

Penentuan Lokasi Stasiun Komunikasi Pemberitahuan Tsunami Berdasarkan Waktu Tiba Tsunami Selat Sunda Tahun 2018

Satrio Muhammad Alif[✉] Agung Bhakti Pratama

Program Studi Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sumatera, Lampung, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima Februari 2021

Disetujui April 2021

Dipublikasikan Mei 2021

Keywords:

Tsunami, Early Warning

System, Propagation,

Disaster Mitigation, Station.

Abstrak

Tsunami Selat Sunda tahun 2018 merupakan tsunami yang terjadi akibat longsoran dari Gunung Krakatau dan membunuh 437 orang. Pembangunan stasiun komunikasi pemberitahuan tsunami sebagai bagian dari peringatan dini tsunami dan mitigasi bencana perlu dilakukan untuk mengurangi risiko tsunami. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan rencana lokasi stasiun komunikasi pemberitahuan tsunami. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data koordinat sumber tsunami, kedalaman laut, dan data waktu tiba tsunami yang terekam di stasiun pasut. Metode yang dilakukan adalah perhitungan waktu tempuh tsunami dari sumber tsunami ke Pesisir. Waktu tiba tsunami dihitung dari waktu tempuh tsunami dan waktu kejadian tsunami yaitu pukul 20.56 yang kemudian dikoreksi dengan data yang terekam di stasiun pasut. Selain itu, jarak antar stasiun, jarak stasiun dengan pemukiman, dan biaya pembangunan stasiun dijadikan pertimbangan dalam pembangunan selain dari waktu tiba atau waktu evakuasi. Waktu tiba tsunami di pesisir selatan Lampung berkisar dari pukul 21.16 sampai pukul 22.01. Waktu tempuh tsunami sangat dipengaruhi kedalaman dan hambatan pulau kecil Rencana lokasi stasiun komunikasi pemberitahuan tsunami berjumlah 9 stasiun mengingat biaya pembangunan dan kemanfaatan stasiun pada masyarakat dalam daerah yang luas.

Abstract

The 2018 Sunda Strait Tsunami is tsunami caused by landslides on Krakatau volcano and kills 437 people. The establishment of tsunami announcement communication station as part of tsunami early warning system and disaster mitigation is necessary to reduce the risk of tsunami. The objective of this research is to determine the location of announcement communication station. The data used are tsunami source coordinate, sea depth, and tsunami arrival time recorded on tide gauges. The method is calculating tsunami propagation time from tsunami source to the coast. Tsunami arrival time is calculated from tsunami propagation time and tsunami starting time which is at 20.56 and then is corrected by time recorded by tide gauges. Moreover, distance between two stations, distance between station and settlement, and station construction cost are used as consideration in establishing the station beside arrival time and evacuation time. Tsunami arrival time in southern coast of Lampung varies between 21.16 and 22.01. Tsunami propagation time is highly affected by sea depth and small islands hindrance. There are 9 possible locations of announcement communication stations by considering construction cost and its benefit to people in wide area.

© 2021 Universitas Negeri Semarang

[✉] Alamat korespondensi:

