

SIMULASI AKSESSIBILITAS EVAKUASI TSUNAMI MENGGUNAKAN TOOLS NETWORK ANALYSIS DI DAERAH RAWAN TSUNAMI KABUPATEN TANGGAMUS

^{1*)} Henky Mayaguezz, ²⁾ Moh Muhaemin, ³⁾ Muhamad Gilang Arindra Putra, ⁴⁾ Oktora Susanti, ⁵⁾ Anna Hari Kusuma, ⁶⁾ Eko Efendi, ⁷⁾ Almira Fardani Lahay, ⁸⁾ Muhammad Kholiqul Amiin

^{1*)} Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Perikanan dan Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

²⁾ Laboratorium Oseanografi, Jurusan Perikanan dan Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

^{3) 4) 5) 6) 7) 8)} Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Perikanan dan Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

Email: henky.mayaguezz@fp.unila.ac.id

ABSTRAK

Aktivitas geologis di Selat Sunda mendapat perhatian melalui tsunami yang terjadi pada akhir tahun 2018 dan gempa tektonik di zona subduksi Selat Sunda dengan Magnitude 6.9 pada 2 Agustus 2019. Kondisi ini menimbulkan kekhawatiran tentang ancaman bencana gempa dan tsunami di daerah sekitarnya. Kabupaten Tanggamus yang terletak dalam radius yang cukup dekat dengan Selat Sunda memiliki dataran rendah rawan tsunami yang sangat luas khususnya pada wilayah di sekitar ujung Teluk Semangka. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini secara umum bertujuan untuk memetakan wilayah layanan evakuasi, memetakan waktu evakuasi, dan menganalisis model evakuasi yang efektif. Untuk menjawab tantangan tersebut, penelitian ini dilakukan dengan mengikuti beberapa tahapan metodologi. Diawali dari penetapan wilayah studi menggunakan analisis spasial, digitasi jaringan jalan dan mengintegrasikannya dengan tools Network Analysis pada platform ArcGIS. Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan bahwa

wilayah yang paling beresiko adalah yang memiliki jarak terjauh dari lokasi Tempat Evakuasi Sementara (TES) apabila ditempuh tanpa kendaraan. Setiap wilayah memiliki lokasi TES yang dapat ditempuh menggunakan jalur jalan yang tersedia. Terdapat 3 kecamatan yang memiliki waktu tempuh lebih dari 30 menit untuk mencapai TES yaitu, Kecamatan Semaka, Kecamatan Wonosobo dan Kecamatan Kota Agung Barat. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi salah satu bahan pertimbangan dalam upaya mitigasi bencana tsunami di Kabupaten Tanggamus.

Kata Kunci: Kerentanan, tsunami, tanggamus, evakuasi, network analysis

PENDAHULUAN

Secara geologis, Indonesia terletak pada wilayah yang memiliki kontak langsung dengan tiga lempeng tektonik dunia: yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Pasifik. Ketiga lempeng tersebut menjadi alasan mengapa Indonesia memiliki begitu banyak

gunung berapi dan wilayah yang rentan terhadap gempa bumi. Salah satu wilayah laut yang memiliki aktifitas geologis tinggi adalah di sekitar selat sunda. Menurut catatan sejarah, tsunami telah terjadi beberapa kali di Selat Sunda yang disebabkan oleh fenomena alam yang berkaitan dengan aktivitas lempeng (Prawiradisastra, 2005; Yudhicara & Budiono, 2008). Berdasarkan Katalog Soloviev dan Go, 1974, tercatat 11 kali kejadian tsunami dari tahun 416 hingga 1968. Tsunami terbaru terjadi pada tanggal 22 Desember 2018 yang disebabkan oleh letusan Gunung Anak Krakatau. Letusan tersebut mengakibatkan longsoran badan gunung ke laut sehingga memicu tsunami di wilayah pesisir barat Provinsi Banten dan pesisir Kabupaten Lampung Selatan (Fauzi et al., 2020; Solihuddin et al., 2020).

