

# ANALISIS AKSESIBILITAS EVAKUASI TSUNAMI MENGUNAKAN TOOLS NETWORK ANALYSIS DI DAERAH RAWAN TSUNAMI KABUPATEN TANGGAMUS, PROVINSI LAMPUNG

## ACCESSIBILITY OF THE TSUNAMI EVACUATION USING NETWORK ANALYSIS TOOLS IN TSUNAMI PRONE AREA OF TANGGAMUS REGENCY, LAMPUNG PROVINCE

Henky Mayaguezz<sup>1\*</sup>, Moh. Muhaemin<sup>2</sup>, Muhamad Gilang Arindra Putra<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Perikanan dan Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian,  
Universitas Lampung

<sup>2</sup>Laboratorium Oseanografi, Jurusan Perikanan dan Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian,  
Universitas Lampung

Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro No.1, Bandar Lampung, 35145, Lampung, Indonesia

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

### ABSTRAK

Aktivitas geologis di sekitar Selat Sunda kembali mendapat perhatian melalui tsunami yang terjadi pada akhir tahun 2018. Aktivitas lainnya juga terekam melalui 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 rawan tsunami, daerah layanan evakuasi untuk setiap Tempat Evakuasi Sementara (TES), dan menganalisis model aksesibilitas evakuasi. Untuk menjawab tantangan tersebut, penelitian ini dilakukan dengan mengikuti beberapa tahapan metodologi. Diawali dari penetapan wilayah studi menggunakan analisis spasial, penentuan titik TES, digitasi jaringan jalan dan mengintegrasikannya dengan tools Network Analysis pada platform ArcGIS, penentuan daerah layanan evakuasi, dan memodelkan waktu tempuh dari setiap lokasi keberadaan penduduk menuju TES terdekat. Berdasarkan hasil analisis ditemukan bahwa beberapa wilayah terjauh adalah Kecamatan Semaka, Kecamatan Wonosobo dan Kecamatan Kota Agung Barat. Kecamatan tersebut memiliki waktu tempuh untuk mencapai TES lebih tinggi dari estimasi waktu kedatangan tsunami.

**Kata kunci :** *Tsunami, Evakuasi, Aksesibilitas, Network analysis, Tanggamus*

### ABSTRACT

Geological activity in the areas around the Sunda Strait has received attention through the tsunami that occurred at the end of 2018. Other activity was also recorded through a tectonic earthquake in the Sunda Strait subduction zone with Magnitude 6.9 on 2 August 2019. This condition raises concerns about the threat of an earthquake and tsunami disaster in surrounding area. Tanggamus Regency, which is located around the Sunda Strait, has a very wide tsunami-prone lowland, especially in the area at the tip of Semangka Bay. Based on these conditions, this study generally aims to map tsunami-prone areas, evacuation service areas for each Temporary Evacuation Place (TES), and analyze evacuation accessibility models. To answer these challenges, this research was conducted using Geographic Information systems (GIS) by following several methodological steps. Starting from determining the study area using spatial analysis, determining TES points, digitizing the road network and integrating it with Network Analysis tools on the ArcGIS platform, determining evacuation service areas, and modeling the travel time from each population residents to the nearest TES. Based on the results, it was found that some of the farthest areas were Semaka District, Wonosobo District and Kota Agung Barat District. The sub-district has a higher travel time to reach TES than the estimated arrival time of the tsunami.

**Keywords :** *Tsunami, evacuation, accessibility, Network analysis, Tanggamus*

## 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 umumnya berkaitan dengan aktivitas vulkanik (Prawiradisastra, 2005; Yudhicara & Budiono, 2008). Berdasarkan Katalog Soloview 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 selatan Provinsi Lampung (Fauzi *et al.*, 2020; Solihuddin *et al.*, 2020). Tsunami ini menimbulkan *runup* maksimum 13,5m dan jarak genangan maksimum sejauh 330m (Muhari *et al.*, 2019)

