

KAJIAN JALUR EVAKUASI SERTA TEMPAT EVAKUASI BENCANA TSUNAMI TERHADAP HASIL PARTISIPATIF MASYARAKAT DI PESISIR KECAMATAN LIMAU

Jefri Aldison¹, Armijon², Citra Dewi³

Universitas Lampung: Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145
Tlp. (0724) 70494/Fax. (0721)701609
Teknik Geodesi dan Geomatika FT - UNILA
100jefrialdison@gmail.com

(Diterima 28 Desember 2021 , Disetujui 29 Juni 2022)

Abstrak

Kabupaten Tanggamus Merupakan kawasan yang tergolong rentan terhadap ancaman bencana tsunami, sebab kawasan ini memiliki tiga faktor terjadinya ancaman tsunami. Salah satu faktor adanya aktifitas Sesar Semangko yang memanjang di jalur bukit barisan dan bercabang ke-Kecamatan Pematangsawa sampai ke Pulau Belimbing. Salah satu bentuk upaya mitigasi bencana tsunami seperti adanya pembuatan peta mitigasi, jalur serta TES (tempat evakuasi sementara) untuk meminimalisir adanya korban jiwa.

Pada penelitian ini dilakukan analisis jalur dan TES (tempat evakuasi sementara) terdampak tsunami berdasarkan peta area rendaman terdampak Tsunami dengan menggunakan metode Berryman (2006). Dalam hal ini diperlukan nilai koefisien kekasaran permukaan dengan menginputkan nilai koefisien pada peta tutupan lahan, lalu data kelerengan permukaan tanah (derajat) yang nilai derajatnya dikonversikan menjadi radian, dan referensi ketinggian gelombang tsunami di Kecamatan Limau Kabupaten Tanggamus, sehingga didapatkan perhitungan Hloss, lalu perhitungan tersebut dikombinasikan dengan peta garis pantai dengan metode cost-distance, sehingga diperoleh ketinggian inundasi 1 meter dari garis pantai.

Hasil dari penelitian ini diketahui bahwa terdapat jalur dan TES yang terdampak area rendaman gelombang tsunami. Terdapat enam titik yang dihasilkan dari hasil partisipatif masyarakat, dua diantaranya sudah sesuai dengan melihat hasil peta rendaman yang dibuat. Sedangkan untuk empat titik lainnya perlu dilakukan penentuan ulang terhadap jalur dan TES tersebut khususnya yang berada di Dusun Kuala Jaya dan Dusun Tegineneng Pekon Tegineneng.

Kata Kunci : *Tsunami, Berryman, TES, Jalur Evakuasi*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Wilayah Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik yaitu lempeng Hindia-Australia yang bergerak ke utara, lempeng samudera Pasifik yang bergerak ke barat, dan lempeng Benua Eurasia yang berdiam. Masing-masing lempeng saling bertemu yang mengakibatkan sebagian besar wilayah Indonesia menjadi wilayah yang beresiko terhadap bencana geologi yang salah satunya berdampak memicu bencana tsunami. Pulau Sumatra merupakan pulau yang sangat beresiko terhadap ancaman bencana tsunami. Tsunami termasuk bencana yang paling sering terjadi di pulau Sumatera, hingga saat ini tsunami masih menjadi ancaman menakutkan bagi masyarakat pesisir Pulau Sumatera. Kabupaten Tanggamus merupakan kawasan yang tergolong sangat beresiko terhadap

ancaman bencana tsunami, sebab kawasan ini mempunyai tiga faktor terjadinya ancaman tsunami, selain karena lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia, Gunung Anak Krakatau (GAK) yang terletak di selat sunda merupakan ancaman nyata bagi masyarakat pesisir daerah Lampung, dan dikarenakan adanya Sesar Semangko yang memanjang di jalur bukit barisan dan bercabang ke-Kecamatan Pematangsawa sampai ke Pulau Belimbing. Hal tersebut membuktikan bahwa Kabupaten Tanggamus merupakan daerah yang termasuk memiliki potensi resiko terhadap ancaman bencana tsunami di Provinsi Lampung. Menurut Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Tanggamus besar kecilnya tinggi gelombang tsunami dipengaruhi oleh sumber terjadinya tsunami. Berdasarkan skenario run-up tsunami, wilayah Teluk Semangko yang terletak di Kabupaten Tanggamus memiliki skenario run-up setinggi 13m.

Salah satu penyebab yang dapat menyebabkan terjadinya potensinya tsunami yaitu patahan Sesar Semangko yang berasal dari Bukit Barisan, patahan ini bercabang dua, yakni ke wilayah Kecamatan Pematangsawa sampai ke Pulau Belimbing dan cabang ke arah Kecamatan Kota Agung, Limau hingga Kelumbayan. Pada tahun 2003 pernah terjadi gempa di antara Kotaagung Timur dan Limau. Gempa ini terjadi sampai puluhan kali sehari dalam kurun waktu 2 bulan, dan belum lama ini tercatat 181 kali gempa di Teluk Semangko dari hasil monitoring BMKG dengan magnitude terkecil 1,1 dan terbesar hingga 4,6 Skala Richter, terjadi sejak tanggal 1 Juni 2021 hingga 2 Juli 2021 (Binti Mufarida, Sindonews, 2021). Gempa yang terjadi akibat patahan Sesar Semangko dapat memicunya terjadi gelombang tsunami yang dapat mengakibatkan kerusakan dan mengalami kerugian material hingga dapat memakan ribuan korban jiwa, mengingat bahwa Kecamatan Limau memiliki pekon di area pesisir yang padat akan penduduk. Tsunami yang belum lama ini terjadi, pada saat erupsinya Gunung Anak Krakatau yang menyebabkan dampak naiknya muka air laut hampir setinggi 2 meter di pekon Tegineneng pesisir Kecamatan Limau.

Kecamatan Limau merupakan wilayah yang berada di daerah pesisir Teluk Semangko, Tanggamus. Memiliki kepadatan penduduk dengan total kepadatan sebesar 21.872 Jiwa. Kecamatan ini memiliki luas wilayah sebesar 209,29 Km² yang terdiri dari 11 Pekon, 6 Pekon diantaranya terletak di daerah pesisir pantai Teluk Semangko yang memiliki ketinggian antara 0-100 meter di atas permukaan laut. Daerah yang rentan terhadap bencana tsunami seharusnya memiliki suatu tindakan mitigasi untuk mengurangi resiko yang ditimbulkan sesuai dengan Undang-undang No. 24 Tahun 2007 tentang penanggulangan bencana. Pengadaan jalur dan tempat evakuasi adalah sebuah strategi pengembangan pola ruang dalam usaha mengontrol dan melestarikan kawasan lindung di dalam suatu wilayah. Pembuatan jalur dan tempat evakuasi bencana tsunami dapat ditentukan dengan melihat sebaran daerah rendaman gelombang tsunami.

