



## **Analisis Kerentanan Tsunami di Bandar Lampung Menuju Mitigasi Era Industri 4.0 (Studi Kasus Tsunami Selat Sunda 2018)**

**Susanti Sundari**

Prodi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Tulang Bawang Lampung

Email: susantisundari09@gmail.com

### **Abstract**

*This research aims to analyze the vulnerability of the city of Bandar Lampung to tsunamis with a case study of the 2018 Sunda Strait Tsunami and at the same time provide an overview of past conditions and mitigation concepts to the community that are in accordance with the development of Industry 4.0 today and in the future, using qualitative methods descriptive with case studies. This method is used to reveal the problems behind the visible data can provide greater understanding the phenomena that occur. The research result is known that the potential for Tsunami vulnerability is due to the geographical location and the existence of Mount Krakatau which is a threat to tsunamis caused by earthquakes, volcanic eruptions, coastal and underwater landslides. Apart from that, public ignorance about tsunami in disaster preparedness is needing serious attention. The development of appropriate Industrial 4.0-based tsunami detection and early warning tools that can monitor in real time requires regulatory support as a sustainable management strategy. Efforts to increase people's knowledge and ability to face the threat of disaster can be done through education and outreach by creating disaster mitigation programs that are visionary, easy to implement and right on target using digital media.*

**Keywords:** Child of Krakatoa, Industry 4.0, Mitigation, Tsunami

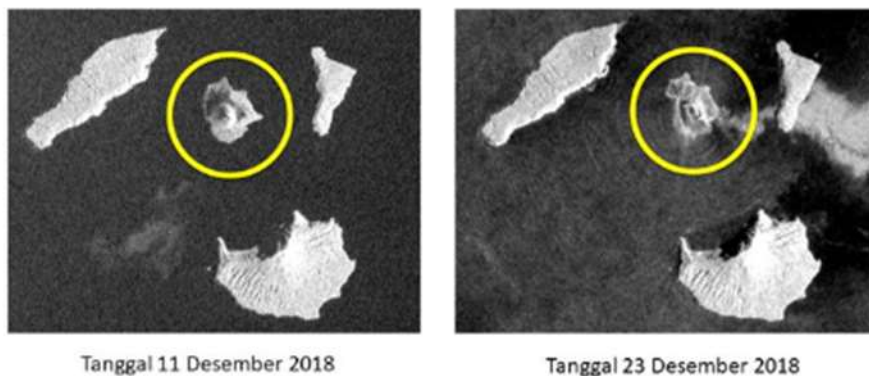
### **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hal-hal yang menjadi kerentanan Kota Bandar Lampung terhadap tsunami dengan studi kasus tsunami Selat Sunda 2018 dan sekaligus memberikan gambaran kondisi lalu dan konsep mitigasi kepada masyarakat yang sesuai dengan perkembangan Industri 4.0 hari ini dan ke depan, dengan menggunakan metode kualitatif deskriptif dengan studi kasus. Alasan penggunaan metode tersebut adalah untuk mengungkap persoalan di balik data yang tampak sehingga dapat memberikan pemahaman yang lebih besar dalam memahami fenomena yang terjadi. Dari hasil penelitian ini diketahui potensi kerentanan tsunami karena letak geografis dan keberadaan Anak Gunung Krakatau yang menjadi ancaman tsunami yang diakibatkan karena gempa bumi, letusan gunung api, longsor di pantai dan longsor bawah laut, selain itu ketidaktahuan masyarakat tentang bencana tsunami dalam kesiapsiagaan menghadapi bencana menjadi potensi kerentanan yang perlu perhatian yang serius. Pengembangan alat pendeteksi dan peringatan dini tsunami berbasis era Industri 4.0 yang tepat dan dapat memonitor secara *real time* memerlukan dukungan regulasi sebagai strategi pengelolaan yang berkelanjutan. Upaya meningkatkan pengetahuan dan kemampuan masyarakat menghadapi ancaman bencana dapat dilakukan melalui edukasi dan sosialisasi kepada masyarakat berbasis teknologi informasi era Industri 4.0 dengan cara membuat program-program mitigasi bencana yang visioner, mudah dilaksanakan dan tepat sasaran dengan pemanfaatan media digital.

**Kata Kunci:** Anak Gunung Krakatau, Industri 4.0, Mitigasi, Tsunami

## 1. PENDAHULUAN

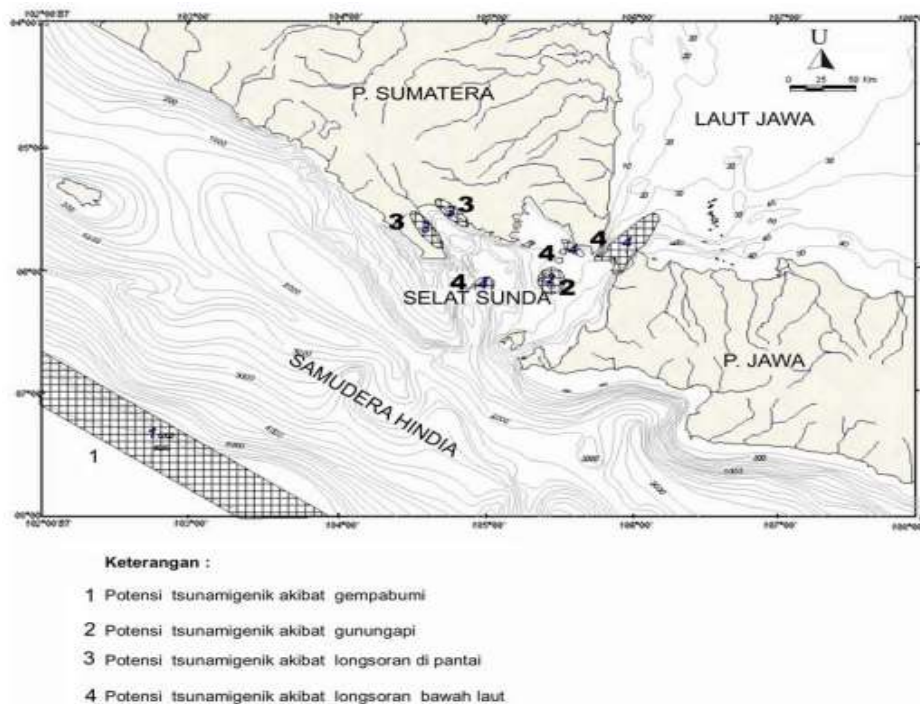
Bencana merupakan ancaman serius bagi kehidupan manusia di seluruh dunia (Sudibyakto, 2018); (Ihsan et al., 2023). Indonesia merupakan negara rawan tsunami dengan korban jiwa akibat tsunami terbanyak di dunia. Tsunami merupakan bahaya yang paling mematikan bagi mereka yang tinggal di daerah rawan tsunami (Evie & Hasni, 2022); (Alviani, 2021). Tsunami merupakan jenis bahaya alam yang tidak mudah diprediksi secara tepat dalam lokasi dan jangka waktu (theguardian.com, 2018), dan menurut Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), tsunami Selat Sunda 2018 disebabkan pasang tinggi dan longsor bawah laut karena letusan Gunung Anak Krakatau (Wikipedia, 2018) atau karena dipicu dari gempa vulkanik sebagai akibat dari aktivitas Gunung Anak Krakatau, namun peristiwa tsunami ini banyak disebut “*silent tsunami*” oleh beberapa peneliti dikarenakan penyebabnya yang masih menjadi kontroversi (Fauzi, 2020). Peristiwa tsunami yang terjadi di tanggal 22 Desember 2018 menyebabkan korban meninggal sebanyak 437 orang, dan 14.059 orang yang mengalami luka-luka dan 16 orang hilang (Farisa, 2018); (Saragih, Houtmand P; Asmara, n.d.).