Aktivitas kegempaan di sekitar Selat Sunda tercatat cukup besar. Rata-rata kejadian gempa dengan skala diatas 2,5 Skala Richter di wilayah ini mencapai 2000 kali setiap tahunnya (Naryanto, 2003). Catatan kejadian gempa dari tahun 1900 hingga 1993 sebagian besar memiliki Magnitude (M) 4,1 sampai 6,0, namun tidak ada catatan kejadian gempa besar di zona perairan Selat Sunda. Sementara itu pada zona laut lainnya dari aceh hingga Nusa Tenggara telah terjadi gempa besar yang dianggap sebagai pelepasan energi tektonik terkumpul selama proses stressing. Kondisi ini membuat kekhawatiran akan terjadinya gempa pada zona subduksi perairan ini. Berdasarkan jarak antara episentrum gempa dan wilayah terdampak, kejadian tsunami di Indonesia dikategorikan sebagai tsunami jarak dekat. Sesuai dengan kasus ini, pada wilayah pesisir barat Sumatera, selatan jawa hingga Nusa Tenggara, tsunami dapat mencapai

daerah pesisir dalam waktu sangat cepat. Kota Padang akan terdampak tsunami dalam waktu 23 menit setelah gempa yang berpusat di zona subduksi Mentawai (Taubenböck et al., 2008).

Salah satu wilayah yang berada di dataran rendah dan rentan terdampak tsunami yaitu Kabupaten Tanggamus. Daerah rentan terdampak ini berada di ujung Teluk Semangka yang masuk pada wilayah kecamatan Semaka, Wonosobo, Kota agung Barat dan Kecamatan Kota Agung. Beberapa daerah tersebut berbatasan langsung dengan wilayah pesisir. Wilayah yang memiliki jarak 0-200 m dari wilayah pesisir termasuk ke dalam wilayah risiko tinggi (Widodo et al., 2016). Secara umum faktor yang mempengaruhi tingkat kerentanan penduduk di wilayah pesisir Kabupaten Tanggamus adalah ketersediaan waktu untuk evakuasi yang sangat pendek dan wilayah rawan tsunami yang luas. Selain itu ketersediaan jalur evakuasi dan ketersediaan lokasi evakuasi juga menjadi salah satu faktor penentu keberhasilan dalam menghadapi resiko bencana tsunami (Alhadi, 2014).

Wilayah pesisir menjadi wilayah paling rentan terdampak, tetapi tidak seluruh wilayah pesisir ditempati oleh penduduk, bahkan sebagian diantaranya merupakan wilayah tidak berpenghuni. Pemetaan keberadaan penduduk merupakan langkah awal dalam identifikasi tingkat kerentanan masyarakat terhadap tsunami. Terutama jika kita mempertimbangkan karakteristik bencana gempa dan tsunami yang tidak bisa diperkirakan waktu kejadiannya. Analisis mengenai kapasitas evakuasi tsunami di Kabupaten Tanggamus menjadi suatu hal yang penting, maka dari itu penelitian ini memiliki beberapa

tujuan. Memetakan wilayah layanan evakuasi dari lokasi keberadaan masyarakat menuju lokasi Tempat Evakuasi Sementara (TES) terdekat, dan menganalisis waktu tempuh evakuasi tercepat bagi masyarakat Kabupaten Tanggamus menjadi tujuan dari penelitian ini. Diharapkan seluruh informasi tentang keberadaan penduduk, aksesibilitas mereka menuju tempat evakuasi akan digunakan untuk menurunkan tingkat kerentanan penduduk melalui intervensi upaya mitigasi oleh pihak-pihak terkait.

METODE PELAKSANAAN

Lokasi penelitian berada di Kabupaten Tanggamus dengan topografi landai yang luas di daerah pantai. Batasan wilayah studi ditetapkan hingga daerah topografi dengan ketinggian lahan mencapai 15 m dari permukaan laut. Ketinggian ini dipilih dengan mempertimbangkan tinggi tsunami yang terjadi di Kota Banda Aceh akibat gempa dan tsunami tahun 2004 (Lavigne et al., 2009). Data-data awal yang berupa topografi lahan dan jaringan lahan diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG) pada tautan resmi (tanahair.indonesia.go.id), dan data-data berupa wilayah administrasi, dan kependudukan diperoleh dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Tanggamus pada tautan resmi (<https://tanggamuskab.bps.go.id>).