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 lainnya di dari Aceh hingga Nusa Tenggara telah terjadi gempa besar yang dianggap sebagai pelepasan energi tektonik terkumpul selama proses stressing. Bahkan terdapat celah seismik yang besar antara zona perairan laut di Selatan Jawa Barat dan Sumatera bagian Tenggara yang dapat memicu gempa bumi megathrust di masa depan dengan ketinggian tsunami mencapai 34m (Supendi *et al.*, 2022). Kondisi ini membuat kekhawatiran akan terjadinya gempa dan tsunami 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. Sebagai contoh, 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 di Provinsi Lampung 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. Daerah dataran rendah ini berada pada wilayah pesisir yang cukup luas. Masyarakat membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mencapai daerah yang memiliki topografi lebih tinggi. 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. Ketersediaan jalur evakuasi dan lokasi tujuan evakuasi juga menjadi salah satu faktor penentu keberhasilan dalam menghadapi resiko bencana tsunami (Alhadi, 2014)

Wilayah pesisir menjadi wilayah paling rentan terdampak. 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 Aksesibilitas tsunami di Kabupaten Tanggamus menjadi suatu hal yang penting. maka dari itu penelitian ini memiliki beberapa tujuan, yaitu; memetakan wilayah rawan tsunami, wilayah layanan evakuasi dari setiap TES, dan memodelkan aksesibilitas evakuasi dari lokasi keberadaan masyarakat menuju lokasi Tempat Evakuasi Sementara (TES) terdekat. Diharapkan seluruh informasi tentang keberadaan penduduk dan aksesibilitas menuju tempat evakuasi dapat digunakan untuk menurunkan tingkat kerentanan penduduk melalui intervensi upaya mitigasi oleh pihak-pihak terkait.

## METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian berada di Kabupaten Tanggamus dengan topografi landai yang

luas di daerah pantai. Data pendukung yang digunakan dalam penelitian ini adalah data topografi lahan, data jaringan jalan, data wilayah administrasi dan data sebaran spasial penduduk.

Metode analisis dalam kerangka penelitian ini dilakukan dengan pendekatan spasial melalui integrasi teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografi (SIG). Wilayah studi ditentukan dengan mempertimbangkan topografi wilayah pantai dengan ketinggian kurang dari 15 m di atas permukaan laut (dpl). Pertimbangan ketinggian wilayah studi berdasarkan tinggi gelombang tsunami di Kota Banda Aceh yang terjadi pada tahun 2004 (Lavigne et al., 2009).

Titik TES ditentukan berdasarkan titik aman pertama yang dapat dicapai oleh setiap orang. Mempertimbangkan proses evakuasi yang dilakukan oleh masyarakat menggunakan jaringan jalan yang ada, maka titik TES dipilih pada pertemuan antara garis ketinggian 15 m dan jaringan jalan. Proses penentuan layanan dan jalur evakuasi dianalisis menggunakan metode *Network Analysis* pada ArcGIS 10.3.

Identifikasi wilayah layanan evakuasi di Kabupaten Tanggamus ditentukan dari setiap titik TES yang telah ditetapkan sebelumnya. Langkah-langkah untuk menentukan daerah layanan ini adalah sebagai berikut : (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 Badan Informasi Geospasial (BIG). (2) Mengintegrasikan jaringan jalan ini hingga terbentuk data set jaringan jalan. (3) Masukkan lokasi TES horizontal ke dalam *network analyst*. (4) Gunakan menu pendukung dibawahnya (*new service area*). Menu ini bekerja menurut algoritma Dijkstra untuk menentukan jalur tercepat antara suatu titik dengan titik lainnya. *Network Analyst* akan membangun jaringan jalan yang masuk dalam wilayah layanan dari titik TES.

Penentuan jalur evakuasi terdekat dilakukan dengan menggunakan menu "*Closest Facility*" yang terdapat pada *tool Network Analyst*. Menu ini juga bekerja menurut algoritma Dijkstra untuk menentukan jalur tercepat antara suatu titik dengan titik lainnya. Kecepatan evakuasi yang digunakan adalah selang kecepatan berjalan normal yang berkisar antara 1m/s untuk jalan lambat hingga 3.8m/s untuk berlari

kencang (Wang et al., 2015). Namun dalam kerangka penelitian ini kecepatan evakuasi yang digunakan adalah kecepatan berjalan rata-rata orang dewasa (1m/s) (Pinna and Murrau, 2018).