Gambar 1. Perubahan permukaan atau deformasi perbandingan citra sebelum dan sesudah kejadian Tsunami Selat Sunda 2018  
Sumber: PTPSW BPPT dari (Hasan, 2018)

Terdapat istilah Tsunamigenik yaitu kejadian di alam yang berpotensi menimbulkan tsunami dimana terganggunya air laut oleh kegiatan-kegiatan gunung api, gempa bumi, longsor pantai dan bawah laut (Yudhicara, 2008). Kondisi geologi dasar laut Selat Sunda yang labil, terutama disebabkan oleh perkembangan struktur geologi aktif yang membentuk terban, juga berpotensi menimbulkan bencana longsor apabila dipicu oleh curah hujan yang tinggi antara bulan Desember hingga Februari. Lebih jauh lagi, bahwa apabila material longsor jatuh ke laut, meskipun sangat kecil dan bersifat lokal dapat juga berpotensi mengakibatkan tsunami (Noor, 2014). Dalam catatan sejarah di Selat Sunda, tsunami telah terjadi berkali-kali yang disebabkan oleh fenomena geologi dan seperti terakhir tsunami 2018, dalam penelitian Yudhicara, tsunami akan selalu ada karena Selat Sunda merupakan daerah labil, diakibatkan oleh perkembangan struktur geologi aktif, terutama berkaitan dengan keberadaan yang berpotensi terjadinya longsor di bawah laut (*submarine landslide*). Kondisi tektonik Selat Sunda yang kompleks yang membuatnya memiliki potensi tsunamigenik yang beragam (gambar 2). Berdasarkan kejadian tsunami 2018 Selat Sunda, apabila dilihat dari tingkat keparahan, jumlah kematian, dan kerugian akibat tsunami di Indonesia, hal ini perlu mendapatkan perhatian khusus di masa yang akan datang (Lee et al., 2022). Apalagi kejadian ini tidak ada peringatan sedikitpun bahwa akan adanya tsunami sehingga memakan banyak korban

(Hasanah et al., 2019), ditambah masih rendahnya tingkat kesiapsiagaan masyarakat terhadap bencana tersebut sehingga yang sangat direkomendasikan dan dibutuhkan dalam upaya mitigasi adalah melalui peningkatan kewaspadaan dan pemahaman masyarakat terhadap bencana tsunami (Solihuddin et al., 2020). Angka korban tsunami dapat dikurangi tergantung pada tingkat kesiapan, dan menurut BMKG kejadian tsunami 2018 tidak dapat diprediksi dan mendadak dengan terlihat masyarakat masih banyak melakukan aktivitas di hari itu (Hadi, 2018). Menurut sumber BPBD Provinsi Lampung tsunami 2018 tidak dapat diprediksi sebelumnya karena Indonesia belum memiliki alat pendeteksi tsunami yang diakibatkan erupsi gunung api baik yang muncul di permukaan maupun di bawah laut, dimana perangkat deteksi yang ada masih di bawah standar, tidak bisa menjadi peringatan dini (BBC News Indonesia, 2018).



Gambar 2. Potensi Tsunamigenik di Selat Sunda.

Sumber: (Yudhicara dan K. Budiono, 2008)

Berdasarkan hasil penelitian dari ilmu Psikologi pada model tsunami Aceh dan Parangtritis oleh Nurhayaty, A., et al (2015) diketahui bahwa kesiapsiagaan tsunami di Indonesia perlu pengembangan masyarakat secara langsung melalui pendidikan dan informasi kesiapsiagaan dan mempertimbangkan rasa kebersamaan dalam komunitas yang dapat memberikan hasil yang signifikan dalam peningkatan kesiapsiagaan. Studi ini juga menunjukkan bahwa masyarakat dengan budaya kolektivistik seperti Indonesia harus diberdayakan untuk meningkatkan kepercayaan dan kesiapan terhadap bencana tsunami (Nurhayaty et al., 2015). Diperlukan perbaikan pemahaman risiko bencana dalam berbagai dimensi yaitu karakteristik paparan, karakteristik kerentanan dan ancaman; dan penguatan manajemen risiko bencana (MPBI, 2016).

Dari tsunami Selat Sunda 2018 yang terjadi di Lampung Selatan dan berdampak juga pada pengungsian besar-besaran warga Bandar Lampung yang berasal dari wilayah pesisir pantai. Kota Bandar Lampung sendiri merupakan salah satu kota terpadat di Pulau Sumatra dengan luas daratan 169,21 km<sup>2</sup> yang terbagi ke dalam 20 Kecamatan dan 126 Kelurahan (Wikipedia, n.d.). Berikut jumlah penduduk Bandar Lampung menurut sumber

(BPS, 2022) (tabel 1).

Tabel 1. Jumlah Penduduk di Kecamatan pada Kota Bandar Lampung Tahun 2022 (Jiwa)

No	Kecamatan	Laki-laki	Perempuan	Laki-laki dan Perempuan
1	Teluk Betung Barat	21995	20647	42642
2	Teluk Betung Timur	28865	27038	55903
3	Teluk Betung Selatan	22660	21823	44483
4	Bumi Waras	33812	31730	65542
5	Panjang	42755	41096	83851
6	Tanjung Karang Timur	22743	21954	44697
7	Kedamaian	30504	29580	60084
8	Teluk Betung Utara	28248	27319	55567
9	Tanjung Karang Pusat	29570	28459	58029
10	Enggali	14939	14788	29727
11	Tanjung Karang Barat	34679	33341	68020
12	Kemiling	46701	45206	91907
13	Langkapura	23011	22197	45208
14	Kadaton	30081	29412	59493
15	Rajabasa	30566	29190	59756
16	Tanjung Serang	32600	31907	64507
17	Labuhan Ratu	27374	26990	54364
18	Sukarame	35592	34681	70273
19	Sukabumi	40232	38492	78724
20	Way Halim	38946	38216	77162
21	Kota Bandar Lampung	615871	594066	1209937

Sumber: Badan Pusat Statistik kota Bandar Lampung (2022)

Menurut hasil wawancara dari beberapa warga yang mengungsi di Kota Bandar Lampung diketahui bahwa Minggu pagi setelah tsunami Selat Sunda, warga mendapatkan informasi dari kerabat yang mengalami bencana di Lampung Selatan dan ditambah lagi melihat kondisi pantai tempat mereka tinggal terdapat gelombang tinggi. Jumlah pengungsi pada hari itu saja sudah tercatat mencapai 2.500 orang untuk satu lokasi yaitu di kantor Gubernur Lampung (Assifa, 2018), sementara ada beberapa lokasi yang dijadikan sebagai tempat pengungsian warga dan mayoritas warga yang mengungsi adalah anak-anak, lanjut usia, dan wanita.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Lokasi Penelitian & Metodologi

Penelitian ini dilakukan di Kota Bandar Lampung. Metodologi penelitian yang digunakan adalah penelitian kualitatif deskriptif dengan studi kasus, dengan alasan konseptual yaitu dapat memberikan informasi yang mendalam agar memberikan pemahaman yang lebih besar dan juga alasan pragmatis ialah waktunya singkat, biaya murah dan selama penelitian berlangsung rancangan dapat dimodifikasi (Musiana, 2015). Dengan penelitian kualitatif dapat mengungkap persoalan kehidupan sosial dan memahami makna di balik data yang tampak (Murdiyanto, 2020). Penelitian kualitatif ini bermaksud untuk memahami fenomena tentang apa yang dialami seperti perilaku, persepsi, motivasi, tindakan, dan lain-lain secara holistik dengan deskripsi dalam bentuk kata-kata dan bahasa (Lexy, 2018). Dengan kata lain kualitatif riset ini merupakan proses yang mencoba untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik mengenai kompleksitas yang ada dalam interaksi manusia (Sarwono, 2006), berupa studi kasus yang merupakan strategi penelitian dimana ingin menyelidiki secara cermat suatu peristiwa, proses, aktivitas, atau sekelompok individu dan kasusnya dibatasi oleh waktu dan aktivitas, dan pengumpulan informasi didapatkan secara lengkap menggunakan prosedur pengumpulan data (Kusumastuti, Adhi & Khoiron, 2019).