Gedung C1 Lantai 2 FIS Unnes

Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, 50229

E-mail: geografiunnes@gmail.com

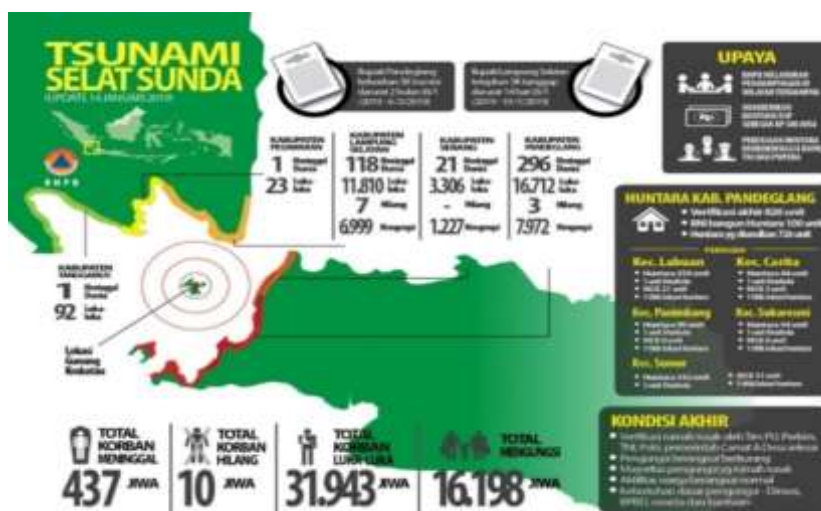
PENDAHULUAN

Tsunami yang merupakan fenomena kenaikan gelombang laut yang terjadi akibat terjadinya gempa tektonik, letusan gunung api, atau tanah longsor (Jokowinarno, 2011) merupakan bencana yang merusak di Indonesia dalam 20 tahun terakhir seperti tsunami Aceh tahun 2004 (Guha-Sapir dkk., 2005), tsunami Yogyakarta tahun 2006 (Fritz dkk., 2007), tsunami Palu tahun 2018 (Sepulveda dkk., 2020), dan tsunami Selat Sunda akhir tahun 2018 (Muhari dkk., 2019). Tsunami Selat Sunda tahun 2018 membunuh 437 orang (Gambar 1) dan merupakan tsunami yang terjadi bukan akibat gempa bumi melainkan akibat longsoran dari Gunung Krakatau (BNPB, 2019). Tsunami ini merupakan tsunami terparah di sekitar wilayah Gunung Krakatau setelah tsunami akibat letusan Gunung Krakatau tahun 1883 (Simkin, 1983).

Mitigasi bencana tsunami dilakukan dengan penyediaan informasi dan peta kawasan rawan bencana tsunami, sosialisasi, penataan kawasan rawan bencana tsunami, dan pembangunan stasiun komunikasi pemberitahuan tsunami. Peta kawasan rawan bencana tsunami akibat gempa bumi terdapat pada Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia (Nasional, 2017). Peta kawasan rawan bencana tsunami ini dilakukan untuk sosialisasi kepada masyarakat sekitar dan penataan ruang terutama di wilayah pesisir seperti yang diteliti oleh

Nasution (2005). Selain ketiga hal tersebut, mitigasi yang bertujuan mengurangi risiko bencana dapat dilakukan dengan pembangunan stasiun komunikasi pemberitahuan tsunami sebagai bagian dari peringatan dini tsunami.

Stasiun komunikasi pemberitahuan tsunami di Indonesia dilakukan secara nasional dan dalam jaringan (*online*). Sistem *Indonesia Tsunami Early Warning System* (InaTEWS) yang dikelola Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) merupakan sistem peringatan dini tsunami yang menggunakan stasiun komunikasi pemberitahuan tsunami di Indonesia (Rudloff dkk., 2009).. Sistem ini memberitahukan tsunami ke BMKG pusat ketika terdapat anomali ketinggian permukaan air laut yang didapat dari alat *Global Positioning System (GPS) Buoy* dan *Tide Gauges*. Namun, pemanfaatan *GPS Buoy* terkendala dengan alat tersebut mudah hilang di perairan Indonesia (Haris dkk., 2020). Pemberitahuan dari BMKG ke masyarakat dilakukan dalam jaringan melalui situs resmi BMKG dan dengan memberikan peringatan suara di lokasi bencana (Supartini dkk., 2017). Namun, persebaran stasiun komunikasi pemberitahuan tsunami belum tersebar luas mengingat tsunami berdampak pada area yang luas (Titov dkk., 2005). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan rencana lokasi stasiun komunikasi pemberitahuan tsunami untuk mendukung sistem peringatan dini tsunami guna mengurangi risiko bencana tsunami.