Pada operasional menu "*New Closest Facility*" terdapat beberapa indicator yang harus diinput, yaitu (1) Menggunakan data set jaringan jalan yang telah terbentuk sebelumnya. (2) Memasukkan *Facilities* yang akan dituju. Dalam hal ini fasilitasnya adalah titik ketinggian 15m yang berfungsi sebagai TES. (3) Memasukkan titik-titik *Incidents*. Dalam hal ini titik *incidents* adalah lokasi keberadaan penduduk di daerah rawan tsunami Kabupaten Tanggamus. (4) *Network Analyst* akan membangun waktu tempuh yang diperlukan untuk mencapai TES dari titik *incidents*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Estimasi Kawasan Rawan Tsunami

Kawasan rawan tsunami di Kabupaten Tanggamus berada di ujung Teluk Semangka yang merupakan salah satu teluk yang cukup luas di Provinsi Lampung. Teluk ini merupakan muara dari beberapa sungai besar, yaitu Way Semangka dan anak sungai Way Semuong. Hampir seluruh wilayah Kabupaten Tanggamus merupakan daerah rawan gempa, namun untuk wilayah rawan tsunami berada di seluruh pesisir pantai Tanggamus dengan potensi terbesarnya berada di Kecamatan Wonosobo dan Semaka dengan morfologi pantai yang sangat luas dan topografi yang rendah (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 pada tahun 1883 di sekitar Kabupaten Tanggamus, ditemukan endapan pasir, abu dan batu apung yang terstratifikasi pada beberapa kedalaman di daerah Limus (Putra & Yulianto, 2016)

Untuk tujuan perencanaan mitigasi bencana tsunami, ketinggian wilayah yang dipakai dalam kerangka penelitian ini adalah garis topografi wilayah pada ketinggian 15m dari permukaan laut.

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 1). Wilayah ini melingkar di sepanjang pesisir bagian selatan kota, khususnya pada wilayah administrasi

Kecamatan Semaka, Wonosobo, Kota agung Barat dan Kecamatan Kota Agung.

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 daerah ketinggian. TES horizontal dianggap lebih relevan untuk tujuan evakuasi ketika pada wilayah tersebut tidak banyak ditemukan gedung tinggi atau bukit yang dapat digunakan untuk lokasi TES vertical (Syukri & Mukhlis, 2016).

