*. Nauka Publishing House. Moscow. 173 hlm.
- Solihuddin T. 2020. Dampak tsunami Selat Sunda di Provinsi Banten dan upaya mitigasinya. *Jurnal Segara*, 16(1):1-13.
- Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Kauntitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfa Beta. Bandung. 334 hlm.
- Syukri, A. & Mukhlis. 2016. Studi jalur evakuasi tsunami horizontal di Kabupaten Padang Pariaman. *Rekayasa Sipi*, 13(2): 1-12.
- Tearfund. 2006. *Mainstreaming Disaster Risk Reduction, A Tool for Development Organisation*. Middlesex. UK. 184 hlm.
- Trisakti, B. 2010. *Pengembangan Metode Ekstraksi DEM (Digital Elevation Model) Dari Data ALOS PRISM*. Pusbangja. Jakarta. 114 hlm.
- UN/ISDR. 2004. *Living with Risk: A Global Review of Disaster Reduction Initiatives*. UN/ISDR. Geneva. 457 hlm.
- Utomo, D., & Purba, B. 2019. Penerapan data mining pada data gempa bumi terhadap potensi tsunami di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Riset Information Science (SENARIS)*. Medan: 30 September 2019. Hlm: 846-853.
- Wang, H., Mostafizi, A., Cramer, L.A., Cox, D., Hyoungsu and Park, H. 2016. An agent based model of a multimodal near-field tsunami evacuation. Decision-making and life safety. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 64(1): 86-100.

Wijaya, A., & Ayundha, O. 2014. Sistem informasi geografis pemetaan kantor Dinas Pemerintah Kota Palembang menggunakan ArcGIS. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan (SEMANTIK)*. Semarang: 15 November 2014 Hlm: 129-134.

Yudhicara & Budiono, K. 2008. Tsunamigenik di Selat Sunda: kajian terhadap katalog tsunami soloviev. *Jurnal Geologi Indonesia*, 3(4):241-251.