### 2.2 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini data yang dikumpulkan berupa cerita rinci dari para informan yang diungkapkan apa adanya sesuai dengan pandangan dan bahasa informan (Siyoto, Sandu & Sodik, 2015), sehingga konsep penelitian kualitatif disebut juga penelitian deskriptif, bertujuan mendeskripsikan fenomena-fenomena yang ada, baik fenomena

alamiah maupun fenomena buatan manusia baik berupa aktivitas, bentuk, perubahan, hubungan, karakteristik, kesamaan, dan perbedaan (Sukmadinata, 2005). Dan yang menjadi informan dalam penelitian ini adalah mereka yang dianggap mengetahui dan dapat memberikan informasi terkait penelitian, yaitu sumber dari BPBD kota Bandar Lampung, BPBD Provinsi Lampung, Dinas Sosial Provinsi Lampung, dan beberapa warga pengunjung dalam bentuk wawancara langsung sebagai data primer, dan data sekunder diperoleh melalui studi literatur.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Letak Geografis Anak Gunung Krakatau

Pada gambar peta lokasi Anak Gunung Krakatau (AGK) di Selat Sunda, dimana Pulau Jawa (Provinsi Banten) dan Sumatera (Provinsi Lampung) dihubungkan oleh Selat Sunda yang juga menghubungkan Laut Jawa dengan Samudera Hindia (Lee et al., 2022). Keberadaan Gunung Anak Krakatau yang merupakan sebuah gunung vulkanik yang letaknya di Selat Sunda, yang muncul dari bawah permukaan laut pada tahun 1927 (Suwarsono et al., 2019), dan merupakan ancaman bahaya geologis di wilayah Provinsi Lampung berupa bencana erupsi gunung, gempa bumi dan tsunami (Budiyanto et al., 2020)



Gambar 3. Lokasi Anak Krakatau di Selat Sunda antara Pulau Jawa dan Pulau Sumatera

Sumber: (Lee et al., 2022)

Berdasarkan penelitian Deny Budiyanto, dkk, 2020 untuk memetakan risiko bencana tsunami khususnya daerah pesisir Lampung Selatan yang rentan (gambar 4), ini merupakan upaya mitigasi bencana dengan cara memetakan zona-zona rawan bencana tsunami beserta jalur evakuasi. Pada gambar 4 daerah yang rawan ditunjukkan dengan warna merah.



Gambar 4. Pemetaan Zona Risiko Tsunami Lampung  
Sumber: (Budiyanto et al., 2020)

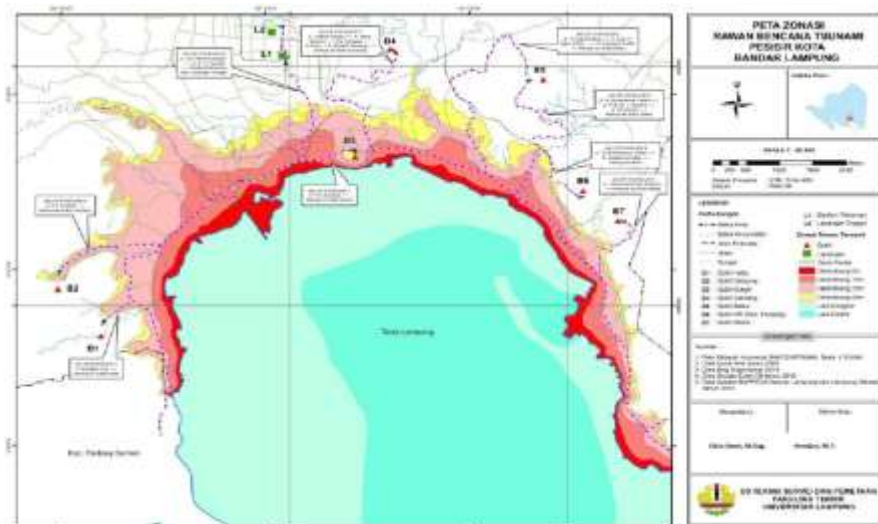
Keterangan Gambar:



### 3.2 Potensi Kerentanan Tsunami

Hasil analisis sebaran kerentanan tsunami pada gambar 4 dengan pemetaan zona rawan bencana merupakan bentuk mitigasi untuk mengurangi banyaknya korban jiwa dengan adanya jalur evakuasi yang dapat digunakan sebagai langkah penyelamatan cepat saat terjadi peringatan dini bencana tsunami. Dari studi literatur diketahui bahwa terdapat 3 faktor utama pencetus tsunami (tsunamigenik) Selat Sunda yaitu: 1) gempa bumi, 2) letusan gunung api, 3) longsoran di pantai dan 4) longsoran bawah laut.

Khusus untuk daerah Bandar Lampung yang letaknya 80 km dari Anak Gunung Krakatau menjadi salah satu ancaman serius dan mempunyai resiko tinggi tsunami bagi penduduk di pesisir pantai (Dewi et al., 2014). Peta zonasi rawan bencana tsunami di pesisir kota Bandar Lampung berdasarkan hasil penelitian Citra Dewi., et al (2014) seperti terlihat pada gambar 5, dan wilayah yang diperkirakan rawan terkena gelombang tsunami di Kota Bandar Lampung dapat dilihat pada tabel 2. Berdasarkan peta zonasi rawan bencana tsunami di pesisir kota Bandar Lampung (gambar 5) terlihat bahwa daerah-daerah yang akan terkena dampak gelombang tsunami jika tinggi gelombang mencapai 5m, 15m, 35m, dan 40m).



Gambar 5. Peta Zonasi Rawan Tsunami di Pesisir Kota Bandar Lampung  
 Sumber: Dewi., et al (2014)

Selain data pada tabel 2, juga dilengkapi dengan penelitian (Zulkarnain et al., 2021) dimana pada beberapa kecamatan di Bandar Lampung memiliki resiko tsunami sangat tinggi, yaitu di bagian selatan adalah Kecamatan Bumi Waras, Panjang, Sukabumi, Teluk Betung Barat, Teluk Betung Timur, Teluk Betung Utara dan Teluk Betung Selatan (tabel 3).