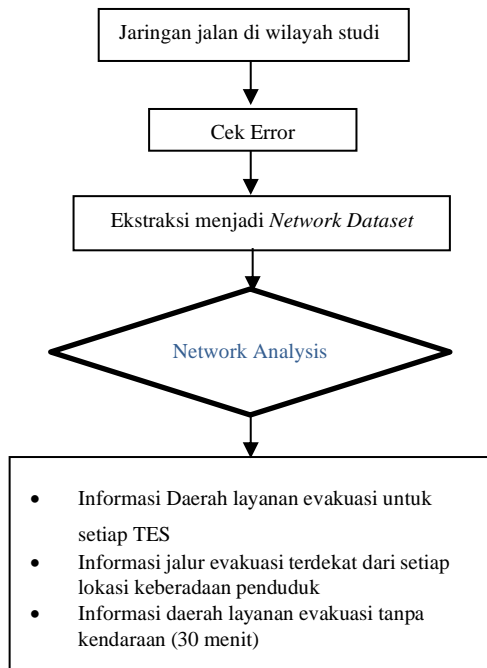
Metode analisis data dilakukan dengan pendekatan spasial melalui integrasi teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografi (SIG) yang diolah dengan perangkat lunak ArcGIS 10.3. Wilayah studi digambarkan dari data topografi SRTM. Citra SRTM diperoleh dari USGS Earth Explorer yang dapat diunduh dari (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Citra

ini memberikan gambaran ketinggian wilayah studi dari permukaan laut. Citra tersebut kemudian disimpan dalam format TIFF agar memiliki koordinat sehingga memungkinkan untuk dibuka dan diolah dengan menggunakan perangkat lunak SIG.

Penentuan wilayah studi ditentukan dengan ketinggian kurang dari 15 m diatas permukaan laut. Pertimbangan ketinggian lokasi studi berdasarkan tinggi gelombang tsunami aceh yang terjadi pada tahun 2004 (Lavigne et al., 2009). Titik Tempat Evakuasi Sementara (TES) ditentukan berdasarkan titik aman pertama yang bisa dicapai oleh setiap orang. Mempertimbangkan proses evakuasi yang dilakukan oleh masyarakat menggunakan jaringan jalan yang ada, maka titik TES ini dipilih pada pertemuan antara garis ketinggian 15m dan jaringan jalan

Proses penentuan layanan dan jalur evakuasi dianalisis menggunakan metode *Network Analysis*, berikut adalah diagram proses penentuan layanan dan jalur evakuasi.

Identifikasi wilayah layanan evakuasi TES terdekat dilakukan melalui pendekatan studi tentang wilayah layanan evakuasi di Kabupaten Tanggamus yang ditentukan dari setiap titik TES yang telah ditetapkan sebelumnya. Gambar 1 menjelaskan langkah-langkah penentuan daerah layanan tersebut adalah:



Gambar 1. Langkah penentuan kebencanaan lokal

1. membangun jaringan jalan dengan menggunakan tools network analyst di ArcMap. Data yang digunakan adalah data jaringan jalan Kabupaten Tanggamus skala 1:50.000 dengan sumber data tautan Badan Informasi Geospasial (BIG);
2. mengintegrasikan jaringan jalan ini kedalam peta melalui tools network analyst. Menu ini bekerja menurut algoritma Dijkstra untuk menentukan jalur tercepat antara suatu titik dengan titik lainya;
3. memasukkan lokasi TES horizontal ke dalam network analyst;
4. network analyst akan membangun jaringan jalan yang masuk dalam wilayah layanan dari titik TES.

Identifikasi jalur evakuasi terdekat dari TES dilakukan dengan menggunakan pendekatan “Closest Facility” pada Network Analyst. Menu ini juga bekerja menurut algoritma Dijkstra untuk menentukan jalur tercepat antara suatu titik dengan titik

lainya. Pada operasional menu *New Closest Facility*. Proses analisis menggunakan beberapa skema waktu untuk mencapai TES yaitu 0-10 menit, 11-20 menit, 20-30 menit, 30-40 menit, 40-50 menit, dan 50-60 menit. Skema 6 klasifikasi waktu tersebut diduga yang dibutuhkan untuk mencapai TES terdekat, dan diharapkan dapat menentukan wilayah yang berisiko terhadap tsunami. Wilayah dengan waktu tempuh ke titik TES terdekat lebih besar dari 30 menit dapat dikategorikan sebagai daerah yang berisiko tinggi tsunami.