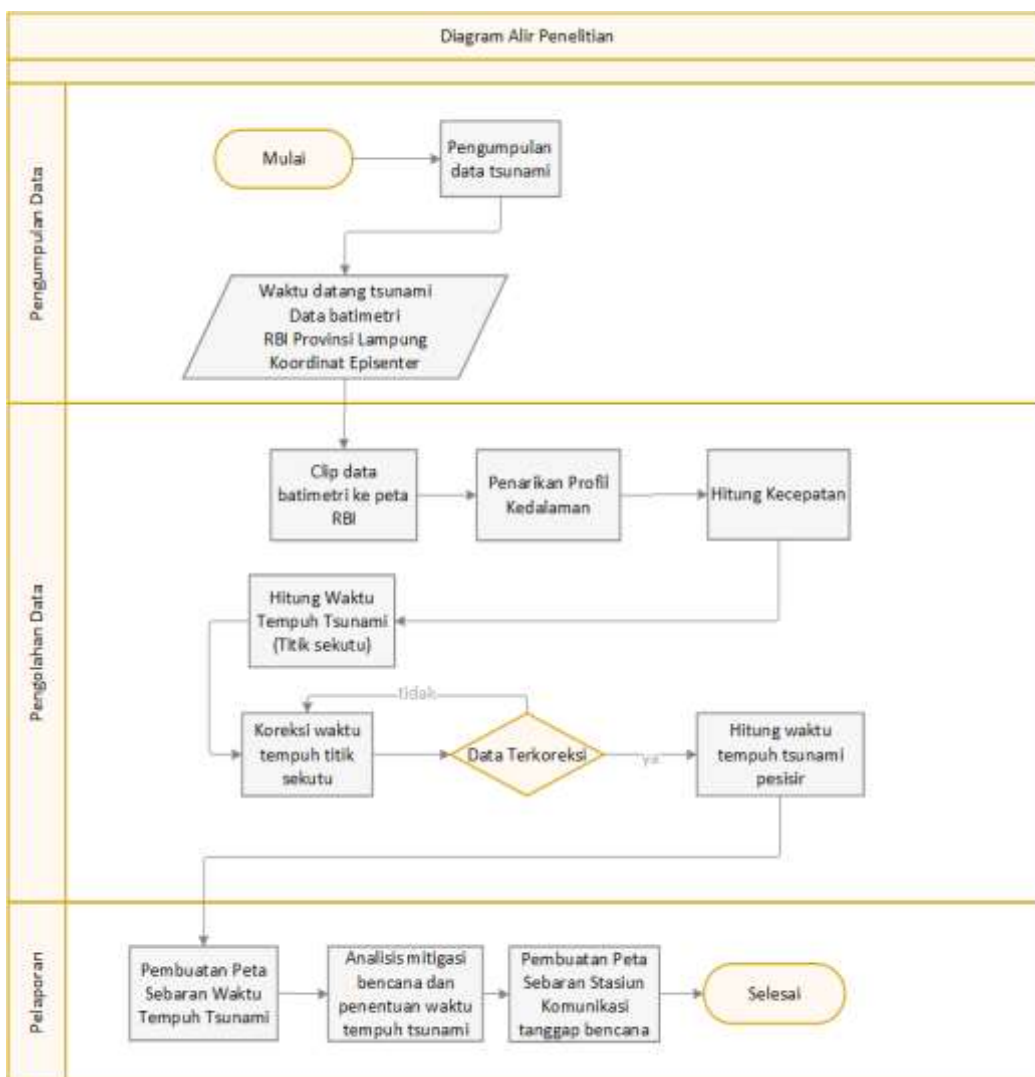
Gambar 1. Infografis Tsunami Selat Sunda Akhir Tahun 2018 (BNPB, 2019).

METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data koordinat sumber tsunami, data kedalaman laut di Selat Sunda, dan data waktu tiba tsunami yang terekam di stasiun pasut di pesisir selatan Lampung dan pesisir barat Banten. Data waktu tiba tsunami didapat dari stasiun pasut/*tide gauge* yang dimiliki BMKG. Data kedalaman laut di Selat Sunda didapat dari GEBCO (Gouretski, 2012) dengan ketelitian horizontal sebesar 30 arc-second atau 925 meter.