**Tabel 2.** Wilayah Rawan Tsunami di Kota Bandar Lampung

Nama Kecamatan	Tinggi Gelombang dan daerah yang tergenang	Jarak dari Garis Pantai (m)
Kec. Teluk Betung Barat	05m: Sebagian wilayah pesisir pantai	150
	15m: Sebagian Jl. Re Martadinata dan sebagian besar pemukiman yang ada di sekitar pesisir	465
	25m: ½ bagian wilayah kecamatan Teluk Betung Barat, Jl. Re Martadinata dan hampir seluruh daerah pemukiman	1141
	40m: ½ bagian wilayah kecamatan Teluk Betung Barat, hampir seluruh daerah pemukiman dan sedikit menjangkau ke wilayah perbukitan	1248
Kec. Teluk Betung Selatan	05m: Sebagian wilayah pesisir pantai	147
	15m: ¼ bagian wilayah kecamatan Teluk Betung Selatan, dan Jl. Laksamana Yos Sudarso	492
	25m: ¾ bagian wilayah kecamatan Teluk Betung Selatan, Jl. Slamet Riyadi, Jl. Ikan Tambakan, Jl. Gatot Subroto, dan sedikit menggenangi bukit Kunvit	856
	40m: Hampir seluruh bagian wilayah kecamatan Teluk Betung Selatan, Jl. Surya Jadi, dan hampir menggenangi bukit Kunvit	1004
Kec. Panjang	05m: Pelabuhan Panjang	116
	15m: Jl. Laksamana Yos Sudarso, PT. Nestle Indonesia, Stasiun Kereta Api Tarahan, dan wilayah industri yang ada disekitar pesisirnya	341
	25m: Jl. Soekarno-Hatta	564
	40m: Sampai ke Pura Kerthi Buana 2	627

Sumber: Dewi., et al (2014)

**Tabel 3.** Kecamatan di Bandar Lampung dengan Resiko Tsunami Sangat Tinggi

No	Kecamatan	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Bumi Waras	237,55	20,97
2	Panjang	419,11	37
3	Sukabumi	1,04	0,09
4	Teluk Betung Barat	59,41	5,25
5	Teluk Betung Timur	274,93	24,27
6	Teluk Betung Utara	7,76	0,69
7	Teluk Betung Selatan	132,84	11,73

Sumber: (Zulkarnain et al., 2021)

Dari tsunami Selat Sunda tahun 2018, dimana terjadi fenomena pengungsian besar-besaran masyarakat yang berasal dari wilayah pesisir bagian selatan kota Bandar Lampung seperti pada tabel 3 yang terjadi di hari Minggu pada tanggal 23 Desember 2018 satu hari setelah tsunami Selat Sunda. Kepanikan masyarakat dipicu oleh berita-berita yang diterima langsung dari televisi dan beberapa warga yang diwawancara menyatakan bahwa mereka menerima informasi dari kerabat yang terkena tsunami di Lampung Selatan. Pengungsi yang berjumlah 4000 orang (Citrawan, 2018), menempati posko-posko pengungsian seperti Kantor Gubernur Provinsi Lampung, Rumah Dinas Walikota Bandar Lampung, Mesjid Agung Al-Furqon, kantor DPRD Kota Bandar Lampung, Vihara Bodhisatva, SMPN 3 Bandar Lampung, di Muncak, dan lain-lain (gambar 6).



Gambar 6. a) Mesjid Agung Al Furqon dan b) Kantor Gubernur Prov. Lampung sebagai tempat pengungsi

Sumber: BPBD Kota Bandar Lampung dan CNN Indonesia, 2018

Sampai pengungsi kembali lagi ke rumahnya masing-masing, tsunami tidak terjadi di Kota Bandar Lampung. Berdasarkan data-data tersebut dapat dilihat bahwa potensi kerentanan bukan hanya disebabkan posisi rawan bencana tsunami pada daerah-daerah pesisir kota Bandar Lampung saja seperti pada peta di gambar 5 dan tabel 2, tapi juga ketidaktahuan masyarakat tentang bencana tsunami berdasarkan hasil wawancara pada warga yang mengungsi. Pengetahuan masyarakat tentang bencana sebagai faktor utama dan kunci dalam kesiapsiagaan, karena dapat mempengaruhi sikap untuk siap siaga dan mengantisipasi jika bencana datang (Kurniawati & Suwito, 2019). Adapun pentingnya kesiapsiagaan menjadi salah satu unsur penting pada kegiatan pencegahan demi mengurangi risiko bencana yang sifatnya pro-aktif sebelum bencana terjadi. Perlunya untuk mengukur indeks kesiapsiagaan masyarakat pada wilayah pesisir bagian selatan Kota Bandar Lampung seperti pada tabel 3 sebagai lanjutan dari penelitian ini agar menjadi data yang lebih mendukung untuk upaya perbaikan ke depan.



### 3.3 Kesiapan Alat Pendeteksi dan Peringatan Dini Tsunami

Dari pengalaman tsunami Aceh tahun 2004, tsunami Lombok, Palu, dan Selat Sunda di tahun 2018 menyadarkan banyak pihak pentingnya teknologi pendeteksi tsunami berbasis kabel (Ina-CBT) (Dwi Haryanto., 2020). Dari kejadian gempa dan tsunami Palu pada 28 September 2018 dan tsunami Selat Sunda akibat erupsi Anak Krakatau pada 22 Desember 2018, diketahui bahwa InaTEWS (*Indonesia Tsunami Early Warning System*) dinilai belum efektif menyelamatkan jiwa dan belum mampu meminimalkan timbulnya korban dan kerugian akibat tsunami (Sidik, 2023). Menurut BPBD Provinsi Lampung bencana tsunami Selat Sunda 2018 tidak dapat diprediksi sebelumnya dikarenakan belum dimilikinya alat pendeteksi tsunami akibat erupsi gunung api baik yang muncul di permukaan maupun di bawah laut saat itu (BBC, 2018).

Berdasarkan studi literatur dapat dirangkum perkembangan penelitian tentang alat pendeteksi tsunami dan peringatan dini (*early warning*) yang berkembang setelah tsunami 2018 diantaranya yaitu: 1) Sistem *early warning* yang otomatis dan tersinkron dengan BMKG dan pengeras suara (Atika, 2019). Prinsip kerjanya menggunakan Arduino Uno dan modul GSM SIM sebagai sistem utama, LCD dan diplay dot matrix sebagai penampil data potensi gempa pada website resmi BMKG ([data.bmkg.go.id/xml](http://data.bmkg.go.id/xml)) dimana data potensi tsunami akan dikirim dengan kecepatan rata-rata 13,48 detik ke tempat yang punya potensi terdampak tsunami, statusnya masih berbentuk penelitian dan pengembangan; 2) Pembuatan sensor tsunami berbasis *Fiber Bragg Grating* (FBG) dengan teknik pembacaan *sweep* panjang gelombang laser sebagai studi awal (Imas Tri Kurniasih, 2019), dengan prinsip kerja memanfaatkan sensor berbasis *Fiber Bragg Grating* (FBG) yang terpasang di *casing* A dan B dihubungkan dengan laser dan diuji tekan dengan mesin *pressing* lalu dibaca menggunakan OSA dan MMD. Tingkat keakuratan dari pengujian sensor adalah 98,72% sehingga sensor tsunami ini direkomendasikan sebagai alternatif sensor tsunami yang mudah dan murah dibandingkan pembacaan menggunakan OSA; 3) Penelitian (Nugraha et al., 2020) sebagai Tim BMKG dalam rancang bangun sirine tsunami terintegrasi. Penelitian ini bertujuan membuat sebuah rancang bangun sirine tsunami terintegrasi dengan teknologi radiokomunikasi dan IoT dengan prinsip teknoekonomi dengan pengaturan kontrol radio pemancar yang diletakkan di Kantor BPBD Prov. Banten dan radio penerima diletakkan di Pos BPBD Anyer. Hasil ujicoba prototipe sistem sirine tsunami terintegrasi memberikan hasil yang baik dimana informasi peringatan dini didapatkan dari radio penerima dan melalui pengeras suara informasi tersebut disebarluaskan; 4) Pengembangan *Siratsu* (Simulator Radar HF sebagai Pendeteksi Tsunami) pada penelitian (Hakim, 2020) dan (MTK, 2020). Prinsip kerjanya melalui tahapan yang dimulai dari pemodelan gelombang tsunami pada software iRIC-ELIMO agar didapatkan data-data, lalu proses konversi dan proses deteksi pada MATLAB., kemudian perancangan proses deteksi pada MATLAB untuk membentuk simulator untuk membedakan gelombang tsunami dengan gelombang biasa, waktu kedatangan tsunami hingga ke daratan dan waktu proses deteksi tsunami diukur, sehingga *Siratsu* ini cukup layak menunjukkan radar HF dapat mendeteksi tsunami sebelum sampai ke pantai dengan mengatur resolusi radarnya; 5) Pendeteksi tinggi rendah gelombang air laut menggunakan *Algoritma Fuzzy* dan teknologi IoT juga dikembangkan mengikuti perkembangan era digital dan industri 4.0 (Adityabrima et al., 2021). Pertimbangan dibuat alat pendeteksi ini karena *Buoy* yang dimiliki Indonesia jumlahnya terbatas, mahal biaya perawatan dan mudah dicuri sehingga dikembangkan alat yang relatif lebih murah dan mudah diimplementasikan. Prinsip dari alat ini sebagai pusatnya menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dan sensor utama yaitu MPU6050 dan HC SR-04 dalam mendeteksi