Dilihat dari hasil survey lapangan jalur dan tempat evakuasi tersebut sudah dibuat dengan melibatkan partisipatif masyarakat dalam pembuatannya. Namun, apakah jalur yang

telah dibuat dengan partisipatif masyarakat tersebut dapat dipakai sebagai jalur dan TES evakuasi?. Berdasarkan kajian awal daerah rendaman tsunami yang telah dibuat oleh peneliti terindikasi bahwa jalur dan tempat tersebut tidak sesuai dengan hasil yang didapatkan dari kajian awal penentuan area rendaman gelombang tsunami dan pedoman teknis perencanaan TES Badan Nasional Penanggulangan Bencana tahun 2013. Sehingga perlu dikaji ulang apakah jalur dan tempat evakuasi tersebut dapat dipakai dalam proses evakuasi bencana tsunami.

Berdasarkan latar belakang di atas penulis bermaksud untuk mengkaji apakah penentuan jalur evakuasi serta tempat evakuasi bencana tsunami berdasarkan hasil partisipatif masyarakat merupakan jalur dan tempat yang aman dipakai untuk proses evakuasi, dengan membandingkan jalur dan tempat yang diusulkan oleh penulis sebagai data pembandingan untuk menentukan jalur dan tempat evakuasi yang aman dipakai untuk proses evakuasi bencana tsunami.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari dilaksanakannya penelitian ini antara lain:

1. Menentukan area rendaman tsunami di daerah pesisir Kecamatan Limau.
2. Analisis jalur dan tempat evakuasi sementara.
3. Analisis kesesuaian jalur dan tempat evakuasi sementara terhadap hasil partisipatif masyarakat.
4. Membuat Informasi Rendaman dan Jalur serta Tempat Evakuasi Sementara di wilayah pesisir Kecamatan Limau yang dituang dalam peta mitigasi bencana.

1.3 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai petunjuk mengenai informasi jalur serta tempat evakuasi yang ada di pesisir Pekon Kecamatan Limau khususnya Pekon Tegineneng, Pekon Kuripan, dan Pekon Badak.

1.4 Kerangka Pemikiran

Adapun kerangka pemikiran dari penelitian adalah sebagai berikut :

1. Metodologi Pemikiran

Penelitian ini dibuat untuk mengetahui area rendaman gelombang tsunami sehingga dapat menentukan kesesuaian jalur dan tempat evakuasi sementara terhadap hasil partisipatif masyarakat yang di-akibatkan

oleh adanya aktivitas tektonik di wilayah teluk Semangko Kabupaten Tanggamus. Besar kemungkinan potensi terjadinya gelombang tsunami di daerah pesisir pantai Kabupaten Tanggamus, mengingat bahwa Kabupaten Tanggamus sendiri merupakan wilayah yang rentan terhadap ancaman bencana tsunami. Jika terjadinya ancaman bencana tsunami, maka wilayah tersebut harus dilakukannya 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 yang diperoleh dari BPBD Kabupaten Tanggamus. Selanjutnya dihitung bahaya tsunami untuk memperoleh area rendaman tsunami dengan melakukan proses slope pada data DEM dan memasukkan nilai koefisien kekasaran pada data tutupan lahan yang kemudian dilakukan proses perhitungan Hloss untuk mendapatkan nilai penurunan air saat masuk ke daratan. Lalu dilakukan operasi cost distance untuk menghasilkan area rendaman tsunami dari garis pantai hingga ke daratan.

2. Batasan Masalah

- 1).Pelaksanaan Penelitian dilakukan di daerah pesisir kecamatan limau yang mencakup Pekon Tegineneng, Pekon Padang Ratu, Pekon Kuripan, dan Pekon Badak.
- 2).Objek Penelitian adalah daerah yang beresiko bencana tsunami di Pekon Tegineneng, Pekon Padang Ratu, Pekon Kuripan, dan Pekon Badak.
- 3).Data yang digunakan merupakan data spasial yang kemudian diolah menggunakan Software ArcGIS 10.3.
- 4).Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah berupa informasi Daerah yang berpotensi terdampak tsunami dan Jalur serta lokasi evakuasi tsunami.
- 5).Jalur dan Lokasi Evakuasi hasil survey lapangan ditentukan berdasarkan hasil partisipatif Masyarakat.
- 6).Lokasi Evakuasi yang di dapatkan berupa Tempat Evakuasi Sementara (TES).

1.4 Hipotesis

Pesisir Kabupaten Tanggamus merupakan daerah yang terdampak apabila sewaktu-waktu adanya aktivitas tektonik pada lempengan pengunci pada Sesar Semangko yang dapat menyebabkan terjadinya gelombang tsunami. Wilayah Pesisir Kecamatan Limau merupakan salah satu wilayah yang terdampak akan bencana tsunami tersebut. Hal ini dikarenakan terdapat adanya dua Pekon yang padat pemukiman pada area tersebut. Pentingnya pembuatan jalur dan tempat evakuasi untuk mengurangi adanya korban jiwa. Jalur dan tempat evakuasi di Kecamatan Limau dibuat dengan melibatkan partisipatif masyarakat dalam pembuatannya. Dilihat dari hasil surey lapangan adanya ketidak-sesuaian dalam penentuan jalur dan tempat yang ditetapkan berdasarkan hasil partisipatif masyarakat tersebut. Penentuan jalur dan tempat tersebut tidak mengacu pada perhitungan teknis area rendaman gelombang tsunami dan pedoman dalam perencanaan penentuan jalur evakuasi sementara (TES) sehingga jalur dan tempat yang dibuat berdasarkan hasil partisipatif masyarakat perlu dikaji untuk digunakan sebagai jalur dan tempat yang aman dalam proses upaya mitigasi bencana tsunami.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bencana Tsunami

Menurut Vulkanological Survey of Indonesia (VSI) Tsunami adalah rangkaian gelombang laut yang mampu bergerak dengan kecepatan hingga 900 km per jam, terutama diakibatkan oleh gempa bumi yang terjadi di dasar laut. Kecepatan gelombang tsunami bergantung pada kedalaman laut. Di laut dengan kedalaman 7000 m misalnya, kecepatannya bisa mencapai 942,9 km/jam. Istilah tsunami merupakan gabungan dari dua kata bahasa Jepang, yakni tsu dan nami. Tsu artinya pelabuhan dan nami artinya gelombang laut. Yang berarti tsunami adalah gelombang laut yang menghantam pelabuhan (Triton PB 2009:149).