Langkah awal dalam penentuan lokasi stasiun komunikasi pemberitahuan tsunami adalah perhitungan waktu tempuh tsunami yang

merupakan fungsi dari kedalaman laut dan jarak yang dilalui dari sumber tsunami ke pesisir. Diagram alir penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2. Perhitungan waktu tempuh tsunami didasarkan jarak dari sumber tsunami atau Gunung Krakatau ke sepanjang pesisir di setiap profil kedalaman. Kecepatan gelombang tsunami dihitung dari profil kedalaman. Waktu tempuh dihitung dari kecepatan dan jarak. Waktu tiba tsunami dihitung dari waktu tempuh tsunami dan waktu kejadian tsunami di Gunung Krakatau. Persamaan perhitungan waktu tiba tsunami (Lay dan Wallace, 1995) ditunjukkan pada Persamaan 1.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian.

$$t_{tb} = t_s + \frac{d}{\sqrt{g \cdot h}}$$

Dengan t_{tb} adalah waktu tiba tsunami, t_s adalah waktu sumber tsunami, d adalah jarak dari sumber tsunami ke pesisir (m), g adalah percepatan gayaberat (m/s^2), dan h adalah kedalaman laut (m). Koordinat sumber tsunami yang digunakan yaitu 6°6' LS dan 105°25' BT. Waktu sumber tsunami yang digunakan yaitu pukul 20.56 (BNPB, 2019).

Waktu tiba tsunami hasil perhitungan waktu tempuh tsunami di sepanjang pesisir termasuk di stasiun pasut dikoreksi dengan waktu tiba tsunami di stasiun pasut hasil pengukuran. Stasiun pasut yang digunakan adalah stasiun pasut di pesisir selatan Lampung dan pesisir barat Banten yaitu Pantai Jambu, Pelabuhan Cindawan, Pelabuhan Panjang, dan Kota Agung. Proses koreksi pasut menggunakan persamaan 2 atau perataan parameter dengan ide kuadrat terkecil (Kahar, 2007; Alif dan Silaen, 2020).

$$t_{tbs} = a \cdot t_{tb} + b$$

Dengan t_{tbs} adalah waktu tiba tsunami hasil perhitungan, t_{tbs} adalah waktu tiba tsunami yang tercatat di BMKG, a dan b adalah parameter perataan. Jumlah persamaan 2 yang digunakan sebanyak stasiun pasut yang digunakan yaitu sebanyak 4 persamaan. Nilai waktu tiba tsunami di pesisir Lampung selain di stasiun pasut dihitung dengan menggunakan parameter perataan yang didapatkan dari perhitungan keempat persamaan tersebut.

Penentuan lokasi stasiun komunikasi pemberitahuan tsunami didasarkan waktu tiba tsunami yang telah dikoreksi di sepanjang pesisir serta pertimbangan waktu evakuasi ketika tsunami terjadi, jarak antar stasiun, jarak stasiun dengan pemukiman, dan biaya pembangunan stasiun. Waktu evakuasi tsunami yang digunakan yaitu 15-30 menit (Sudarsana dkk., 2013; Taufik dkk., 2018). Jarak stasiun dengan pemukiman dan biaya pembangunan digunakan sebagai pertimbangan agar fungsi stasiun komunikasi untuk peringatan dini tsunami dapat terlaksana secara optimal.