kecepatan dan ketinggian, juga ditambahkan getaran gempa yang akan mengindikasikan terjadinya tsunami. Setelah data didapatkan dari sensor diolah menggunakan *Algoritma Fuzzy* untuk menentukan gelombang air laut itu dapat atau tidak menimbulkan tsunami. Jika alat mendeteksi bahwa akan terjadi tsunami, maka dihasilkan bunyi dari buzzer dan cahaya dari led sebagai peringatan. Status alat dalam pengembangan dan sudah diujicobakan; 6) Warseno, 2022 sebagai tim dari BRIN mengembangkan alat detektor tsunami kabel atau *Indonesia Cable Based Tsunameter* (Ina-CBT) pengembangan dari alat yang sudah ada, dengan pertimbangan mahalanya *Buoy* dan ini cocok mendeteksi gempa dasar laut sebagai pemicu tsunami dan lebih efisien dalam biaya operasional. Prinsip kerjanya adalah mengukur naik atau turunnya permukaan air laut melalui perubahan tekanan air bawah laut. Alat ini efektif melacak potensi tsunami akibat gempa tektonik dan mampu mendeteksi perubahan gelombang kecil di bawah permukaan air. Keberadaan alat ini perlu dukungan regulasi sebagai strategi pengelolaan yang berkelanjutan. Alat ini direncanakan akan dipasang di Selat Makassar dengan mencari titik landing (*landing station*) yang tepat (Khaerani et al., 2021); dan 7) (Saputro et al., 2022) dari Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan Gajah Mada membuat *prototype* alat pendeteksi tsunami dengan prinsip berdasarkan pembacaan sensor *submersible* yang membaca ketinggian air. Pengolahan hasil pembacaan sensor menggunakan mikrokontroler Resberry-Pi, yang bekerja menggunakan bahasa pemrograman Python. Dari Resberry-Pi akan dihasilkan output berupa bunyi sirine dan pengiriman pesan singkat dari pembacaan sensor tentang ketinggian air; 8) (Fauzil Akbar et al., 2023) dari Universitas Jember membuat sebuah alat yang dirancang untuk memonitor tinggi muka air laut secara *real time* dan data diolah menjadi salah satu acuan potensi tsunami. Prinsip kerjanya yaitu tinggi muka air laut selama pasang surut dimonitor menggunakan sensor ultrasonic HC-SR04 secara *real time* dimana sensor ultrasonic HC-SR04 diletakkan di pesisir pantai.

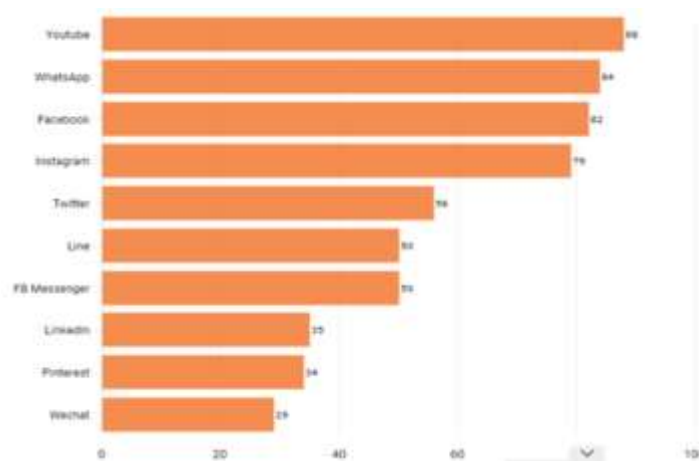
Untuk negara Jepang, pendeteksi tsunami yang digunakan adalah *Wave Gauge Profiler* yang ditanam pada dasar laut dan terpasang pada jarak 200 kilometer dari pantai untuk mengukur tinggi gelombang di dasar laut (BBC, 2018). Meski demikian, kita tidak bisa hanya menyandarkan keselamatan warga dari ancaman tsunami hanya dengan alat pendeteksi dan peringatan dini tsunami yang terus dikembangkan dan disempurnakan. Pada kasus tsunami Palu, dimana tsunami datang lebih awal sekitar tiga menit setelah gempa dibandingkan peringatan dini tsunami yang dikeluarkan BMKG, dan padamnya listrik dan sinyal telepon menyebabkan informasi peringatan dini tsunami tidak terkirim ke masyarakat disana (Arif, 2022).

### **3.4 Konsep Mitigasi Bencana Era Industri 4.0 Pendidikan**

Revolusi industri 4.0 menawarkan nilai-nilai dalam mitigasi bencana, yaitu serba cepat, mudah, praktis, lebih efisien, dan berbiaya rendah (Humas, 2019). Jika dikaitkan dengan pengertian mitigasi menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 21 Tahun 2008 yaitu serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana (BNPB, 2008), hal tersebut dilakukan dengan serba praktis, serba cepat, serba mudah, lebih efisien dengan biaya rendah, yang artinya semua aktor dalam upaya mitigasi dalam melaksanakan tugas dan perannya semakin dituntut memiliki kecakapan sosial (*social skills*) berbasis teknologi informasi tersebut. Penelitian mengenai pemanfaatan mitigasi bencana perlu memberdayakan potensi dari penggunaan teknologi informasi digital yang telah menjangkau berbagai kalangan, dengan tidak membedakan jenis kelamin, umur, maupun lingkungan sosial, yang memanfaatkan teknologi informasi

dan media sosial secara aktif. Pengembangan sistem peringatan dini berbasis IoT (*Internet of Things*) untuk mitigasi sudah mulai banyak diteliti. Revolusi Industri 4.0 mampu memberi sumbangan positif untuk penerapan teknologi yang fleksibel, akurat, hemat biaya dan membuka peluang memaksimalkan segala sumberdaya untuk menghadapi kesiapsiagaan dengan tujuan *zero victim* dalam penanggulangan bencana (Fahrimal et al., 2019).