2.2 Faktor Tsunami di Pesisir Kecamatan Limau

Peneliti menemukan bahwasanya sistem persesaran dipengaruhi oleh aktivitas sesar Sumatera dari Laut Andaman sampai Teluk Semangko. Sesar oblique dapat teramati meskipun pada data seismisitas tidak teramati. Selain faktor yang disebabkan oleh aktivitasnya

pergerakan sesar, wilayah Sumatera bagian selatan juga memiliki faktor lain terjadinya gempa yang mengakibatkan gelombang tsunami yaitu aktivitasnya Gunung Anak Krakatau (GAK) yang berada di Selat Sunda. Wilayah Sumatera Selatan ini termasuk dalam kawasan rentan bencana alam kegempaan, sehingga penelitian ini dapat dilanjutkan dengan menambahkan data analisa fokal yang terjadi pada wilayah tersebut, supaya data yang didapatkan menjadi lebih lengkap dan rencana mitigasi dapat dilakukan secara optimal. Kecamatan Limau merupakan salah satu daerah yang terdampak akan bencana gelombang tsunami sebab area pesisir Kecamatan Limau memiliki ketinggian 0 – 25 mdpl yang padat akan pemukiman. Mengacu oleh Kecamatan Limau dalam Angka tahun 2018 yang didapatkan dari Badan Pusat Statistik (BPS) area pesisir Kecamatan Limau dihuni 4.501 jumlah penduduk atau 25,39% dari seluruh total penduduk Kecamatan Limau.

2.3 Mitigasi Bencana Tsunami

Mitigasi bencana adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana (Pasal 1 ayat 6 PP No 21 Tahun 2008 Tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana). Upaya peningkatan kesadaran masyarakat yang tanggap bencana tsunami dapat dilakukan melalui berbagai cara, antara lain:

- Melalui papan pengumuman di daerah rawan bencana tsunami.
- Melalui sosialisai langsung kepada masyarakat yang tinggal di daerah rawan bencana.
- Melalui papan arah jalur evakuasi menuju tempat aman dari tsunami.
- Memanfaatkan pemetaan daerah rawan bencana tsunami.

Salah satu bentuk upaya mitigasi bencana adalah dengan dibuatkannya jalur serta tempat evakuasi bencana tsunami (TES) pada daerah yang terdampak tsunami. Pembuatan jalur serta tempat evakuasi menggunakan peta sebaran luas wilayah rendaman tsunami sebagai acuan untuk menentukan jalur dan tempat yang aman untuk digunakan proses evakuasi. Dalam pembuatan peta informasi daerah rendaman bencana tsunami dibutuhkan parameter untuk mendukung pembuatan peta tersebut, seperti index kekasaran permukaan

wilayah terdampak tsunami, topografi wilayah penelitian, dan ketinggian gelombang tsunami yang didapatkan dari hasil perhitungan skenario gelombang tsunami dari garis pantai, yang diperoleh dari BPBD Kabupaten Tanggamus.

2.4 Sebaran Luas Wilayah Rendaman Tsunami

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

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

Dimana:

- Hloss : Kehilangan ketinggian tsunami per-1m jarak inundasi
- n : Koefisien kekasaran permukaan
- H0 : Ketinggian gelombang tsunami di garis pantai
- S : Besarnya lereng permukaan (derajat)

Parameter tinggi gelombang tsunami di garis pantai mengacu pada hasil kajian BNPB yang merupakan lampiran dari Perka No. 2 BNPB Tahun 2012 yaitu Panduan Nasional Pengkajian Risiko Bencana Tsunami. Parameter kemiringan lereng didapatkan dari data raster DEM dan nilai koefisien kekasaran permukaan didapatkan dari data tutupan lahan (landuse).

- Koefisien kekasaran permukaan
Untuk menghitung Hloss atau kehilangan tinggi gelombang tsunami per -1m jarak inundasi diperlukan data pendukung seperti koefisien kekasaran permukaan tanah. Perhitungan index nilai kekasaran permukaan tanah dibuat menggunakan acuan peta tutupan lahan. Koefisien kekasaran permukaan ini merupakan nilai yang telah diinputkan didalam peta penggunaan lahan menggunakan metode berryman. Koefisien kekasaran merupakan nilai yang telah didapatkan untuk menghambat laju gerak tsunami pada permukaan tanah.
- Ketinggian gelombang tsunami digaris pantai
Ketinggian gelombang tsunami digunakan sebagai parameter awal untuk melihat sebaran luas area rendaman tsunami. Ketinggian gelombang tsunami yang di gunakan

berdasarkan skenario run-up gelombang tsunami, yang didapatkan oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Tanggamus. Ketinggian skenario gelombang tsunami yang ada di Kabupaten Tanggamus dikategorikan menjadi tiga wilayah berbeda-beda yaitu Tanggamus bagian Timur, Tanggamus bagian Barat, dan Tanggamus Pulau Tabuan. Pada penelitian ini peneliti menggunakan wilayah Tanggamus bagian Timur yang dimana Kecamatan Limau sendiri ialah tergolong wilayah Tanggamus bagian Timur dengan skenario ketinggian 13m. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

c. Besar kelerengan permukaan tanah (derajat)

Mengitung besar kemiringan lereng permukaan tanah dibutuhkan data dari topografi wilayah. Data topografi dapat diperoleh dari data raster DEM, data RBI, dan hasil pengukuran lapangan. Topografi merupakan perbedaan tinggi rendah daerah dipermukaan bumi, baik berupa daerah dataran/landai, bergelombang/berbukit dan pegunungan. Keadaan topografi adalah keadaan yang menggambarkan kemiringan lahan, atau kontur lahan, semakin besar kontur lahan berarti lahan tersebut memiliki kemiringan lereng yang semakin besar (M. Suparno dan Marlina Endy, 2005:139). Semakin tinggi permukaan tanah suatu tempat maka tingkat kerentanan terhadap bahaya tsunami akan semakin kecil (S. Hidayatullah Santius 2015:95).