Setelah seluruh model prediksi jalur evakuasi tercepat terbentuk, maka proses selanjutnya adalah simulasi di lapangan. Proses simulasi melibatkan beberapa kelompok masyarakat rentan bencana yang tersebar di beberapa daerah rawan terdampak tsunami. Pelaksanaan simulasi tersebut dilakukan dengan mengamati seberapa besar kesenjangan dan atau kesesuaian model prediksi dengan kemampuan ril masyarakat saat melakukan simulasi tersebut. Hasil yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai bahan masukan dan validasi model berdasarkan kondisi ril (simulasi) di lapangan tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

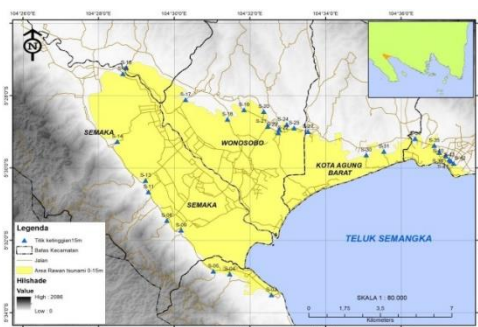
3.1 Estimasi Kawasan Rawan Tsunami di Kabupaten Tanggamus

Kawasan daerah rawan tsunami di Kabupaten Tanggamus berada di ujung Teluk Semangka yang merupakan salah satu teluk yang besar di Provinsi Lampung. Teluk ini merupakan muara dari sungai besar utama, yaitu Way Semangka dan anak sungai Way Semuong. Hampir seluruh wilayah Kabupaten Tanggamus merupakan daerah rawan gempa,

namun wilayah rawan tsunami berada di seluruh pesisir pantai Tanggamus dengan potensi terbesarnya di dataran pantai yang sangat luas dan rendah di Kecamatan Wonosobo dan Semaka (Kumoro et al., 2009).

Wilayah pesisir Kabupaten Tanggamus juga terdampak oleh bencana tsunami akibat letusan gunung Krakatau pada tahun 1883. Pada penelitian endapan tsunami akibat letusan gunung Krakatau 1883 di sekitar Kabupaten Tanggamus, ditemukan endapan pasir, abu dan batu apung yang terstratifikasi pada beberapa kedalaman di daerah Limus (Putra & Yulianto, 2016)

Melalui tools spatial analyst dan re-classification pada ArcGIS, wilayah pesisir yang landai di ujung Teluk Semangka Kabupaten Tanggamus dipertimbangkan sebagai daerah estimasi rendaman tsunami (gambar dibawah). Wilayah ini melingkar di sepanjang pesisir bagian selatan kota, khususnya pada wilayah administrasi Kecamatan Semaka, Wonosobo, Kota agung Barat dan Kecamatan Kota Agung.



Gambar 2. Peta administratif Kabupaten Tanggamus

Berdasarkan estimasi ketinggian tsunami, masyarakat yang berada di daerah berwarna kuning pada peta harus mencari Tempat Evakuasi Sementara (TES) terdekat apabila terjadi gempa berpotensi tsunami di sekitar Selat Sunda. Model TES yang dapat dipakai adalah TES horizontal

yang berada di ketinggian 15m. TES horizontal merupakan daerah ketinggian yang lokasinya menjauhi garis pantai. TES horizontal dianggap lebih relevan Ketika pada wilayah tersebut tidak banyak ditemukan gedung tinggi atau bukit yang dapat digunakan untuk lokasi TES vertical (Syukri & Mukhlis, 2016).

Lokasi TES horizontal terdekat dipertimbangkan berada pada daerah pesisir Kabupaten Tanggamus, khususnya di jaringan jalan dengan topografi lebih dari 15m dpl. Setiap jalan yang menuju ke titik tersebut dipertimbangkan sebagai jalur evakuasi penduduk. Terdapat beberapa faktor yang menjadi pertimbangan jalur evakuasi menuju TES yaitu jumlah masyarakat yang menetap di wilayah pesisir, akses jalan yang tersedia, kondisi topografi, dan penentuan zona aman sebagai tempat berkumpul (Dito & Pamungkas, 2015; Lessy et al., 2021) Masyarakat yang tinggal di daerah estimasi rendaman tsunami harus berusaha mencapai titik TES horizontal tersebut segera setelah terjadi gempa besar yang dapat memicu tsunami. Waktu yang dibutuhkan gelombang tsunami untuk mencapai wilayah pesisir berbeda-beda. Salah satu studi yang dilakukan Kurniati & Pratama, (2013) di wilayah pesisir painan, menyatakan bahwa dibutuhkan waktu sekitar 30 menit untuk gelombang pertama menghantam di wilayah pesisir.