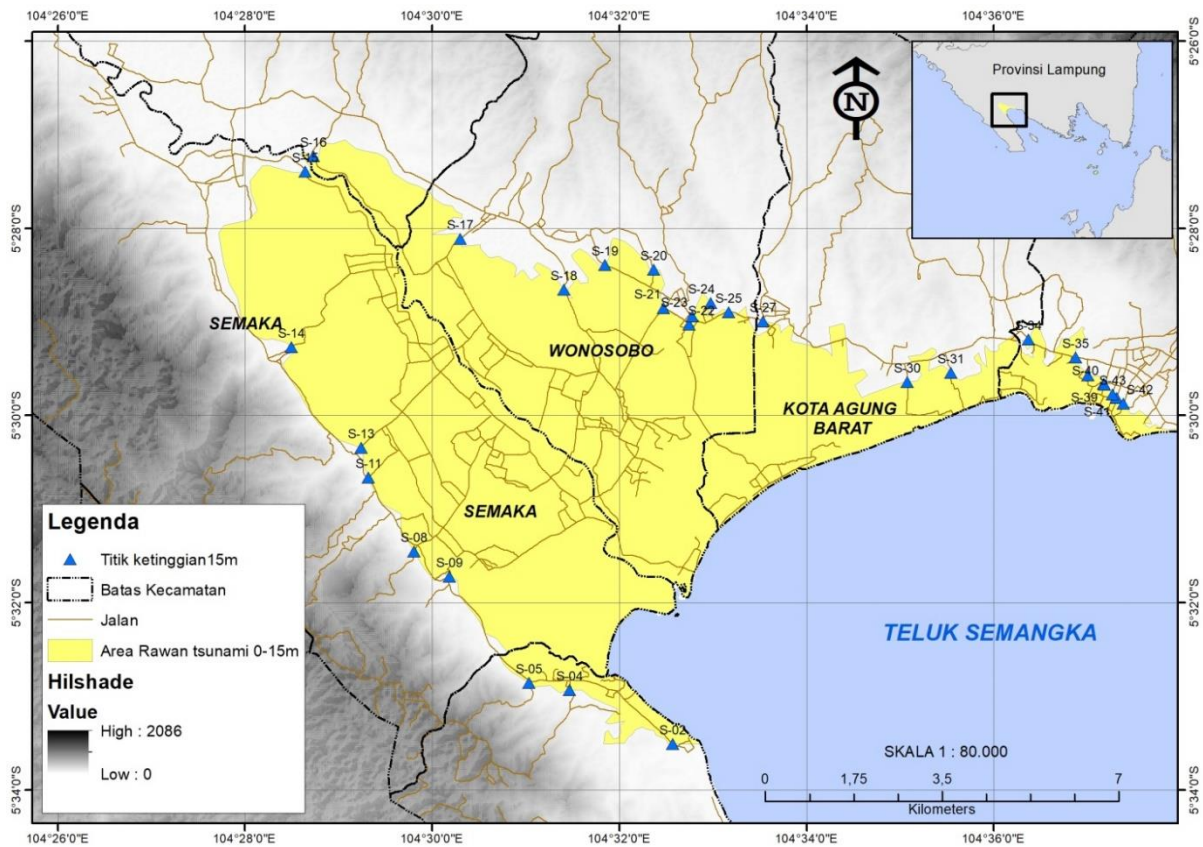
Lokasi TES horizontal terdekat dipertimbangkan berada pada daerah ketinggian Kabupaten Tanggamus, khususnya di jaringan jalan dengan topografi lebih dari 15m dpl. Setiap jalan yang menuju ke titik tersebut dipertimbangkan sebagai jalur evakuasi penduduk. Beberapa faktor yang menjadi pertimbangan jalur 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.

Melalui overlay data daerah pesisir dengan ketinggian 0-15m dpl dan data jaringan jalan yang diambil dari data BIG, maka titik persinggungan jaringan jalan dengan ketinggian 15m dipertimbangkan sebagai titik TES horizontal.

**Daerah Layanan Evakuasi**

Salah satu indikator kesiapsiagaan dalam mengatasi tsunami adalah ketersediaan peta jalur evakuasi. Penilaian aksesibilitas TES dan jalur evakuasi dapat digunakan sebagai pertimbangan mitigasi bencana tsunami di daerah Kabupaten Tanggamus. Penilaian aksesibilitas dianalisis berdasarkan jarak tempuh tercepat menuju TES.