2.5 Penentuan 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 bahaya (Abrahams, 1994). Setelah didapatkannya perhitungan area sebaran rendaman gelombang tsunami penentuan jalur serta tempat evakuasi dapat dilakukan. Untuk dapat menentukan jalur evakuasi kebutuhan jalur evakuasi juga dipengaruhi oleh waktu rata-rata untuk mencapai lokasi yang aman (titik kumpul). Untuk standar lebar jalur evakuasi, sebenarnya tidak ada ketentuan secara umum. Dalam penentuan jalur evakuasi, harus disepakati dimana titik kumpul yang aksesnya mudah dan luas. Dalam modul Siap Siaga Bencana Alam

(2009:36) dikemukakan syarat-syarat jalur evakuasi yang layak dan memadai tersebut adalah:

- a. Keamanan Jalur
Jalur evakuasi yang akan digunakan untuk evakuasi haruslah benar-benar aman dari benda-benda yang berbahaya yang dapat menimpa diri.
- b. Jarak Tempuh Jalur
Jarak jalur evakuasi yang akan dipakai untuk evakuasi dari tempat tinggal semula ketempat yang lebih aman haruslah jarak yang akan memungkinkan cepat sampai pada tempat yang aman.
- c. Kelayakan Jalur
Jalur yang dipilih juga harus layak digunakan pada saat evakuasi sehingga tidak menghambat proses evakuasi.

Dalam aksi evakuasi ada dua macam cara yang dilakukan (Alhadi, 2014), yaitu:

1. Lokasi evakuasi vertikal ke gedung-gedung yang juga berfungsi sebagai shelter dimana gedung ini diharuskan gedung yang cukup kokoh berdiri ketika gempa datang.
2. Lokasi evakuasi horizontal ke tempat-tempat yang jauh dari pantai dan berada pada ketinggian yang aman dari tsunami.

Kedua upaya penyelamatan diri ini membutuhkan jalur evakuasi yang baik dan mencukupi untuk mobilitas masyarakat yang ingin melewati jalan tersebut. Dalam manajemen bencana terutama pada tahap kesiapsiagaan, lokasi evakuasi merupakan fasilitas kritis yang harus tersedia dalam upaya penyelamatan diri masyarakat.

2.6 Penentuan Tempat Evakuasi

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

Metode untuk penentuan jarak aman untuk mencapai TES mengacu pada Institute of Fire Safety and Disaster Preparedness Japan dalam Budiarto (2006).



Gambar 1. Waktu terjadinya gempa sampai tsunami tiba di pantai Kota Agung
(Sumber: BPBD Kabupaten Tanggamus, 2019)

Kategori	Kecepatan di pantai pasir (m/dtk)		Kecepatan di Aspal (m/dtk)	
	Pria	Wanita	Pria	Wanita
Anak-anak	2	2	2,4	2,4
Remaja	3,3	3,3	4,12	4,12
Dewasa	2,86	2,38	3,6 (6,15)	3,0 (5,5)
Manula	1,67	1,67	1,84	1,84

Gambar 2. Hasil Pengukuran Kecepatan Lari pada jarak 100m
(Sumber: BPBD Kabupaten Tanggamus, 2019)

2. Tempat Evakuasi Akhir empat 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 gunung merapi

3. METODELOGI PENELITIAN
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di wilayah pesisir Kecamatan Limau yang mencakup Pekon Tegineneng, Pekon Padang Ratu, Pekon Kuripan, dan Pekon Badak. dimana secara geografisnya terletak antara 104o47' Bujur Timur – 104o49' Bujur Timur dan 05o36' Lintang Selatan – 05o37' Lintang Selatan. Secara administrasi Pekon Tegineneng memiliki luas sebesar 9 km2 dihuni oleh 1274 Jiwa, Pekon Padang Ratu dengan luas 14 km2 dihuni oleh 2178 Jiwa, Pekon Kuripan 50 km2 dihuni oleh 1490 Jiwa, dan Pekon Badak 25 km2 dengan penduduk 1690 Jiwa.

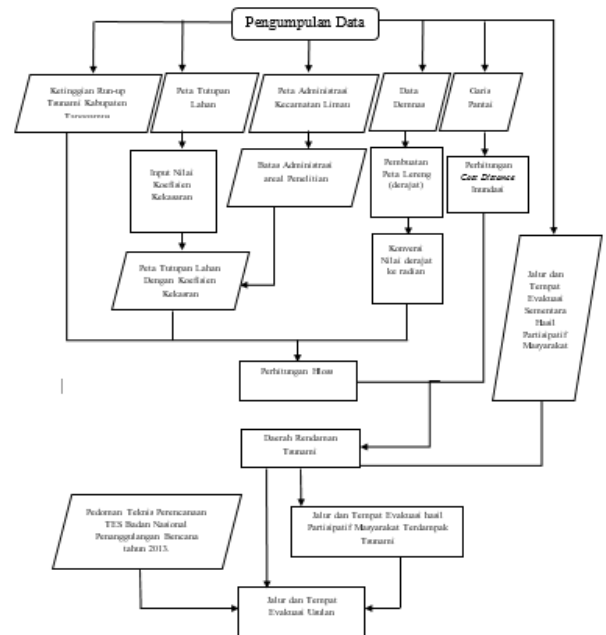
3.2. Alat dan Bahan

1. Perangkat Keras
 - a. PC (PersonalComputer)
 - b. Laptop Toshiba C800. Core i3, windows 10
 - c. GPS Hendheld
2. Perangkat Lunak
 - a. Sistem Oprasi Windows 10 64-bit
 - b. Software ArcGIS 10.3
 - c. Google Earth Pro 7.3.3.7786 (64-bit)
 - d. Microsoft Word 2016

- e. Microsoft Excel 2016
3. Data Spasial
 - a. Peta RBI (Rupa Bumi Indonesia) Skala 1:50.000
 - b. Citra Google Earth cakupan wilayah penelitian
 - c. Peta Administrasi Kecamatan Limau
 - d. Peta DEM Kabupaten Tanggamus
4. Data Non-Spasial
 - a. Data Kependudukan Kecamatan Limau dari Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kabupaten Tanggamus Tahun 2020.
 - b. Data jalur dan lokasi Evakuasi tsunami yang didapatkan dari hasil partisipatif masyarakat berupa titik kordinat.