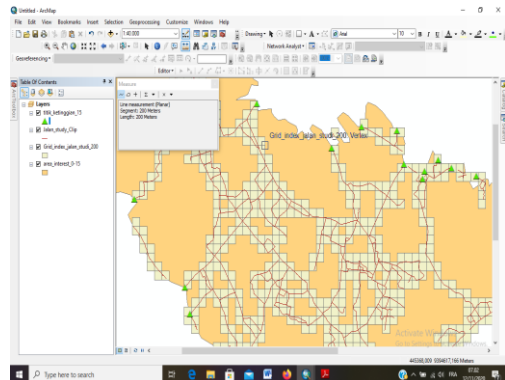
3.2 Daerah Layanan Evakuasi

Salah satu indikator kesiapsiagaan dalam mengatasi tsunami adalah ketersediaan peta jalur evakuasi. Jalur ini menghubungkan setiap lokasi keberadaan penduduk dengan titik ketinggian 15m yang akan digunakan sebagai TES. Penilaian efektivitas evakuasi dianalisis berdasarkan jarak tempuh tercepat menuju TES.

Penduduk Kabupaten Tanggamus

umumnya tinggal di sekitar jaringan jalan setempat sehingga pemodelan keberadaan penduduk diwakili oleh kota-kotak “grid” berukuran 200 x 200 m² yang ditempatkan di sekitar jaringan jalan. Kotak atau grid ini dibangun menggunakan menu “Grid indec features” yang tersedia pada software ArcGIS 10.3. Proses pemanggilan menu adalah Arctoolbox -> cartography tools -> Data driven pages -> Grid Index Features. Fitur ini dapat menentukan cakupan dan referensi secara spasial.

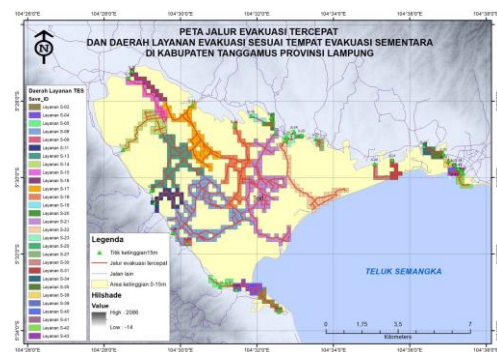
Hasil proses dari fitur tersebut adalah kotak-kotak yang terbangun di sekitar jaringan jalan wilayah studi dengan ukuran 200 x 200 m². Pada penyusunan peta jalur evakuasi, titik pusat (centroid) dari setiap kotak grid ini selanjutnya menjadi titik awal perhitungan keberadaan penduduk untuk disimulasikan secara numerik menuju TES terdekat.



Gambar 3. Tahapan penetapan model aksesabilitas penduduk

Penentuan TES terdekat selanjutnya dilakukan menggunakan *Layer Network Analyst “New Service Area”*. Perangkat ini digunakan untuk menemukan lokasi yang bisa diakses dari suatu titik tertentu melalui jaringan yang tersedia. Berdasarkan hasil analisis jaringan jalan/jalur evakuasi menggunakan menu “*new service area*”. Menurut Dito &

Pamungkas, (2015) menyatakan bahwa, kondisi topografi wilayah meliputi ketinggian dan jaringan jalan adalah variabel yang sangat berpengaruh dalam perencanaan jalur evakuasi. Pada penelitian ini, setiap tempat atau lokasi keberadaan penduduk (kotak grid 200 x 200 m) kemudian diarahkan menuju TES terdekat yang berada pada ketinggian 15 dari permukaan laut. Pada Gambar terlihat jelas bahwa kelompok kotak grid menghasilkan warna-warna yang berbeda. Setiap warna menunjukkan jalur evakuasi yang paling efisien dengan TES terdekat, penerapan konsep evakuasi dilakukan untuk membagi zona evakuasi dan arah pergerakan masyarakat (Spahn et al., 2010)



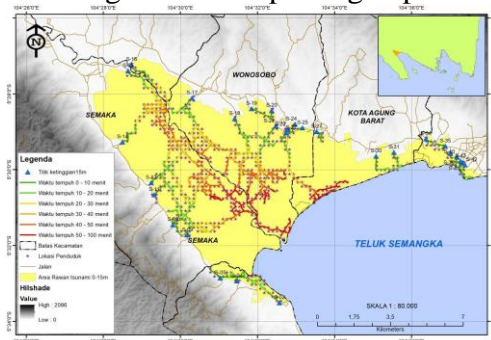
Gambar 4. Peta sebaran jalur evakuasi tercepat penduduk berdasarkan pemodelan dan simulasi