**Gambar 1.** Wilayah estimasi rendaman tsunami di Kabupaten Tanggamus

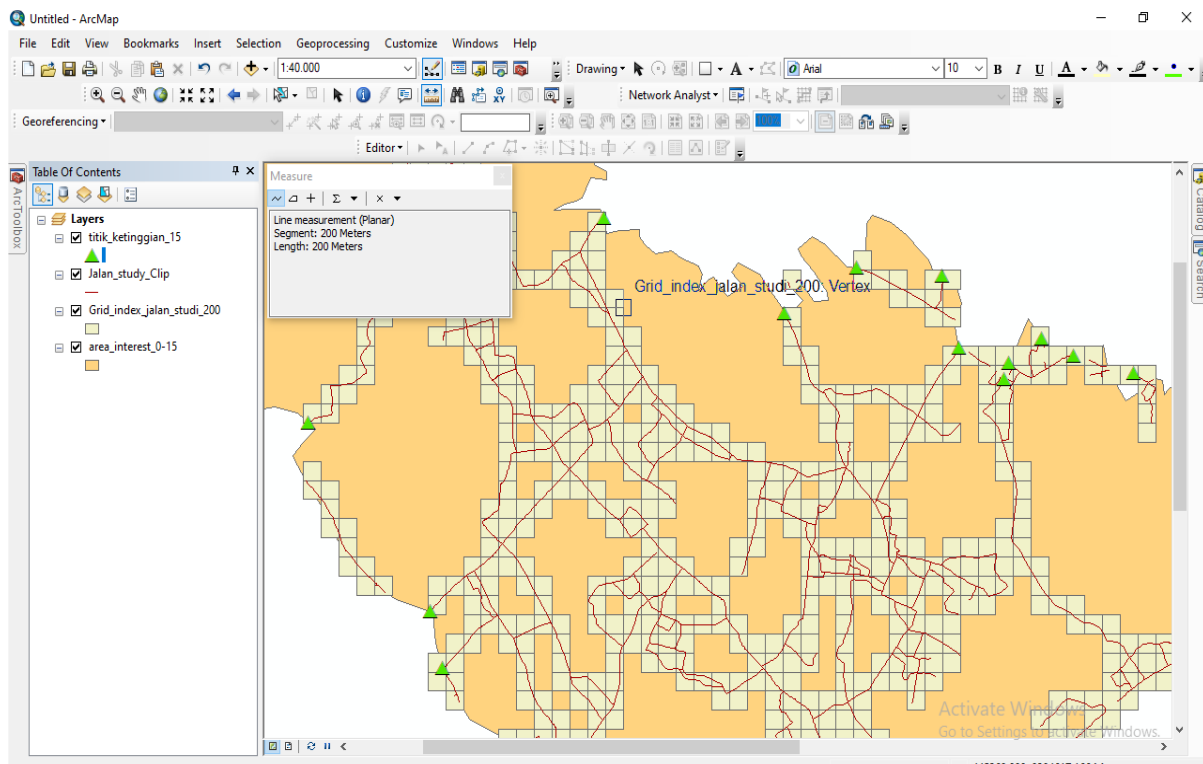
Penduduk Kabupaten Tanggamus umumnya tinggal di sekitar jalan setempat sehingga pemodelan keberadaan penduduk diwakili oleh kota-kotak "grid" berukuran 200x200 meter yang ditempatkan di sekitar jaringan jalan (Gambar 2). Kotak atau grid ini dibangun menggunakan menu "Grid index features" yang tersedia pada software ArcGIS 10.3. proses pemanggilan menu ini adalah *Arctoolbox* -> *cartography tools* -> *Data driven pages* -> *Grid Index Features*. Fitur ini dapat menentukan cakupan dan referensi secara spasial.

Hasil proses dari fitur ini adalah kotak-kotak yang terbangun di sekitar jaringan jalan wilayah studi dengan ukuran 200x200 m. Titik pusat (*centroid*) dari setiap kotak grid ini selanjutnya menjadi dasar perhitungan keberadaan penduduk untuk disimulasikan secara numerik menuju TES terdekat. TES ditunjukkan oleh symbol segitiga hijau yang terdapat pada Gambar 2.