Di masyarakat digital dimana penggunaan media sosial merupakan salah satu sarana informasi yang sangat dekat dengan masyarakat dan pemanfaatannya dapat memaksimalkan kegiatan mitigasi bencana, dan media sosial yang digunakan dalam kegiatan komunikasi kebencanaan adalah media yang populer dan relevan (Lestari, 2018). Menurut data pengguna media sosial yang banyak digunakan di Indonesia dapat dilihat pada gambar 7. Harus disadari bahwa penggunaan media sosial *Youtube*, *WhatsApp*, *Facebook*, *Instagram* bahkan sekarang *Tiktok* sangat populer di kalangan masyarakat Indonesia. Perlunya membuat program-program mitigasi bencana ke depan yang visioner tapi tetap membumi, mudah dilaksanakan dengan tujuan masyarakat terhindar dari risiko yang lebih besar dari pemanfaatan media sosial tersebut.



Gambar 7. Media Sosial yang Sering Digunakan Tahun 2020  
Sumber : (Jayani, 2020)

Upaya mitigasi melalui pengendalian persiapan teknologi era industri 4.0 dapat melalui perluasan pendidikan dan pelatihan (Kang, 2017), khusus untuk mengurangi risiko tsunami non-struktural dapat dilakukan melalui edukasi dan sosialisasi kepada masyarakat tentang bahaya tsunami (Zulkarnain et al., 2021). Diseminasi informasi melalui media dan saluran pendidikan, atau kegiatan mitigasi yang melibatkan masyarakat menjadi upaya peningkatan kesadaran masyarakat (Faisal, 2022). Dalam dunia pendidikan contohnya pembuatan dan penyebarluasan tentang informasi kebencanaan melalui E-Komik dan Game edukasi pada anak Sekolah Dasar dapat menjadi salah satu upaya menanamkan literasi kebencanaan sedini mungkin dengan menyesuaikan perkembangan Industri 4.0, karena pada masa usia dini atau masa keemasan) (*the golden age*) dimana anak mulai peka dalam menerima berbagai rangsangan dan komunikasi yang berkualitas akan membuat anak usia dini dapat mengenal dan membedakan benar salah dan mudah dalam mengetahui akar persoalan (Ismaya et al., 2022). Dari hasil wawancara pada guru dan siswa Sekolah Dasar di Bandar Lampung pada daerah pesisir (tabel 3), menyatakan bahwa konsep literasi baru (*new literacy*) yaitu literasi sains dalam cakupan literasi data, literasi teknologi, dan literasi manusia (Mufit et al., 2020); (Brown et al., 2014) dalam bentuk E-Komik sebagai bahan

ajar dan game edukasi, belum ada disana. Efektifitas E-Komik terbukti dapat meningkatkan motivasi belajar siswa Sekolah Dasar dan layak digunakan sebagai media pembelajaran (Pratiwi, 2023). Sedangkan game edukasi kesiapsiagaan bencana berfungsi sebagai media pembelajaran alternatif menyesuaikan infografis siaga bencana pada website BNPB (Aulia, 2019).

#### 4. KESIMPULAN

Letak geografis dan keberadaan Anak Gunung Krakatau merupakan ancaman bahaya geologis seperti gempa bumi, letusan gunung api, longsor di pantai dan longsor bawah laut, dan khusus daerah Bandar Lampung memiliki resiko tinggi tsunami bagi penduduk di pesisir pantai yang berada pada bagian selatan Kota Bandar Lampung seperti Kecamatan Bumi Waras, Panjang, Sukabumi, Teluk Betung Barat, Teluk Betung Timur, Teluk Betung Utara dan Teluk Betung Selatan yang perlu diantisipasi dan dipersiapkan.

Potensi kerentanan bukan hanya dari letak geografis saja tapi juga ketidaktahuan masyarakat tentang bencana tsunami dalam kesiapsiagaan menghadapi bencana untuk mengurangi risiko bencana harus menjadi perhatian, dan kesiapan alat pendeteksi dan peringatan dini tsunami berbasis era Industri 4.0 yang relatif lebih murah dan mudah diimplementasikan akan terus berkembang dan disempurnakan untuk monitoring secara *real time*, dan keberadaannya memerlukan dukungan regulasi sebagai strategi pengelolaan yang berkelanjutan.

Kurangnya pengetahuan dan kemampuan masyarakat menghadapi ancaman bencana dapat diupayakan melalui edukasi dan sosialisasi kepada masyarakat berbasis teknologi informasi era Industri 4.0 dengan cara membuat program-program mitigasi bencana ke depan yang visioner, mudah dilaksanakan dan tepat sasaran dengan pemanfaatan media digital.

Potensi penelitian lanjutan dari penelitian ini adalah perlu mengukur indeks kesiapsiagaan masyarakat pada wilayah pesisir bagian selatan Kota Bandar Lampung agar program mitigasi yang dibuat efektif dan tepat sasaran, juga perlu rancangan awal bahan ajar alternatif yang mengusung konsep literasi baru (*new literacy*) sesuai konsep era Industri 4.0 contohnya bisa melalui E-Komik dan *game* edukasi.

#### 5. REFERENCES

- Adityabrima, M. D., Setianingsih, C., & Saputra, R. E. (2021). Deteksi Tinggi Rendah Gelombang Air Laut Menggunakan Algoritma Fuzzi Dan Teknologi Iot. *EProceedings ...*, 8(5), 6194–6200.
- Alviani, P. (2021). *Buku Pintar Penanggulangan Tsunami*. DIVA Press. [https://play.google.com/store/books/details/Buku\\_Pintar\\_Penanggulangan\\_Tsunami?id=1zpjEAAAQBAJ&hl=en\\_US&gl=US&pli=1](https://play.google.com/store/books/details/Buku_Pintar_Penanggulangan_Tsunami?id=1zpjEAAAQBAJ&hl=en_US&gl=US&pli=1)
- Arif, A. (2022). Pelajaran Setelah 18 Tahun Tsunami Aceh. *Kompas.Id*. <https://www.kompas.id/baca/humaniora/2022/12/26/pelajaran-setelah-18-tahun-tsunami-aceh>
- Assifa, F. (2018, December). Pengungsi Korban Tsunami Selat Sunda di Lampung Capai 2.500 Orang. *Kompas.Com*. <https://regional.kompas.com/read/2018/12/24/08511011/pengungsi-korban-tsunami-selat-sunda-di-lampung-capai-2500-orang>
- Atika, R. (2019). Automatic Tsunami Early Warning System Tersinkronisasi Bmkg Dan Pengeras Suara Tempat Ibadah. *Jurnal Edukasi Elektro*, 3(1), 30–35. <https://doi.org/10.21831/jee.v3i1.26100>
- Aulia, S. (2019). *Game Edukasi Kesiapsiagaan Bencana Alam Banjir*. 1–45. [http://lib.unnes.ac.id/35721/1/5302414047\\_Optimized.pdf](http://lib.unnes.ac.id/35721/1/5302414047_Optimized.pdf)