Guna optimalisasi proses evakuasi penduduk pasca gempa yang berpotensi tsunami di Kabupaten Tanggamus, hasil analisis daerah layanan evakuasi ini hendaknya dapat menjadi acuan bagi pemerintah ataupun instansi setempat dan khususnya bagi masyarakat yang berada di wilayah tersebut. Proses sosialisasi harus dilakukan sejak dini dan intensif kepada seluruh lapisan masyarakat di daerah tersebut. Mengingat waktu evakuasi yang terbatas, hendaknya masyarakat bisa

langsung bergerak menuju TES terdekat di tempat tinggalnya masing-masing setelah terjadinya gempa yang berpotensi tsunami. Pemahaman yang baik terhadap peta daerah layangan evakuasi ini akan meningkatkan kapasitas dalam menghadapi ancaman tsunami di Kabupaten Tanggamus khususnya di wilayah pesisir.

3.3 Waktu Tempuh Evakuasi Menuju TES

Kapasitas evakuasi penduduk dalam kasus bencana tsunami juga ditentukan dari waktu tempuh yang akan dipakai penduduk menuju TES terdekat. Waktu tempuh tersebut berbeda antar satu tempat dengan tempat lainnya. Informasi waktu tempuh ini menunjukkan lokasi-lokasi yang bisa ditempuh dalam tempo yang singkat atau sebelum waktu estimasi kedatangan tsunami pasca gempa.



Gambar 5. Peta sebaran waktu tempuh tercepat penduduk menuju TES hasil validasi

Proses perhitungan waktu tempuh dilakukan dengan menggunakan *Layer Network Analys "New Closest Facility"*. Perhitungan ini digunakan untuk menghitung fasilitas TES yang paling dekat dengan titik *incident* (keberadaan penduduk) sekaligus menghitung total waktu yang diperlukan untuk mencapainya. Hasil analisis waktu tempuh menuju TES terdekat kemudian ditampilkan melalui waktu perjalanan menggunakan jaringan jalan/jalur

evakuasi. Tampilan waktu tempuh kemudian dibagi dalam bentuk 6 kelompok waktu yaitu 0-10 menit, 10-20 menit, 20-30 menit, 30-40 menit, 40-50 menit dan 50-100 menit.

Mempertimbangkan waktu estimasi kedatangan tsunami sekitar 30 menit pasca gempa (Kurniati & Pratama, 2013), maka dapat dilihat lokasi-lokasi yang membutuhkan waktu tempuh diatas 30 menit khususnya di Kecamatan Semaka, Kecamatan Wonosobo, dan Kecamatan Kota Agung Barat. Lokasi dengan waktu tempuh yang lama ini berkontribusi terhadap peningkatan kerentanan wilayah. Akibatnya masyarakat yang tinggal di daerah ini memiliki risiko bencana tsunami yang lebih tinggi dari daerah lainnya.

Dibutuhkan perhatian serius dari pemerintah daerah Kabupaten Tanggamus dan Provinsi Lampung dalam program mitigasi bencana tsunami. Diharapkan dengan adanya program mitigasi maka risiko bencana di wilayah tersebut dapat berkurang. Terdapat beberapa contoh upaya mitigasi bencana tsunami yaitu, peningkatan kapasitas masyarakat siap siaga bencana (Tamuntuan et al., 2019; Tanauma et al., 2021), perencanaan lanskap kota berbasis mitigasi (Ihsan & Pramukanto, 2017), penggunaan sistem peringatan dini tsunami (Jokowinarno, 2011), dan pembangunan sistem pertahanan pantai (Akbar et al., 2020; Edyanto, 2015; Riyandari, 2017)

KESIMPULAN, SAARAN, DAN UCAPAN TERIMA KASIH

Kesimpulan

Wilayah yang paling berisiko terhadap tsunami ditentukan dari jauhnya suatu wilayah dari titik Tempat Evakuasi Sementara (TES) Horizontal apabila ditempuh tanpa menggunakan kendaraan. Terdapat 3

kecamatan yang memiliki waktu tempuh untuk mencapai tempat Evakuasi Sementara (TES) lebih dari 30 menit yaitu Kecamatan Semaka, Kecamatan Wonosobo dan Kecamatan Kota Agung Barat. Lokasi terjauh membutuhkan waktu 100 menit untuk mencapai TES. Untuk memperkuat mitigasi bencana tsunami di Kabupaten Tanggamus, beberapa alternatif model evakuasi dan mitigasi bencana dapat diterapkan seperti identifikasi bangunan eksisting yang dapat dipakai sebagai TES vertical, peningkatan kapasitas masyarakat melalui sosialisasi maupun simulasi, dan pembentukan kelompok masyarakat peduli bencana di level kelurahan/desa.