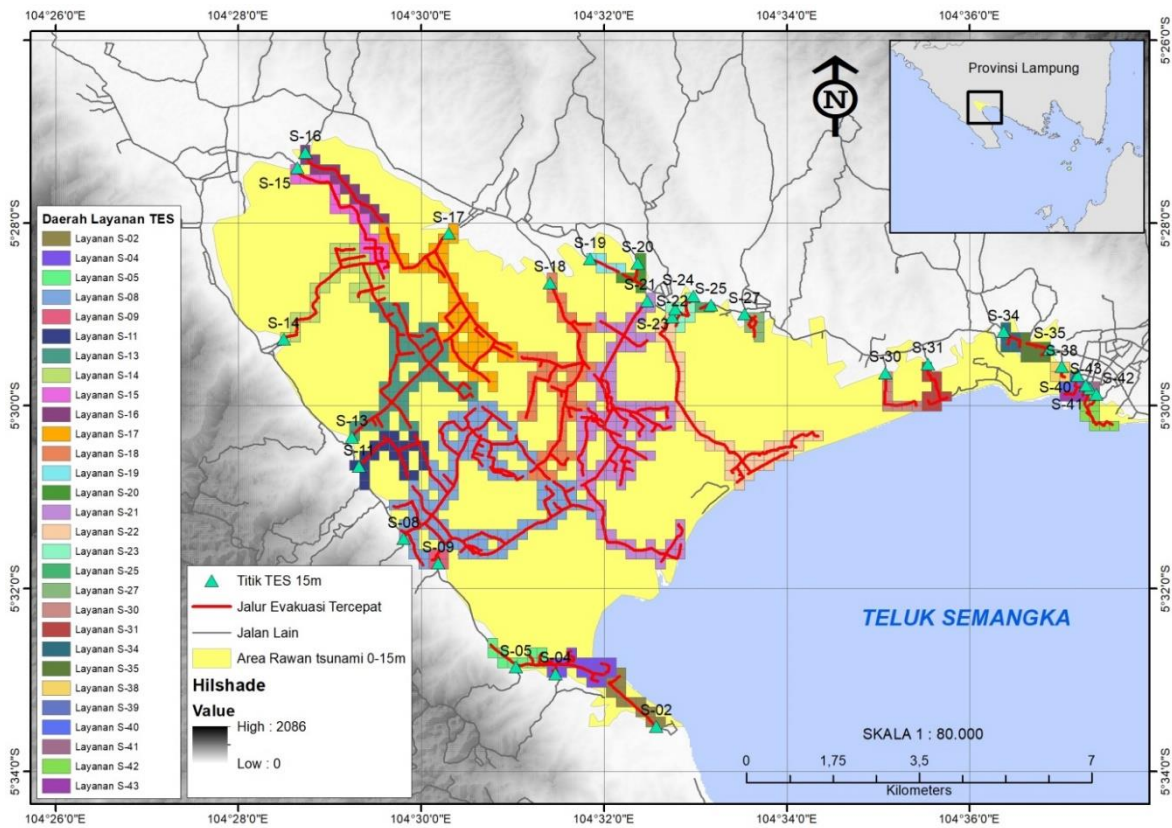
Penentuan TES terdekat selanjutnya dilakukan menggunakan *Layer Network Analyst* "New Service Area". Tool ini digunakan untuk menemukan lokasi yang bisa diakses dari suatu titik tertentu melalui jaringan yang tersedia. Berdasarkan hasil analisis jaringan jalan/jalur evakuasi menggunakan menu "new service 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 200x200 m) kemudian diarahkan menuju TES terdekat yang berada pada ketinggian 15 m dari permukaan laut. Pada Gambar 3 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).