3.3. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu :



Gambar 3. Diagram alir

3.4. Metode Analisis


Analisis data yang dilakukan yaitu analisis daerah terdampak rendaman tsunami. Sistem informasi geografi digunakan sebagai teknik untuk pengolahan data. Data spasial yang dibutuhkan untuk menentukan daerah rendaman tsunami yaitu peta tutupan lahan yang dibuat dengan hasil digitasi citra dan batas daerah penelitian pesisir Kecamatan Limau dengan menginputkan nilai koefisien kekasaran pada peta tutupan lahan kemudian kedua data tersebut

dioverlay sehingga diperoleh data baru berupa Peta tutupan lahan dengan koefisien kekasaran, lalu data kelerengan permukaan tanah (derajat) yang diperoleh dari peta topografi Kabupaten Tanggamus kemudian diolah menjadi Peta Lereng (derajat), kemudian Peta tersebut dikonversikan nilai derajatnya menjadi radian, dan referensi ketinggian gelombang tsunami Kabupaten Tanggamus yang didapatkan dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Tanggamus. Komponen data tersebut di olah sehingga memperoleh Perhitungan Hloss. Setelah didapatkan perhitungan Hloss, perhitungan tersebut dikombinasikan dengan Peta Garis Pantai dengan metode Cost-Distance Inundasi sehingga memperoleh Peta Area Terdampak Tsunami.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Peta Daerah Rendaman Gelombang Tsunami

Berdasarkan hasil pengolahan data yang dilakukan dari ke tiga parameter zonasi terdampak tsunami yaitu peta topografi, peta penggunaan lahan dan ketinggian gelombang tsunami di garis pantai, didapat peta zonasi daerah rendaman tsunami. Area pesisir Kecamatan Limau memiliki 3 zona berupa zona bahaya rendah, zona bahaya sedang, dan zona bahaya tinggi.



Rowel	PEKON	RD	Luas Bahaya Rendah (H)	Luas Bahaya Sedang (H)	Luas Bahaya Tinggi (H)
1	Badak	0	4.1542	12.5913	44.1215
2	Kuripan	1	1.38179	2.8874	16.8876
3	Tegineneng	2	3.0249	7.6227	41.1645
4	Padang Ratu	3	0.4545	1.1024	5.8875

Gambar 4. Tabulasi Luas Bahaya Tsunami Tiap Desa

Pada peta daerah rendaman tsunami dengan kelas tinggi, terlihat hampir 4,74% wilayah Pekon Tegineneng, 0,64% wilayah Pekon Padang Ratu, 1,38% wilayah pekon Kuripan, dan 1,76% wilayah pekon Badak, dari total luas wilayah tiap Pekon yang terdampak tsunami dengan jarak rendaman dari garis pantai ke area pemukiman berkisar antara 120 m – 376 m. Area terdampak tersebut meliputi area pemukiman Pekon tegineneng, area tambak Pekon Kuripan, dan area pemukiman Pekon Badak. Sedangkan pada peta daerah rendaman tsunami dengan kelas sedang terlihat beberapa pemukiman terdampak yang tinggal

di tepi sungai yang ada di Pekon Tegineneng berkisar 0,10% dari luas wilayah Pekon Tegineneng dengan jarak rendaman dari garis pantai berkisar Antara 376 m – 595 m, dan beberapa daerah area pemukiman Pekon Badak. Untuk peta daerah rendaman tsunami untuk kelas rendah terlihat wilayah Pekon Padang Ratu yang tergenang tsunami kurang dari 1h atau 0,02% dari luas wilayah Pekon Padang Ratu, 0,33% wilayah Pekon Tegineneng, 0,07% wilayah Pekon Kuripan, dan 0,16% dari luas wilayah Pekon Badak . Untuk dapat lebih jelasnya dapat dilihat dari tabulasi hasil pengolahan daerah rendaman tsunami dibawah ini.



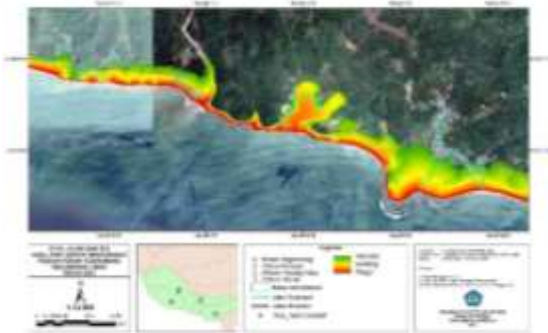
Gambar 5. Peta Daerah Rendaman Tsunami

4.2. Peta Jalur dan Titik Evakuasi Partisipatif Kecamatan Limau

Analisis jalur dan titik evakuasi tsunami ini dilakukan untuk mengetahui titik yang beresiko akan rendaman gelombang tsunami. Titik beresiko maksudnya adalah titik yang berada dalam jangkauan gelombang tsunami dan berbanding lurus dengan tingkat kepadatan penduduk pada titik tersebut. Posisi titik ini diperoleh dari hasil partisipatif masyarakat dan merupakan titik yang diambil menggunakan hasil observasi lapangan yang ada di pesisir Kecamatan Limau, sedangkan untuk jalur evakuasi tsunami diambil dengan menggunakan track gps. Dari titik–titik ini dapat kita ketahui apakah titik yang diperoleh dari hasil partisipatif masyarakat ini dapat digunakan sebagai titik aman dalam melakukan proses evakuasi sementara dengan melihat peta rendaman gelombang tsunami 13 m yang dibuat dari hasil pengolahan data. Titik yang di ambil dari hasil survey lapangan di pesisir kecamatan Limau terdiri dari 6 titik

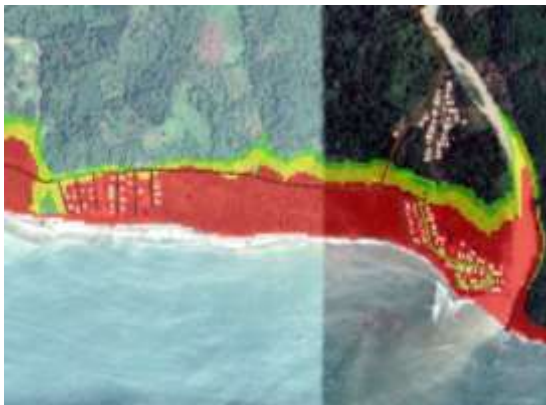
Tabel 1. Pesebaran titik evakuasi sementara gelombang tsunami Kecamatan Limau