Saran

Penanganan potensi dampak tsunami dan masyarakat terdampak memerlukan peran serta aktif seluruh komponen masyarakat untuk mengurangi potensi kerugian yang ditimbulkan bencana tersebut. Model evakuasi dan mitigasi dampak tsunami yang sudah dibuat perlu divalidasi dan diverifikasi keefektifannya berdasarkan kondisi nyata di lapangan dan dimodifikasi sedemikian rupa agar lebih fleksibel dan aplikatif saat diterapkan dan atau diadopsi di lokasi lainnya.

Ucapan Terima Kasih

Tim pengabdian mengucapkan terima kasih ke Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Bangka Belitung atas diterimanya artikel kegiatan pengabdian ini. Terima kasih juga sampaikan kepada LPPM Universitas Airlangga yang telah memberikan

dana untuk kegiatan ini. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada Kepala Sekolah PAUD dan TK Citra Insani, para guru, perangkat desa dan orang tua walimurid PAUD dan TK Citra Insani Desa Betak, Kecamatan Kalidawir, Kabupaten Tulungagung yang telah memberikan fasilitas dan dukungan kepada tim kami, sehingga kegiatan ini dapat berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

1. Akbar, M. A. H., Kharis, F. A., & Rahmawati, O. P. (2020). PERENCANAAN LANSKAP MITIGASI TSUNAMI BERBASIS EKOSISTEM MANGROVE DI KOTA PALU. *Jurnal Lanskap Indonesia*, 12(2), 41–53. <https://doi.org/10.29244/jli.12.2.2020.41-53>
2. Alhadi, Z. (2014). Kesiapan Jalur dan Lokasi Evakuasi Publik Menghadapi Resiko Bencana Gempa dan Tsunami di Kota Padang. *Humanus*, XIII(1), 35–44. www.padang.go.id
3. Dito, A. H., & Pamungkas, A. (2015). Penentuan Variabel dalam Optimasi Jalur Evakuasi Bencana Tsunami di Kecamatan Puger, Kabupaten Jember. *Jurnal Teknik ITS*, 4(2), 161–164.
4. Edyanto, C. B. H. (2015). SISTEM PERTAHANAN KOMBINASI UNTUK MELINDUNGI KOTA PANTAI DARI BAHAYA TSUNAMI. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, 17(2), 7–14.