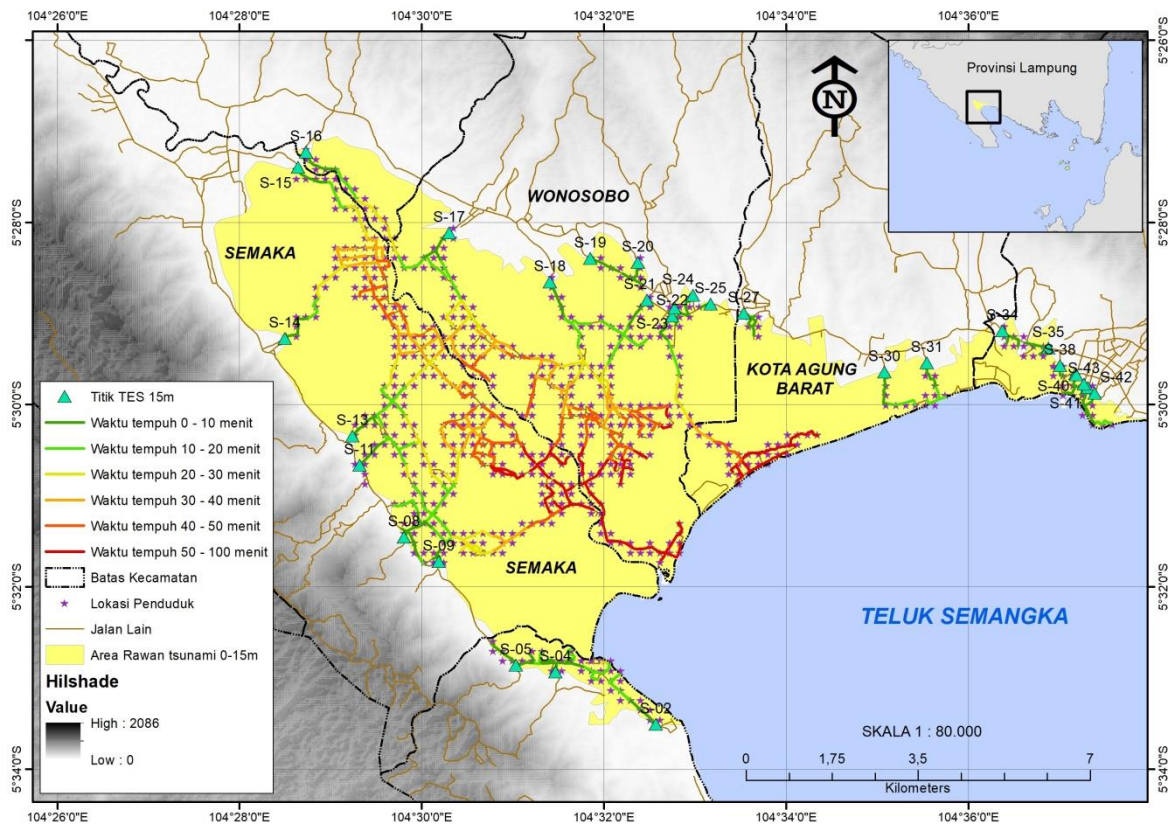
Guna optimalisasi proses evakuasi penduduk pasca gempa yang berpotensi tsunami di Kabupaten Tanggamus, hasil analisis daerah layanan evakuasi ini hendaknya dapat menjadi acuan bagi pemerintah ataupun instansi setempat dan khususnya bagi masyarakat yang berada di wilayah tersebut. Proses sosialisasi harus 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 dari tempat tinggalnya masing-masing setelah terjadinya gempa yang berpotensi tsunami. Pemahaman yang baik terhadap peta daerah layanan evakuasi ini akan meningkatkan kapasitas dalam menghadapi ancaman tsunami di Kabupaten Tanggamus khususnya di wilayah pesisir.



**Gambar 2.** Kotak-kotak grid yang mewakili keberadaan penduduk di sekitar jaringan jalan



Gambar 3. Daerah layanan evakuasi TES



Gambar 4. Peta waktu tempuh evakuasi dari lokasi keberadaan penduduk

**Waktu Tempuh Evakuasi Menuju TES**

Kapasitas evakuasi penduduk dalam kasus bencana tsunami juga ditentukan dari

waktu tempuh yang digunakan 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 gelombang tsunami pasca gempa.

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

Wilayah yang paling berisiko terhadap tsunami ditentukan dari jarak suatu wilayah dari titik Tempat Evakuasi Sementara (TES) Horizontal apabila ditempuh tanpa menggunakan kendaraan. Kecamatan-kecamatan yang memiliki waktu tempuh untuk mencapai 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.