No	Pekon	Dusun	Tempat Evakuasi	Ketinggian
1	Tegineneng	Tegineneng	Ruang Terbuka Hijau	17 - 22 mdpl
2	Tegineneng	Way Cumuk	Ruang Terbuka Hijau	13 - 18 mdpl
3	Tegineneng	Kuala Jaya	Ruang Terbuka Hijau	14 - 17 mdpl
4	Kuripan	Sukamaju	Kantor Tambak Sukamaju	14 - 19 mdpl
5	Badak	Badak	Lapangan Pekon Badak	19 - 24 mdpl
6	Badak	Badak	Ruang Terbuka Hijau	>36 mdpl



Gambar 6. Peta Jalur dan Titik Evakuasi Sementara Gelombang Tsunami Kecamatan Limau

4.3. Hasil TES Terdampak Tsunami



Gambar 7. Jalur dan Titik Evakuasi Pekon Tegineneng



Gambar 8. Jalur dan Titik Evakuasi Pekon Kuripan

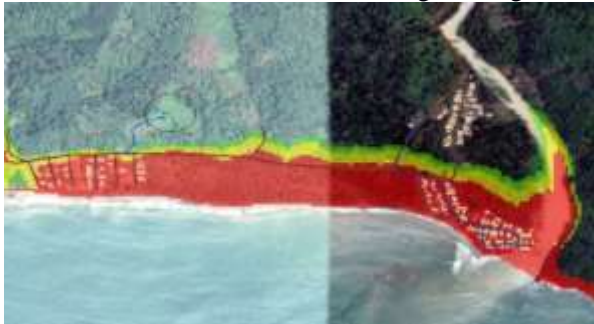


Gambar 9. Jalur dan Titik Evakuasi Pekon Badak

Terlihat bahwa terdapat dua titik yang tidak terdampak area rendaman tsunami, akan tetapi perlu ditinjau ulang terhadap jalur evakuasi yang digunakan untuk menuju TES Tegineneng, sebab jalur tersebut dikategorikan jalur yang rawan dikarenakan karakteristik jalur tersebut hanya berukuran 1m² dan jalurnya agak sedikit terjal serta kurang luasnya tempat evakuasi pada TES tersebut, dan tidak disarankan penggunaannya pada TES tersebut. Dan untuk TES yang berada di dusun Kuala Jaya merupakan TES yang masih terdampak akan rendaman gelombang tsunami >13m sehingga perlu dipertimbangkan adanya penentuan ulang sebagai TES yang digunakan oleh warga dusun Kuala Jaya. Untuk Jalur dan TES yang berada di Pekon Kuripan merupakan TES yang berada di Areal Tambak. TES tersebut merupakan Titik yang aman digunakan sebagai Titik Evakuasi oleh masyarakat yang berada di areal tambak, terlihat bahwa TES tersebut adalah titik yang berada di ketinggian 19 mdpl yang merupakan karakteristik bukit alami dan memiliki bangunan kokoh seperti pada gambar tabel 4.8, sehingga titik tersebut merupakan titik yang aman sebagai proses evakuasi untuk masyarakat yang ada di areal tambak. Sedangkan Untuk Jalur dan TES yang berada di Pekon Badak merupakan titik yang sangat aman sebagai tempat evakuasi, titik tersebut berjarak antara 1.015,52 m dari garis pantai, seperti dijelaskan pada sebelumnya untuk waktu kecepatan evakuasi dari garis pantai perkiraan waktu 12 menit untuk jarak 1,2 km hal tersebut merupakan jarak yang cukup untuk waktu prosesnya evakuasi. Akan tetapi perlu dipertimbangkan lagi apakah perlu dibuatkannya kembali TES yang berada pada pekon badak, sebab titik tersebut terlalu jauh dari peta rendaman yang terlihat dan TES yang sudah ada tersebut dapat dipertimbangkannya sebagai TEA.

4.4. Perencanaan Usulan Lokasi TES Tsunami

1. Jalur Dan TES usulan Pekon Tegineneng

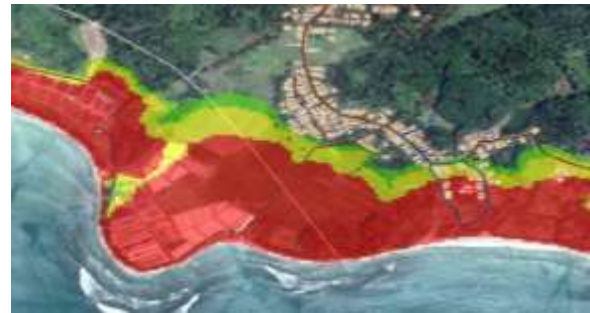


Gambar 10. Jalur dan Titik Evakuasi Pekon Tegineneng

Penentuan Jalur dan tempat evakuasi Pekon Tegineneng, penulis menyimpulkan bahwa perlu adanya penambahan TES yang ada di Pekon Tegineneng. Seperti pada bahasan sebelumnya bahwa jalur dan TES yang ada di dusun Tegineneng merupakan jalur dan TES yang rawan untuk dipakai untuk evakuasi. Penulis bermaksud untuk mengusulkan TES baru yang masih berada di area dusun Tegineneng, TES tersebut merupakan TES yang bertipe bukit alami (naturally high ground) dengan kemiringan diatas 8% dan tutupan lahan berupa semak belukar. Mengacu pada pedoman teknis perencanaan TES Tsunami BNPB 2013 bukit alami merupakan salah satu karakteristik tempat yang dapat diusulkan dalam perencanaan tempat evakuasi, untuk jalur yang digunakan merupakan jalur yang aktif dipakai masyarakat dusun tegineneng untuk pergi berkebun, perlu adanya pembuatan jalan dengan tipe pengkerasan beton dengan lebar jalan 2m2 di TES tersebut.

Untuk masyarakat dusun Kuala Jaya penentuan TES pada lokasi tersebut berada pada ketinggian yang aman jauh dari garis pantai. Sama halnya dengan TES yang berada di dusun Tegineneng TES yang diusulkan merupakan titik yang mengarah ke daerah perbukitan. TES tersebut merupakan tes dengan tutupan lahan berupa ladang pertanian dengan kemiringan diatas 15% dengan jarak + 750m dari garis pantai. Untuk Jalur yang digunakan merupakan jalan yang berada di-dusun Kuala Jaya kemudian mengarah ke jalan lokal primer Pekon Tegineneng mengarah ke dataran tinggi.

