



Analisis Potensi Genangan Tsunami dan Penentuan Jalur Evakuasi Berbasis Sistem Informasi Geografis di Desa Daruba Pantai – Kabupaten Pulau Morotai

Analysis of Tsunami Inundation Potential and Preparation of Evacuation Routes Based on Geographical Information Systems in Daruba Pantai Village – Morotai Island Regency

Mohammad Ridwan Lessy¹

Program Studi Ilmu Kelautan, Universitas Khairun, Ternate, Indonesia

Nurhalis Wahiddin

Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Universitas Khairun, Ternate, Indonesia

Jefry Bemba

Program Studi Ilmu Kelautan, Universitas Khairun, Ternate, Indonesia

Marwis Aswan

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pasifik, Morotai, Indonesia

Artikel Masuk : 24 Juni 2020

Artikel Diterima : 8 April 2021

Tersedia Online : 30 April 2021

Abstrak: Tsunami merupakan salah satu bencana yang mengancam wilayah pesisir di Kabupaten Pulau Morotai. Hal ini dikarenakan letak kabupaten ini di antara beberapa lempengan yang selalu aktif bergerak. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah menganalisis wilayah genangan tsunami dan penentuan jalur evakuasi di Desa Daruba Pantai, Morotai. Penelitian ini diawali dengan penyusunan *digital elevation model* dan dikompilasikan dengan peta lainnya yang terkait untuk menghasilkan luasan genangan tsunami di lokasi studi. Hasil kajian menunjukkan bahwa luas wilayah studi yang berpotensi terkena genangan tsunami sebesar 176,65 Ha dengan kategori sangat bahaya dan bahaya masing-masing 5,02% dan 0,66%. Sementara, khusus untuk wilayah Desa Daruba Pantai dengan luas wilayah 60,59 Ha kategori sangat bahaya dan bahaya masing-masing 10,72% dan 1,30% serta kategori aman sebesar 36,61% dan sangat aman 23,07%. Selanjutnya penyusunan peta jalur evakuasi didasarkan pada skenario bahwa warga masyarakat dari setiap zona wilayah baik Rukun Tetangga (RT) maupun Rukun Warga (RW) diarahkan mengikuti alur evakuasi untuk bergerak menuju titik kumpul sementara dan menuju zona aman.

Kata Kunci: bencana tsunami; jalur evakuasi; pulau morotai; sistem informasi geografis

¹ Korenspondensi penulis; Program Studi Ilmu Kelautan, Universitas Khairun, Ternate - Indonesia
Email: mrlessy8375@gmail.com

How to Cite:

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.

Abstract: *Tsunami is one of the catastrophic events that threatened coastal areas in Morotai Island Regency. This is partly because the location of the regency is among several active faults. Therefore, the study aims to analyze the tsunami inundation area and determine a tsunami evacuation route in Daruba Pantai Village, South Morotai District. This study begins with the preparation of a digital elevation model and is compiled with other related maps to produce the tsunami inundation area at the study site. The study results show that a tsunami can hit 176.65 ha, with the disastrous and dangerous category being 5.02% and 0.66%. Meanwhile, specifically for the Daruba Pantai Village area with an area of 60.59 ha, the disastrous and dangerous categories are 10.72% and 1.30%, and the safe category is 36.61% and secure 23.07%. Furthermore, the preparation of the evacuation route is based on the scenario that residents from each zone of both the Neighborhood Unit (RT) and Community Unit (RW) are directed to follow the evacuation path to move towards the temporary shelter point and towards the safety zone.*

Keywords: *evacuation route; geographic information system; morotai island; tsunami*