## REFERENSI

- 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. DOI: 10.29244/jli.12.2.2020.41-53
- Alhadi, Z. 2014. Kesiapan Jalur dan Lokasi Evakuasi Publik Menghadapi Resiko Bencana Gempa dan Tsunami di Kota Padang. *Humanus*, 13(1):35–44.
- Dito, A.H. & Pamungkas, A. 2015. Penentuan Variabel dalam Optimasi Jalur Evakuasi Bencana Tsunami Kecamatan Puger, Kabupaten Jember. *Jurnal Teknik ITS*, 4(2):161–164.
- Edyanto, C.B.H. 2015. Sistem pertahanan kombinasi untuk melindungi kota pantai dari bahaya tsunami. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, 17(2):7–14.
- Fauzi, A. Hunainah, & Humaedi. 2020. Menyimak fenomena tsunami selat sunda. *Jurnal Geografi*, 18(1): 43–62.
- Ihsan, F. & Pramukanto, Q. 2017. Perencanaan lanskap kota pariaman provinsi sumatera barat berbasis mitigasi tsunami. *Jurnal Lanskap Indonesia*, 9(1):1–12.
- Jokowinarno, D. 2011. Mitigasi bencana tsunami di wilayah pesisir lampung. *Jurnal Rekayasa*, 15(1):13–20.
- 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*, p.107–122.
- Kurniati, T. & Pratama, N. 2013. Studi tingkat aksesibilitas masyarakat menuju bangunan penyelamatan (shelter) pada daerah rawan tsunami (Studi kasus: kota painan, sumatera barat). *Teknika*, 20(1): 46–51.

- 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. DOI: 10.1007/s00024-008-0431-8
- 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. DOI: 10.14710/jwl.9.1.79-91
- Muhari, A., Heidarzadeh, M. & Susmoro, H. 2019. The December 2018 Anak Krakatau Volcano Tsunami as Inferred from Post-Tsunami Field Surveys and Spectral Analysis. *Pure Appl. Geophys.* 176:5219-5233. DOI: 10.1007/s00024-019-02358-2
- Naryanto, H.S. 2003. Mitigasi kawasan pantai selatan rota bandar lampung, propinsi lampung terhadap bencana tsunami. *Alami*, 8(2): 24-32.
- Pinna, F., & Murrau, R. 2018. Age Factor and Pedestrian Speed on Sidewalks. *Sustainability*. 10(11): p.4084. DOI: 10.3390/su10114084
- Prawiradisastra, S. 2005. Penyebab Timbulnya Bencana Gelombang Tsunami di Wilayah Selat Sunda dan Upaya Penanggulangan. *Alami*, 10(2):58-63.
- 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.
- Riyandari, R. 2017. Peran mangrove dalam melindungi daerah pesisir terhadap gelombang tsunami. *Jurnal Sains Dan Teknologi Mitigasi Bencana*, 12(1):74-80.
- 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. DOI: 10.15578/segara.v16i1.8611
- Spahn, H., Hoppe, M., Usdianto, B. & Vidiarina, H. 2010. Panduan Perencanaan unami (A.S. Soemantri, A.Y.S. Sumampouw, M. Dzia, & W. Pramarta, Eds.). GTZ-International Services.
- Supendi, P., Widiyantoro, S. & Rawlinson, N. 2022. On the potential for megathrust earthquakes and tsunamis off the southern coast of West Java and southeast Sumatra, Indonesia. *Natural hazard*. 116:1315-1328. DOI: 10.1007/s11069-022-05696-y
- Syukri, A. & Mukhlis. 2016. Studi jalur evakuasi tsunami horizontal di kabupaten padang pariaman. *Rekayasa Sipil*, 13(2): 1-12.
- Tamuntuan, G., Pasau, G. & Takumansang, E. 2019. Peningkatan Kapasitas Masyarakat Untuk Kesiap-siagaan dan Mitigasi Bencana Tsunami di Desa Borgo Kabupaten Minahasa. *VIVABIO: Jurnal Pengabdian Multidisiplin*, 1(3):1-7.
- 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. DOI: 10.35801/tsss.2021.3.2.37255
- 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.
- Wang, H., Mostafizi, A., Cramer, L.A., Cox, D., Hyungsu & Park, H. 2016. An agent-based model of a multimodal near-field tsunami evacuation: Decision-making and life safety. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 64:86-100, DOI: 10.1016/j.trc.2015.11.010.
- 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)*, p.239-243.
- Yudhicara, & Budiono, K. 2008. Tsunamigenik di Selat Sunda: Kajian terhadap katalog Tsunami Soloviev. *Jurnal Geologi Indonesia*, 3(4): 241-251.