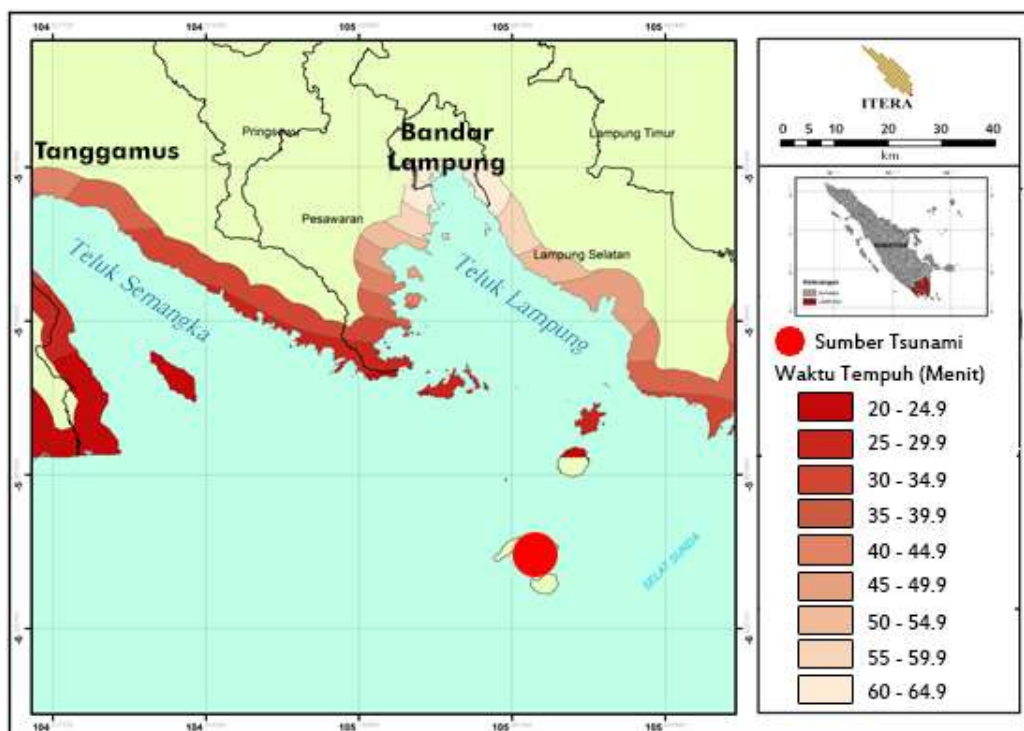
Stasiun komunikasi ini akan berbunyi dan memberitahukan waktu tiba tsunami ketika BMKG sudah menginformasikan tsunami berdasarkan data GPS *buoy*. Apabila GPS *buoy* tidak berfungsi dengan baik (Haris dkk., 2020), stasiun komunikasi ini akan berbunyi dan memberitahukan waktu tiba tsunami ketika stasiun komunikasi utama/terdekat telah terjadi tsunami.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Waktu tempuh setelah dikoreksi dengan waktu tiba yang tercatat di BMKG di pesisir selatan Lampung berkisar 20 menit sampai 65 menit (Gambar 3). Dengan waktu sumber tsunami pada pukul 20.56, waktu tiba tsunami berkisar dari pukul 21.16 sampai pukul 22.01. Jarak dari sumber bencana tsunami ke pesisir selatan Lampung berkisar 25 km sampai 85 km.

Waktu tempuh tsunami sangat dipengaruhi kedalaman dan hambatan pulau kecil. Jarak dari sumber tsunami ke Bandar Lampung di Teluk Lampung lebih dekat dibandingkan jarak sumber tsunami ke Tanggamus di Teluk Semangka tetapi waktu tempuh tsunami ke Bandar Lampung lebih lama. Hal ini dikarenakan kedalaman laut dari sumber tsunami ke Bandar Lampung lebih dangkal. Hal ini sesuai dengan teori bahwa kecepatan gelombang tsunami makin besar jika kedalaman laut semakin dalam sehingga waktu tempuh menjadi lebih singkat. Selain itu, terdapat 8 pulau kecil antara sumber tsunami dan Bandar Lampung dibandingkan dengan hanya 2 pulau kecil antara sumber tsunami dan Tanggamus.

Hal ini membuat Kabupaten Tanggamus lebih rentan terhadap bencana tsunami dibanding Bandar Lampung jika sumber bencana tsunami berasal dari Gunung Krakatau. Hal ini memperkuat posisi Kabupaten Tanggamus sebagai daerah yang rawan bencana. Selain tsunami, Kabupaten Tanggamus juga termasuk daerah rawan bencana gempa bumi karena terdapat Sesar Semangko di Kabupaten Tanggamus (Alif dkk., 2019).



Gambar 3. Peta Sebaran Waktu Tempuh Tsunami.