- BBC. (2018). *Tsunami Selat Sunda: Mengapa tidak terprediksi?* BBC News Indonesia. <https://www.bbc.com/indonesia/indonesia-46674630>
- BBC News Indonesia. (2018, December). *Tsunami Selat Sunda: Mengapa tidak terprediksi?* *BBC News Indonesia*. <https://www.bbc.com/indonesia/indonesia-46674630>
- BNPB. (2008). *PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA NOMOR 21 TAHUN 2008*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www.bnpb.go.id/storage/app/media/uploads/migration/pubs/4.pdf>
- BPS. (2022). *Jumlah Penduduk, Luas Wilayah dan Kepadatan Penduduk Per Kecamatan Di Kota Bandar Lampung Tahun 2014-2018*. BPS. <https://bandarlampungkota.bps.go.id/statictable/2019/09/10/262/jumlah-penduduk-luas-wilayah-dan-kepadatan-penduduk-per-kecamatan-di-kota-bandar-lampung-tahun-2014-2018.html>
- Brown, L. M., Haun, J. N., & Peterson, L. (2014). A proposed disaster literacy model. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 8(3), 267–275. <https://doi.org/10.1017/dmp.2014.43>
- Budyanto, D., Septiana, T., Muda, M. A., Informatika, T., Lampung, U., Meneng, G., & Bandar, K. (2020). (Studi Kasus : Di Pesisir Lampung Selatan, Provinsi Lampung). *Kumpulan Jurnal Ilmu Komputer*, 07(02), 210–218.
- Citrawan, D. (2018). 4.000 Pengungsi Tempati Posko Pengungsian di Bandar Lampung. *Lampungpos.Co*. <https://www.lampost.co/berita-4-000-pengungsi-tempati-posko-pengungsian-di-bandar-lampung.html>
- Dewi, C., Fadly, R., Pengembangan Pembelajaran, L., & Kepada Masyarakat, P. (2014). (Studi lokasi : Pesisir Kota Bandar Lampung) *SEMBISTEK 2014 IBI DARMAJAYA*. 15–16.
- Evie, S., & Hasni, H. (2022). Faktor-faktor yang Berhubungan dengan Kesiapsiagaan Keluarga dalam Tanggap Bencana Tsunami. *Poltekita : Jurnal Ilmu Kesehatan*, 15(4), 409–418. <https://doi.org/10.33860/jik.v15i4.828>
- Fahrimal, Y., Reza, M., & Tjoetra, A. (2019). Revolusi Industri 4.0 Dalam Penguatan Kesiapsiagaan Bencana Di Indonesia. *Communication*, 10(2), 128. <https://doi.org/10.36080/comm.v10i2.893>
- Faisal, R. (2022). Pengembangan Model Pengurangan Risiko Bencana Melalui Kesiapsiagaan Berbasis Sekolah Di Sma Negeri 24 Bandung. *Jurnal Ilmiah Kebijakan Dan Pelayanan Pekerjaan Sosial (Biyana)*, 3(02), 130–150. <https://doi.org/10.31595/biyana.v3i02.440>
- Farisa, F. C. (2018). *Korban Meninggal Tsunami Selat Sunda Capai 437 Orang*. Kompas.Com. [https://nasional.kompas.com/read/2018/12/31/15561231/korban-meninggal-tsunami-selat-sunda-capai-437-orang#google\\_vignette](https://nasional.kompas.com/read/2018/12/31/15561231/korban-meninggal-tsunami-selat-sunda-capai-437-orang#google_vignette)
- Fauzi, A. (2020). Menyimak Fenomena Tsunami Selat Sunda. *JURNAL GEOGRAFI Geografi Dan Pengajarannya*, 18(1), 43. <https://doi.org/10.26740/jggp.v18n1.p43-62>
- Fauzil Akbar, A., Cahyadi, W., & Muldayani, W. (2023). Prototype Sistem Peringatan Dini Berbasis Iot (Internet of Things) untuk Mitigasi Bencana Tsunami di Pantai Pancer, Puger, Jember. *Jurnal Arus Elektro Indonesia (JAEI)*, xx, No. xx(1), 11–16.
- Hakim, L. R. (2020). *SIMULATOR RADAR HF SEBAGAI PENDETEKSI TSUNAMI*. <https://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/193344>
- Hasan, R. A. (2018). Ini Citra Satelit Terbaru Gunung Anak Krakatau Usai Memicu Tsunami Selat Sunda. *Liputan6.Com*. <https://www.liputan6.com/global/read/3857769/ini-citra-satelit-terbaru-gunung-anak-krakatau-usai-memicu-tsunami-selat-sunda>
- Humas, R. (2019). *Mitigasi Bencana di Era Industri 4.0*. Upnyk.Ac.Id. <https://upnyk.ac.id/berita/mitigasi-bencana-di-era-industri-40>
- Ihsan, M. H., T, M. A., N, R. M., Nurfauzia, S., & Candra, T. (2023). Peran Pendidikan Mitigasi Bencana Untuk Membangun Kesiapsiagaan Menghadapi Ancaman Bencana Alam (Kelurahan

Limusnunggal). *Jurnal Jagaddhita*.

- Imas Tri Kurniasih. (2019). *STUDI AWAL PEMBUATAN SENSOR TSUNAMI BERBASIS FIBER BRAGG GRATING (FBG) DENGAN TEKNIK PEMBACAAN SWEEP PANJANG GELOMBANG LASER*. 1–23. <https://repository.unsoed.ac.id/18158/>
- Ismaya, I., Elihami, E., & Galib, A. A. C. (2022). Pendidikan Literasi Komunikasi: Membangun Karakter Anak Usia Dini Melalui Komunikasi yang Efektif. *Edumaspul: Jurnal Pendidikan*, 6(1), 1148–1153. <https://doi.org/10.33487/edumaspul.v6i1.3578>
- Jayani, D. H. (2020). *10 Media Sosial yang Paling Sering Digunakan di Indonesia*. Databoks.Katadata.Co.Id. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2020/02/26/10-media-sosial-yang-paling-sering-digunakan-di-indonesia>
- Kang, H. J. (2017). A Study on Disaster Safety Management Policy Using the 4th Industrial Revolution and ICBMS. *Journal of Digital Contents Society*, 18(6), 1213–1216. <http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2017.18.6.1213>
- Khaerani, P., Naryanto, H. S., Melati, D. N., & Trisnafiah, S. (2021). Kajian Landing Station Alat Deteksi Dini Tsunami Berbasis Kabel Serat Optik Bawah Laut di Kabupaten Pasangkayu, Sulawesi Barat. *Jurnal ALAMI: Jurnal Teknologi Reduksi Risiko Bencana*, 5(1), 19–30. <https://doi.org/10.29122/alami.v5i1.4841>
- Kurniawati, D., & Suwito, S. (2019). Pengaruh Pengetahuan Kebencanaan Terhadap Sikap Kesiapsiagaan Dalam Menghadapi Bencana Pada Mahasiswa Program Studi Pendidikan Geografi Universitas Kanjuruhan Malang. *JPIG (Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Geografi)*, 2(2). <https://doi.org/10.21067/jpig.v2i2.3507>
- Kusumastuti, Adhi & Khoiron, A. M. (2019). *Metode Penelitian Kualitatif* (F. Annisya (ed.)). Lembaga Pendidikan Sukarno Pressindo. [https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=637LEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=info:1yG7ukVB\\_S8J:scholar.google.com&ots=x36kw3j7rB&sig=8fZOqhD4c2f8PIqeDxvAfiK9nv0&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=637LEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=info:1yG7ukVB_S8J:scholar.google.com&ots=x36kw3j7rB&sig=8fZOqhD4c2f8PIqeDxvAfiK9nv0&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- Lee, H. S., Sambuaga, R. D., & Flores, C. (2022). Effects of Tsunami Shelters in Pandeglang, Banten, Indonesia, Based on Agent-Based Modelling: A Case Study of the 2018 Anak Krakatoa Volcanic Tsunami. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/jmse10081055>
- Lestari, P. (2018). *Komunikasi Bencana* (R. de Lima (ed.)). PT. Kanisius. [http://eprints.upnyk.ac.id/23779/1/PujiLestari - Buku Komunikasi Bencana Aspek Penting.pdf](http://eprints.upnyk.ac.id/23779/1/PujiLestari-BukuKomunikasiBencanaAspekPenting.pdf)
- Lexy, J. M. (2018). *Metodologi penelitian kualitatif* (38th ed.). PT Remaja Rosdakarya. <https://opac.perpusnas.go.id/DetailOpac.aspx?id=1133305>
- MPBI. (2016). *Kerangka Kerja Sendai Untuk Pengurangan Risiko Bencana 2015-2030*. Masyarakat Penanggulangan Bencana Indonesia. [http://mpbi.info/wp-content/uploads/2019/04/20160321-Kerangka-Kerja-Sendai-2015-2030\\_ed-SI.pdf](http://mpbi.info/wp-content/uploads/2019/04/20160321-Kerangka-Kerja-Sendai-2015-2030_ed-SI.pdf)
- MTK, N. (2020). “Siratsu” Simulator Radar HF untuk Pendeteksian Tsunami. <https://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/192055>
- Mufit, F., Asrizal, Hanum, S. A., & Fadhilah, A. (2020). Preliminary research in the development of physics teaching materials that integrate new literacy and disaster literacy. *Journal of Physics: Conference Series*, 1481(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1481/1/012041>
- Murdiyanto, E. (2020). *Penelitian Kualitatif (Teori dan Aplikasi disertai contoh proposal)* (1st ed.). Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LP2M) Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta Press. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://eprints.upnyk.ac.id/24095/1/Penelitian Kualitatif -Eko mUrdiyanto.pdf](http://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://eprints.upnyk.ac.id/24095/1/PenelitianKualitatif-EkoMurdiyanto.pdf)
- Musiana. (2015). Studi Kualitatif Ancaman, Kerentanan dan Kemampuan Mitigasi Bencana Masyarakat di Pesisir Bandar Lampung. *Jurnal Keperawatan*, 11(2), 262–269.