2. Jalur dan TES Usulan Pekon Badak



Gambar 11. Jalur dan Titik Evakuasi Pekon Badak

Adanya penentuan ulang jalur dan TES yang berada dipekon Badak dimaksudkan untuk membantu masyarakat mengenai informasi evakuasi terjadinya gelombang tsunami. Terlihat bahwa TES yang berada di pekon Badak merupakan TES yang sangat aman digunakan dalam proses evakuasi, akan tetapi jika dilihat dari peta rendaman gelombang tsunami yang di dapatkan dari hasil pengolahan data, TES tersebut merupakan TES yang cukup jauh dari area rendaman gelombang tsunami. Penulis bermaksud untuk mengusulkan TES yang baru yang berada pada jarak aman area rendaman gelombang tsunami dengan tutupan lahan berupa lahan kosong dengan kemiringan 5% yang berada tidak jauh dari area pemukiman tersebut.



Gambar 11. Peta Jalur dan TES Partisipatif Serta Jalur dan TES Usulan daerah penelitian

5.

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini, yaitu sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil survey lapangan jika terjadinya bencana gelombang tsunami dengan ketinggian gelombang tsunami 13m, maka terjadi daerah rendaman tsunami yang meliputi area pesisir Kecamatan Limau. Untuk mendapatkan perhitungan teknis area rendaman gelombang tsunami diperlukan data spasial berupa koefisien kekasaran pada area tutupan lahan penelitian, refrensi ketinggian gelombang tsunami, dan

- besar lereng permukaan dalam satuan (derajat).
2. Dilihat dari peta rendaman gelombang tsunami terdapat TES yang terdampak rendaman di daerah Pekon Tegineneng, hal ini dapat dilihat dari peta daerah rendaman gelombang tsunami pesisir Kecamatan Limau. Diketahui tinggi gelombang di garis pantai dipengaruhi oleh tinggi awal gelombang di pusat terjadinya gempa seperti, letusan Gunung Anak Krakatau, Lempeng Indo Australia - Eurasia, maupun Lempeng pengunci dari Sesar Semangko. Semakin tinggi gelombang di bibir pantai maka semakin jauh jarak rendaman dari garis pantai ke area daratan.
 3. Wilayah pesisir Kecamatan Limau merupakan salah satu wilayah yang beresiko akan bencana tsunami khususnya Pekon Badak dan Pekon Tegineneng dikarenakan padatnya pemukiman dan fasilitas umum yang terdapat pada wilayah tersebut, yang dapat disapu oleh gelombang dengan ketinggian 13m dengan jarak rendaman tsunami berkisar antara 1,1 km dari garis pantai, sehingga dapat menyebabkan korban jiwa. TES yang ditentukan terhadap partisipatif masyarakat mengalami dampak area rendaman gelombang tsunami yaitu TES yang berada di Dusun Kuala Jaya Pekon Tegineneng dimana TES tersebut merupakan TES yang berada pada ketinggian dibawah 13 mdpl, penentuan ulang pada TES tersebut mengacu pada peta rendaman yang telah dibuat. Untuk keamanan jalur yang ada di Pekon Tegineneng telah dilakukannya penentuan ulang terhadap jalur dan TES tersebut, meskipun TES yang ada di Pekon Tegineneng merupakan TES yang aman dan berada di luar area rendaman tsunami, jalur tersebut merupakan jalur yang curam dan rawan untuk proses evakuasi sehingga telah ditentukannya jalur dan TES yang baru pada pekon tersebut. Sedangkan TES yang terletak di Pekon Badak adalah TES

yang sangat aman untuk dilalui dilihat bahwa jarak dari garis pantai ke TES tersebut berjarak antara 1,015 km seperti dijelaskan pada waktu kecepatan evakuasi dari garis pantai berkisar antara 12 menit untuk jarak 1,2 km (manula). Dilihat dari peta daerah rendaman gelombang tsunami jarak tersebut cukup jauh untuk melakukan evakuasi dibandingkan dengan rendaman yang didapatkan, sehingga peneliti mengusulkan TES yang baru agar dapat mempermudah masyarakat Pekon Badak untuk melakukan proses evakuasi. Dan untuk TES yang sudah ada dapat dipertimbangkan sebagai TEA (Tempat evakuasi Akhir) pada wilayah pekon Badak.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil kajian mengenai jalur dan tempat evakuasi sementara (TES) hasil partisipatif masyarakat, adapun saran yang disampaikan berupa :Berdasarkan hasil penelitian didapatkan saran yaitu:

1. Pemeritah Pekon pesisir Kecamatan Limau

Perlu adanya pembuatan shelter posko pada TES yang diusulkan seperti sarana dan prasarana pada titik tersebut, sebab dalam proses evakuasi masyarakat sangat membutuhkan fasilitas pada TES yang akan digunakan. Dan perlu adanya musyawarah bersama antara pemerintah pekon dan tokoh-tokoh adat setempat mengingat bahwa didalam kriteria khusus pemilihan lokasi TES yang tertuang dalam pedoman teknik perencanaan Tempat evakuasi sementara (TES) lokasi yang di usulkan sebagai TES harus dimiliki oleh pemerintah setempat.

2. Peneliti Selanjutnya

Saran yang dapat diberikan oleh peneliti selanjutnya yaitu dengan adanya pengusulan titik-titik baru yang di jadikan TES (Tempat Evakuasi Sementara) berharap agar peneliti selanjutnya dapat