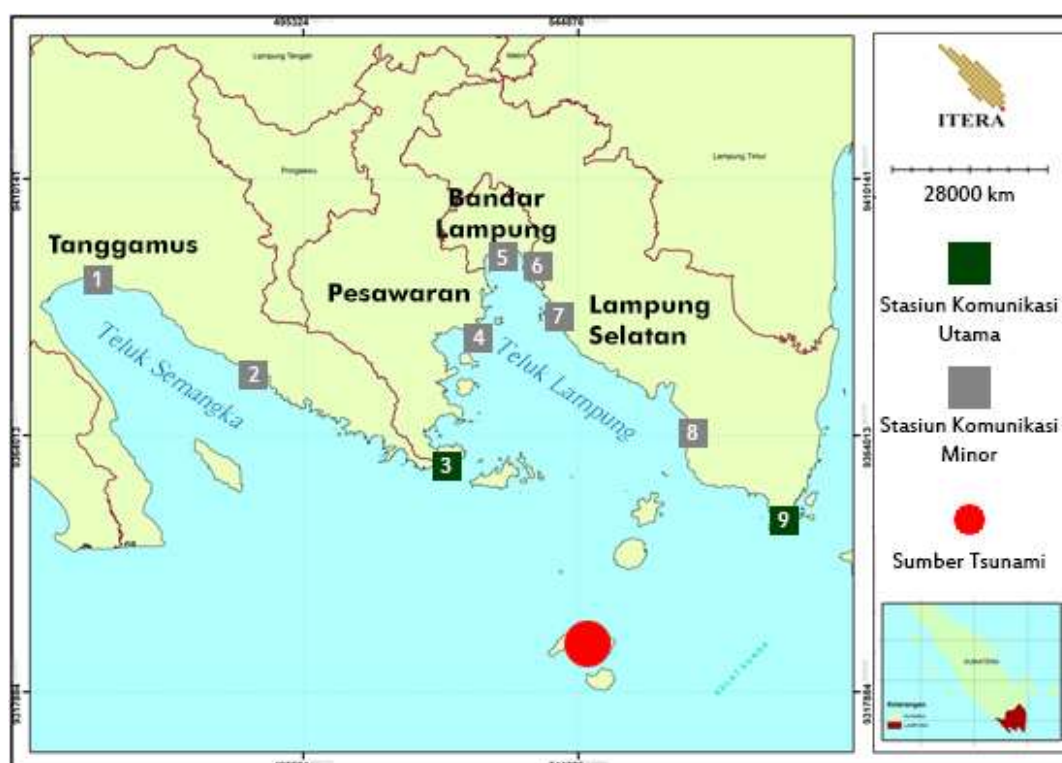
Lokasi stasiun komunikasi pemberitahuan tsunami sebaiknya terdapat pada 9 lokasi. Kategori stasiun utama diletakkan pada daerah dengan waktu tiba tsunami paling singkat yaitu 20 menit yang terletak di Punduh Pidada, Pesawaran dan Bakauheni, Lampung Selatan (Tabel 1 dan Gambar 4) dan memberitahukan waktu tiba tsunami ketika BMKG sudah menginformasikan tsunami. Kategori stasiun minor terletak di 7 lokasi lainnya yang akan memberitahukan waktu tiba tsunami ketika stasiun komunikasi utama/terdekat telah terjadi tsunami dan/atau BMKG sudah menginformasikan tsunami. Kesembilan stasiun terletak di daerah pemukiman agar fungsi stasiun komunikasi untuk peringatan dini tsunami dapat terlaksana secara optimal. Stasiun nomor 5 dan nomor 6 terletak hanya 6 km dikarenakan kedua stasiun terletak pada ibukota Provinsi dan dengan kepadatan penduduk yang tinggi (Rahayu, 2016). Hal ini dilakukan untuk mengurangi resiko bencana tsunami di pemukiman yang padat. Selain itu, stasiun yang berjumlah hanya 9

dilakukan untuk meminimalisasi biaya pembangunan dengan manfaat yang besar pada daerah yang luas.

Biaya pembangunan sembilan stasiun komunikasi pemberitahuan tsunami sebesar Rp575,987,391. Satu stasiun komunikasi pemberitahuan tsunami membutuhkan dana sebesar Rp63,998,599 atau USD 4,518. Ketentuan dan rincian dari stasiun tersebut (Kesper, 2007) terdiri dari paket peralatan standar dan peralatan yang digunakan. Paket peralatan standar terdiri dari 1 set SBS-1 Stasiun Siaran Koper c / w Pemancar stereo FM 30 Watt, ditumpuk antena dipol, kabel 30m RG8 / U Co-AX dengan semua konektor dan pemasangan yang diperlukan perangkat keras dengan harga USD 4,298. Peralatan yang digunakan terdiri dari 1 Extension Microphone c / w dudukan plastik penyangga dengan harga USD 55, dan 1 buah 115 atau 230 Volt AC ke 13,8 Volt DC Switching Power Supply, 15 Amp dengan harga USD 165.