- Noor, D. (2014). *Pengantar Mitigasi Bencana Geologi*. Deepublish. [https://books.google.co.id/books/about/Pengantar\\_Mitigasi\\_Bencana\\_Geologi.html?id=4iNIDAAQBAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.co.id/books/about/Pengantar_Mitigasi_Bencana_Geologi.html?id=4iNIDAAQBAJ&redir_esc=y)
- Nugraha, A. H., Tasar, Y., Yusup, Putra, M., Soeprapto, D. A., Furqon, A., Pramagusta, A. P., Sandro, T., Djenal, D. P., & Aziz, A. (2020). Rancang Bangun Sistem Sirine Tsunami Terintegrasi. *SENTER 2020: Seminar Nasional Teknik Elektro*, November, 1–10.
- Nurhayaty, A., Wibarti, S., Triatmadja, R., & Hastjarjo, T. D. (2015). Model of Tsunami preparedness for Indonesian Tsunami prone areas communities. *Journal of Disaster Research*, 10(5), 957–965. <https://doi.org/10.20965/jdr.2015.p0957>
- Pratiwi, T. P. A. (2023). *PENGEMBANGAN MEDIA E-COMIC TOPIK PERUBAHAN IKLIM UNTUK MENINGKATKAN MOTIVASI BELAJAR SISWA SEKOLAH DASAR*. 31–41.
- Saputro, A., Triarmadja, R., & Priyosulistyo, H. (2022). Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Tsunami (Studi Kasus Selat Sunda). *Inersia*, 18(1), 10–20. <https://doi.org/10.21831/inersia.v18i1.47103>
- Saragih, Houtmand P; Asmara, C. G. (n.d.). *437 Orang Meninggal Dunia Akibat Tsunami Selat Sunda*. CNBC Indonesia. Retrieved September 25, 2023, from <https://www.cnbcindonesia.com/news/20181231164901-4-48555/437-orang-meninggal-dunia-akibat-tsunami-selat-sunda>
- Sarwono, J. (2006). *Metode Penelitian Kuantitatif & Kualitatif*. Graha Ilmu. [https://www.academia.edu/21354427/Metode\\_penelitian\\_kuantitatif\\_and\\_kualitatif\\_Jonathan\\_Sarwono](https://www.academia.edu/21354427/Metode_penelitian_kuantitatif_and_kualitatif_Jonathan_Sarwono)
- Siyoto, Sandu & Sodik, M. A. (2015). *Dasar Metodologi Penelitian* (Ayup (ed.)). Literasi Media Publishing.
- Sudibyakto, H. A. (2018). *Manajemen Bencana di Indonesia ke Mana?* UGM PRESS. [https://books.google.co.id/books/about/Manajemen\\_Bencana\\_di\\_Indonesia\\_ke\\_Mana.html?id=zar6ewEACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.co.id/books/about/Manajemen_Bencana_di_Indonesia_ke_Mana.html?id=zar6ewEACAAJ&redir_esc=y)
- Sukmadinata, N. S. (2005). *Landasan psikologi proses pendidikan* (3rd ed.). Remaja Rosdakarya. <https://opac.perpusnas.go.id/DetailOpac.aspx?id=659988>
- Suwarsono, Nf., Prasasti, I., Nugroho, J. T., Sitorus, J., & Triyono, D. (2019). Detecting the Lava Flow Deposits From 2018 Anak Krakatau Eruption Using Data Fusion Landsat-8 Optic and Sentinel-1 Sar. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences (IJReSES)*, 15(2), 157. <https://doi.org/10.30536/j.ijreses.2018.v15.a3078>
- theguardian.com. (2018). *Sunda Strait tsunami death toll likely to rise, say Indonesian officials*. <https://www.theguardian.com/world/2018/dec/22/multiple-fatalities-as-tsunami-hits-beaches-in-indonesia>
- Warseno, W. (2022). *Sustainable Strategy Management Cable-Base Tsunami Detection Equipment Instrumentation*. [https://scholar.google.com/scholar?hl=id&as\\_sdt=0%2C5&q=Sustainable+Strategy+Management+Cable-Based+Tsunami+Detection+Equipment+Instrumentation&btnG=](https://scholar.google.com/scholar?hl=id&as_sdt=0%2C5&q=Sustainable+Strategy+Management+Cable-Based+Tsunami+Detection+Equipment+Instrumentation&btnG=)
- Wikipedia. (n.d.). *Kota Bandar Lampung*. Wikipedia. Retrieved October 1, 2023, from [https://id.wikipedia.org/wiki/Kota\\_Bandar\\_Lampung](https://id.wikipedia.org/wiki/Kota_Bandar_Lampung)
- Wikipedia. (2018). *Tsunami Selat Sunda 2018*. [https://id.wikipedia.org/wiki/Tsunami\\_Selat\\_Sunda\\_2018](https://id.wikipedia.org/wiki/Tsunami_Selat_Sunda_2018)
- Yudhicara, Y. (2008). Tsunamigenik di Selat Sunda: Kajian terhadap katalog Tsunami Soloviev. *Indonesian Journal on Geoscience*, 3(4), 241–251. <https://doi.org/10.17014/ijog.vol3no4.20086>
- Zulkarnain, I., Darmaputra, I. gde, & Asnaning, A. R. (2021). Deteksi Zona Rawan Tsunami Pesisir Kota Bandar Lampung Menggunakan Data Geospasial Berbasis Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Ilmiah Teknik Pertanian - TekTan*, 12(3), 134–146. <https://doi.org/10.25181/tektan.v12i3.1933>