melakukan penelitian lebih dalam tentang pembuatannya TEA (Tempat Evakuasi Akhir) dengan meninjau TES yang telah diusulkan di Pesisir Kecamatan Limau, khususnya TES yang dihasilkan dari TES partisipatif Pekon Badak dapat dipertimbangkan sebagai TEA untuk Pekon Badak.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggoro, Irfan Tri, dkk. 2019. Analisis Sebaran Mahasiswa Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Semarang.
- A. Tridawati, S. Darmawan, and A. Armijon, "Estimation the oil palm age based on optical remote sensing image in Landak Regency, West Kalimantan Indonesia," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2018, vol. 169, no. 1.
- Armijon. 2020. Identification of Degraded Land for Determination of Conservation Areas Based on GIS in Region-1 Lampung Selatan District. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*. Vol.6, November 2020.
- Armijon, dkk. 2020. Kajian Kerentanan Terhadap Risiko Tsunami Pesisir Way Muli Pasca Bencana Gunung Anak Krakatau 2018. Lampung:LPPM Unila.
- Armijon, E. Rahmadi., F. Murdapa., Ida. Susanti. S. 2019. Kajian Pembaharuan Model Rendaman Tsunami Pesisir Teluk Lampung Akibat Pengaruh Perubahan Morfologi Gunung Anak Krakatau. *PROSIDING*; ISBN: 978-602-71616-3-4, Hal 162-171.
- Amri, Mohd Robi dkk. 2015. Risiko Bencana Indonesia. Jakarta: BNPB.
- Arikunto, Suharsimi. 2002. Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek. Jakarta: Rineka Cipta.
- Arsyad, Sitanala. 1989. Konservasi Tanah dan Air. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2013. Pedoman Teknik 2 Perencanaan Tempat Evakuasi Sementara (TES) Tsunami.
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Tanggamus. 2019. Bencana Sekunder dan Karakteristiknya. Lampung: Iwan Junianto.
- Badan Pusat Statistik. 2018. Kecamatan Limau Dalam Angka Tahun 2018.
- Berryman, K. 2006. Review of Tsunami Hazard and Risk in New Zealand. New Zealand: Institute of Geological Ana Nuclear Science
- Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 02 Tahun 2012 Tentang Pedoman Umum Pengkajian Resiko Bencana.
- Dewi, Citra, Armijon, Romi Fadly. 2014. Analisis Pembuatan Peta Zona Rawan Bencana Tsunami Pada Daerah Pesisir.
- Dini Purbani, dkk. 2014. Penentuan Tempat Evakuasi Sementara (TES) dan Tempat Evakuasi Akhir (TEA) Untuk Gempa Bumi dan Tsunami Dengan Pendekatan Sistem Informasi Geografis, Kota Pariaman Provinsi Sumatra Barat.
- Edyanto, CBH. Penelitian Kawasan Rawan Bencana Gempabumi di Kabupaten Serang. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, Vol 7, Maret 2011.
- Febri Kurniawan. 2019. Pemodelan Tsunami dan Alternatif Jalur Evakuasi Berbasis Sistem Informasi Geografis Di Kecamatan Krui Selatan Kabupaten Pesisir Barat.
- Habibi, M.H. 2017. Aplikasi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk Perencanaan Jalur Evakuasi Tsunami di Kecamatan Wates kabupaten kulonprogo.
- Huda, A. M. Miftahul dan Badrul Munir. 2017. Analisa Pola Sesar Di Daratan Selatan Sumatra Berdasarkan Event Gempa Tahun 1960-2000, Balikpapan: Politeknik Negri Balikpapan.
- Khomarudin, M. Rokhis, Wiweka, Parwati Sofan. 2014. Sekapur Sirih pemanfaatan penginderaan jauh untuk mitigasi bencana di Indonesia, Jakarta: LAPAN.
- Lampost. <https://m.lampost.co/berita-duh-wilayah-tanggamus-miliki-potensi-tsunami-tertinggi-se-lampung.html> diakses pada 3 Juni 2021
- Lillesand,Kiefer.1979. Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

- Marsh, W. 1991., Landscape Planning Environmental Application, John Wiley & Sons Inc., New York.
- Nazir, Moh. 2005. Metode Penelitian. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Mudin, Y., Pramana, I.W.J., Sabhan, 2015. Mapping of Tsunami Disaster Risk Based Spatial In Palu. *Gravitasi* 14, 11.
- Naryanto, Heru Sri. 2008. Analisis Potensi Kegempaan Dan Tsunami Di Kawasan Pantai Barat Lampung Kaitannya Dengan Mitigasi Dan Penataan Kawasan. (*Jurnal*). Vol. 10 No. 2 Agustus 2008 Hlm. 71-77. *PTLWBTPSA, BPPT: Jakarta*.
- PB, Triton. 2009. Mengenal Sains Sejarah Bumi dan Bencana Alam. Tugu Publisher: Surabaya.
- Rahmadini, Nurul. 2020. Pemetaan Jalur Evakuasi Bencana Gempa Sesar Lembang.
- Santius, S. Hidayatullah. Pemodelan Tingkat Risiko Bencana Tsunami Pada Permukiman Di Kota Bengkulu Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Permukiman Vol. 10 No. 2 November 2015 : 92-105*
- Siregar, Resti Elida Nurhawati, Ahmad Zakaria, Armijon. 2020. Kajian Daerah Rendaman Tsunami di Pesisir Teluk Lampung Akibat Perubahan Topografi Gunung Anak Krakatau (GAK) di Tahun 2018.
- Sudarmi. 2016. Geografi Regional Indonesia. (Diktat). BandarLampung: FKIP Universitas Lampung.
- Sugiyono. 2010. Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta
- Suparno Sastra M dan E. Marlina. 2005. Perencanaan dan Pengembangan Perumahan. Andi Offset. Yogyakarta.
- Supartoyo dan Surono. 2008. Katalog Gempabumi Merusak di Indonesia Tahun 1629-2007, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Bandung.
- Sutanto. 1986. Penginderaan Jauh Dasar Jilid I. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Sutanto. 1994. Penginderaan Jauh Jilid 1. Cet. 3, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press Yogyakarta.
- Syafrizal. 2013. Tingkat Pengetahuan, Kesiapsiagaan Dan Partisipatif Masyarakat Dalam Pembangunan Jalur Evakuasi Tsunami Di Kota Padang.
- Tommy, Pandi. 2011. Analisa Risiko Kerusakan Bangunan Rumah Tinggal Tipe 142 Akibat Gempa (Studi Kasus: Rumah Tinggal Di Sebuah Perumahan Di Kota Depok), Jakarta: Universitas Indonesia.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana
- Vulcanological Survey of Indonesia. 2017. Pengenalan Tsunami. https://www.esdm.go.id/assets/media/content/Pengenalan_Tsunami.pdf diakses pada 20 Maret 2021.
- Zaenudin, A., Darmawan, I. G. B., Armijon, Minardi, S., & Haerudin, N. (2018). Land subsidence analysis in Bandar Lampung City based on InSAR. *Journal of Physics: Conference Series*, 1080(1).