Tabel 1. Rencana lokasi stasiun komunikasi pemberitahuan tsunami

Nomor Stasiun	Kategori Stasiun	Lintang	Bujur	Kecamatan	Kabupaten/Kota
1	Minor	5°30'28" LS	104° 39'04" BT	Kota Agung	Tanggamus
2	Minor	5°40'17" LS	104°54'55" BT	Cukuh Balak	Tanggamus
3	Utama	5°46'44" LS	105°10'40" BT	Punduh Pidada	Pesawaran
4	Minor	5°35'04" LS	105°14'27" BT	Padang Cermin	Pesawaran
5	Minor	5°26'19" LS	105°17'18" BT	Bumi Waras	Bandar Lampung
6	Minor	5°27'37" LS	105°18'50" BT	Panjang	Bandar Lampung
7	Minor	5°33'22" LS	105°22'19" BT	Katibung	Lampung Selatan
8	Minor	5°44'41" LS	105°35'22" BT	Kalianda	Lampung Selatan
9	Utama	5°53'06" LS	104°43'34" BT	Bakauheni	Lampung Selatan



Gambar 4. Rencana Lokasi Stasiun Komunikasi Pemberitahuan Tsunami

Biaya pembangunan sembilan stasiun komunikasi pemberitahuan tsunami sebesar Rp575,987,391. Satu stasiun komunikasi pemberitahuan tsunami membutuhkan dana sebesar Rp63,998,599 atau USD 4,518. Ketentuan dan rincian dari stasiun tersebut (Kesper, 2007) terdiri dari paket peralatan standard dan peralatan yang digunakan. Paket peralatan standar terdiri dari 1 set SBS-1 Stasiun Siaran Koper c / w Pemancar stereo FM 30 Watt, ditumpuk antena dipol, kabel 30m RG8 / U Co-AX dengan semua konektor dan pemasangan yang diperlukan perangkat keras dengan harga USD 4,298. Peralatan yang digunakan terdiri

dari 1 Extension Microphone c / w dudukan plastik penyangga dengan harga USD 55, dan 1 buah 115 atau 230 Volt AC ke 13,8 Volt DC Switching Power Supply, 15 Amp dengan harga USD 165.

SIMPULAN

Rencana lokasi stasiun komunikasi pemberitahuan tsunami berdasarkan waktu tiba tsunami Selat Sunda tahun 2018 terdapat di 9 lokasi yang berada di 4 kabupaten/kota di Provinsi Lampung. Hal ini dilakukan untuk mendukung sistem peringatan dini tsunami guna mengurangi risiko bencana tsunami apabila