5. Fauzi, A., Hunainah, & Humaedi. (2020). MENYIMAK FENOMENA TSUNAMI SELAT SUNDA. *Jurnal Geografi*, XVIII(1), 43–62.
6. Ihsan, F., & Pramukanto, Q. (2017). PERENCANAAN LANSKAP KOTA PARIAMAN PROVINSI SUMATERA BARAT BERBASIS MITIGASI TSUNAMI. *Jurnal Lanskap Indonesia*, 9(1), 1–12.
7. Jokowinarno, D. (2011). MITIGASI BENCANA TSUNAMI DI WILAYAH PESISIR LAMPUNG. *Jurnal Rekayasa*, 15(1), 13–20.
8. Kumoro, Y., Anwar, H. Z., Comaluddin, Yunarto, Nur, W. H., & Sukaca. (2009). Potensi Kebencanaan geologi dan Kerentanan Sosial sebagai Dasar Penyusunan Tata Ruang di Kabupaten Tanggamus Provinsi Lampung. *Prosiding Pemaparan Hasil Penelitian Puslit GEOTEKNOLOGI*, 107–122.
9. Kurniati, T., & Pratama, N. (2013). STUDI TINGKAT AKSESIBILITAS MASYARAKAT MENUJU BANGUNAN PENYELAMATAN (SHELTER) PADA DAERAH RAWAN TSUNAMI (STUDI KASUS: KOTA PAINAN, SUMATERA BARAT). *TeknikA*, 20(1), 46–51.
10. Lavigne, F., Paris, R., Grancher, D., Wassmer, P., Brunstein, D., Vautier, F., Leone, F., Flohic, F., de Coster, B., Gunawan, T., Gomez, C., Setiawan, A., Cahyadi, R., & Fachrizal. (2009). Reconstruction of tsunami inland propagation on December 26, 2004 in Banda Aceh, Indonesia, through field investigations. *Pure and Applied Geophysics*, 166(1–2), 259–281. <https://doi.org/10.1007/s00024-008-0431-8>
11. Lessy, M. R., Wahiddin, N., Bemba, J., & Aswan, M. (2021). Analisis Potensi Genangan Tsunami dan Penentuan Jalur Evakuasi Berbasis Sistem Informasi Geografis di Desa Daruba Pantai – Kabupaten Pulau Morotai. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 9(1), 79–91. <https://doi.org/10.14710/jwl.9.1.79-91>
12. Naryanto, H. S. (2003). MITIGASI KAWASAN PANTAI SELATAN ROTA BANDAR LAMPUNG, PROPINSI LAMPUNG TERHADAP BENCANA TSUNAMI. *Alami*, 8(2), 24–32.
13. Prawiradisastra, S. (2005). Penyebab Timbulnya Bencana Gelombang Tsunami di Wilayah Selat Sunda dan Upaya Penanggulangan. *Alami*, 10(2), 58–63.
14. Putra, P. S., & Yulianto, E. (2016). STRATIGRAFI ENDAPAN TSUNAMI KRAKATAU 1883 DI DAERAH LIMUS, PANTAI BARAT TELUK SEMANGKO, LAMPUNG. *Jurnal Lingkungan Dan Bencana Geologi*, 7(1), 35–44. <http://jlbg.geologi.esdm.go.id/index.php/jlbg>
15. Riyandari, R. (2017). PERAN MANGROVE DALAM MELINDUNGI DAERAH PESISIR TERHADAP GELOMBANG TSUNAMI. *Jurnal Sains Dan Teknologi*

- Mitigasi Bencana, 12(1), 74–80.
16. Solihuddin, T., Salim, H. L., Husrin, S., Daulat, A., & Purbani, D. (2020). Dampak Tsunami Selat Sunda Desember 2018 Di Provinsi Banten dan Upaya Mitigasinya. *Jurnal Segara*, 16(1), 15–28. <https://doi.org/10.15578/segara.v16i1.8611>
 17. Spahn, H., Hoppe, M., Usdianto, B., & Vidiarina, H. (2010). Panduan Perencanaan untuk Evakuasi Tsunami (A. S. Soemantri, A. Y. S. Sumampouw, M. Dzia, & W. Pramarta, Eds.). GTZ-International Services.
 18. Syukri, A., & Mukhlis. (2016). STUDI JALUR EVAKUASI TSUNAMI HORIZONTAL DI KABUPATEN PADANG PARIAMAN. *Rekayasa Sipil*, XIII(2), 1–12.
 19. Tamuntuan, G., Pasau, G., & Takumansang, E. (2019). Peningkatan Kapasitas Masyarakat Untuk Kesiapsiagaan dan Mitigasi Bencana Tsunami di Desa Borgo Kabupaten Minahasa. *VIVABIO : Jurnal Pengabdian Multidisiplis*, 1(3), 1–7.
 20. Tanauma, A., Pasau, G., & Tamuntuan, G. (2021). Strategi Mitigasi Bencana Tsunami di Desa Kema Satu Kabupaten Minahasa Utara. *The Studies Of Social Science*, 3(2), 36–42. <https://doi.org/10.35801/tsss.2021.3.2.37255>
 21. Taubenböck, H., Post, J., Kiefl, R., Roth, A., Ismail, F. A., Strunz, G., & Dech, S. (2008). Remote sensing - new challenges of high resolution EARSel joint workshop Bochum (Germany), March 5-7, 2008. In Carsten Jürgens (Ed.): *Remote Sensing - New Challenges of High Resolution* (pp. 77–86). Selbstverl. des Geographischen Inst.
 22. Widodo, A., Warnana, D. D., Pand, J., Lestari, W., & Iswahyudi, A. (2016). Pemetaan Kerentanan Tsunami Kabupaten Lumajang Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *The 2nd Conference on Innovation and Industrial Applications (CINIA 2016)*, 239–243.
 23. Yudhicara, & Budiono, K. (2008). Tsunamigenik di Selat Sunda: Kajian terhadap katalog Tsunami Soloviev. *Jurnal Geologi Indonesia*, 3(4), 241–251.