terjadi tsunami dengan sumber yang sama dengan tsunami Selat Sunda tahun 2018 yaitu di Gunung Krakatau. Sembilan stasiun komunikasi tersebut dibangun dengan meminimalisasi biaya pembangunan sebesar Rp575,987,391 dengan manfaat yang besar pada daerah yang luas. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mempertimbangkan skenario lain untuk sumber tsunami di wilayah yang berbeda atau menggunakan data kedalaman laut dengan ketelitian yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alif, S.M., Perdana, R.S. and Fauzi, A.I., 2019. Optimal bench mark distribution to monitor southern segment of Sumatran Fault. *GeoEco*, 5(2), pp.160-170. DOI: <https://doi.org/10.20961/ge.v5i2.34660>
- Alif, S.M. and Silaen, R.A., 2020. Klasifikasi Parameter Penyebab Kemacetan Jalan Kolektor. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik*, 7(1), pp.25-36. DOI: <http://dx.doi.org/10.25292/j.mtl.v7i1.360>
- BNPB-National Disaster Management Agency. 2019. Tsunami Selat Sunda. (<https://bnpb.go.id/publikasi/infografis/tsunami-selat-sunda.html>. Last Accessed on 8 March 2020).
- Fritz, H.M., Kongko, W., Moore, A., McAdoo, B., Goff, J., Harbitz, C., Uslu, B., Kalligeris, N., Suteja, D., Kalsum, K. and Titov, V., 2007. Extreme runup from the 17 July 2006 Java tsunami. *Geophysical Research Letters*, 34(12). doi:10.1029/2007GL029404
- Gouretski, V., 2012. Using GEBCO digital bathymetry to infer depth biases in the XBT data. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 62, pp.40-52. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2011.12.012>
- Guha-Sapir, D. and van Panhuis, W., 2005. The Andaman Nicobar earthquake and tsunami 2004: Impact on diseases in Indonesia. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED).
- Haris, G.R., Shidiq, F.J.F., AM, N.K.M. and Rahmadhania, R.E., 2020. Sea Traffic Surveillance Security By Using Satelit Global Positioning System (GPS). *Lomba Karya Tulis Ilmiah*, 1(1), pp.107-120.
- Jokowinarno, D., 2011. Mitigasi bencana tsunami di wilayah pesisir lampung. *Rekayasa: Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Lampung*, 15(1), pp.13-20.
- Kahar, J., 2007. *Teknik Kuadrat Terkecil*. ITB, Bandung.
- Kesper, A., 2007. Warning Dissemination Technologies for Tsunami Early Warning in Local Communities. German-Indonesian Cooperation for Tsunami Early Warning System.
- Lay, T. and Wallace, T.C., 1995. *Modern global seismology*. Elsevier.
- Muhari, A., Heidarzadeh, M., Susmoro, H., Nugroho, H.D., Kriswati, E., Wijanarto, A.B., Imamura, F. and Arikawa, T., 2019. The December 2018 Anak Krakatau volcano tsunami as inferred from post-tsunami field surveys and spectral analysis. *Pure and Applied Geophysics*, 176(12), pp.5219-5233. <https://doi.org/10.1007/s00024-019-02358-2>
- Nasional, P.S.G., 2017. Peta sumber dan bahaya gempa Indonesia tahun 2017. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum.
- Nasution, A.D., 2005. Prinsip dan Konsep Perancangan Kota pada Kawasan Rawan Bencana Tsunami Kasus: Kota-kota Pantai Barat Daya Aceh.
- Rahayu, Y., 2016. Pemetaan Penyebaran dan Prediksi Jumlah Penduduk Menggunakan Model Geometrik di Wilayah Bandar Lampung Berbasis Web-GIS. <http://dx.doi.org/10.20473/jisebi.2.2.95-101>
- Rudloff, A., Lauterjung, J., Münch, U. and Tinti, S., 2009. Preface "The GITEWS Project (German-Indonesian Tsunami Early Warning System)". *Natural Hazards and Earth System Sciences (NHES)*, 9(4), pp.1381-1382. DOI: 10.5194/nhess-9-1381-2009
- Sepúlveda, I., Haase, J.S., Carvajal, M., Xu, X. and Liu, P.L., 2020. Modeling the sources of the 2018 Palu, Indonesia, tsunami using videos from social media. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 125(3), p.e2019JB018675. <https://doi.org/10.1029/2019JB018675>
- Simkin, T., 1983. Krakatau, 1883: the volcanic eruption and its effects.
- Sudarsana, I.W., Mendi, S., Abdullah, A., Hendra, A. and Sahari, A., 2013. Model matematika untuk sistem evakuasi tsunami kota palu (set-kp) berbasis jalur terpendek dan waktu evakuasi

- minimum. *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 2(3).
- Supartini, E. and Kumalasari, N., dkk. 2017. *Buku Pedoman Latihan Kesiapsiagaan Bencana Nasional.: Membangun Kesadaran, Kewaspadaan dan Kesiapsiagaan Dalam Menghadapi Bencana*. Jakarta: BNPB.
- Taufik, T., Sugiarto, S. and Isya, M., 2018. *Analisa Pemilihan Moda Dan Waktu Evakuasi Bencana Tsunami Di Kecamatan Kuta Raja Banda Aceh*. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*, 1(2), pp.19-29. DOI: <https://doi.org/10.24815/jarsp.v1i2.10938>
- Titov, V., Rabinovich, A.B., Mofjeld, H.O., Thomson, R.E. and González, F.I., 2005. The global reach of the 26 December 2004 Sumatra tsunami. *Science*, 309(5743), pp.2045-2048. DOI: 10.1126/science.1114576