Pendahuluan

Bencana tsunami merupakan salah satu bencana alam yang mengancam penduduk terutama mereka yang menetap di wilayah pesisir. Meskipun bencana tsunami jarang terjadi, namun kemampuan yang besar untuk merusak, membuat bencana tsunami ini harus diwaspadai. Di wilayah Indonesia Bagian Timur tercatat memiliki risiko yang tinggi terhadap ancaman tsunami. Hal ini dikarenakan secara tektonik wilayah ini dipengaruhi oleh Subduksi Lempeng Filipina di Utara hingga ke Timur, Sesar Sorong dan Sula di Selatan, *Thrust* Laut Maluku Timur dan *Thrust* Maluku Barat di bagian Barat (Sulaeman & Cipta, 2012). Seluruh lempengan tersebut merupakan lempengan-lempengan aktif yang setiap saat selalu bergerak dan menimbulkan gempa meskipun seringkali dengan intensitas yang rendah. Dilihat dari sumber penyebab kejadian tsunami tersebut, hampir 90% diakibatkan oleh kejadian gempa bumi di laut, 9% disebabkan oleh letusan gunung api, dan 1% diakibatkan karena tanah longsor bawah laut (Horspool et al., 2013). Apabila dilihat dari lokasi tsunami di Indonesia, maka sekitar 67% tsunami di Indonesia terjadi di Indonesia Bagian Timur yang tersebar merata dari Sulawesi sampai Papua dan dari Timor sampai kepulauan Sangihe Talaud. Selama periode waktu antara tahun 1600 sampai dengan 2004 telah terjadi kurang lebih 109 tsunami di Indonesia Bagian Timur (Hamzah et al., 2000). Sementara itu menurut Lumintang et al. (2015), periode ulang gempa bumi untuk wilayah Maluku Utara dengan magnitudo $M_w = 6,5$ adalah 3-19 tahun, gempa dengan magnitudo $M_w = 7$ adalah 5-52 tahun, dan gempa dengan magnitudo $M_w = 7,5$ adalah 15-140 tahun.

Provinsi Maluku Utara sebagai provinsi kepulauan yang secara geografis terletak di antara lempengan-lempengan tersebut serta luasnya wilayah pesisir di provinsi ini menyebabkan tingginya ancaman bahaya tsunami. Berdasarkan dokumen Kajian Risiko Bencana Provinsi Maluku Utara tahun 2016-2020, ancaman bahaya tsunami di hampir semua kabupaten/kota di Provinsi Maluku Utara berada pada indeks kategori tinggi, begitu pula dengan indeks kerentanan yang berada pada kategori tinggi (Lessy et al., 2017). Hal ini menunjukkan bahwa apabila terjadi tsunami maka potensi luasan wilayah yang terpapar ancaman kerusakan serta potensi penduduk terpapar dan kerugian korban jiwa akan cukup tinggi.

Salah satu wilayah di Provinsi Maluku Utara yang sangat berisiko dengan ancaman tsunami adalah Pulau Morotai. Secara geografis Pulau Morotai berbatasan dengan Samudera Pasifik di sebelah Utara, Laut Halmahera di sebelah Timur, Selat Morotai di sebelah Selatan dan Laut Sulawesi di sebelah Barat. Ditinjau dari potensi kejadian gempa bumi, letak Pulau Morotai berdekatan dengan lempeng pasifik (*pacific plate*) dan lempeng Philipina (*Philipina sea plate*) (Hall et al., 1988). Kedua lempeng ini memiliki gerakan rata-

rata 12 cm per tahun, sehingga bencana gempa bumi dan tsunami yang terjadi akibat patahan dua lempeng tersebut dapat saja terjadi dan berimbas pada daratan wilayah pulau Morotai (Masinu et al., 2018). Berdasarkan sejarah kejadian bencana pertemuan konvergen lempeng-lempeng yang ada akan terus terjadi sepanjang waktu dan menghasilkan gempa bumi dengan kedalaman dan kekuatan gempa yang bervariasi (BPBD Provinsi Maluku Utara, 2012). Berdasarkan permodelan yang dibangun oleh gelombang hasil simulasi dan probabilitas atau kemungkinan gelombang tsunami di wilayah Pulau Morotai menunjukkan bahwa wilayah pesisir barat dan barat laut Kabupaten Pulau Morotai menjadi wilayah yang paling rawan terhadap bencana tsunami. Sedangkan wilayah pesisir timur dan selatan relatif lebih aman terhadap ancaman tsunami dengan nilai perbandingan sekitar 0,2-0,3 (Setyo & Rahardjo, 2015).

Sebagai langkah antisipasi bencana gempa bumi dan tsunami di Pulau Morotai, Badan Penanggulangan Bencana Daerah Provinsi Maluku utara telah menyusun dokumen kajian risiko multibencana dan perencanaan kontijensi Kabupaten Pulau Morotai dalam menghadapi ancaman gempa bumi dan tsunami. Dokumen ini sebagai acuan pemerintah daerah dan masyarakat untuk memahami wilayahnya yang rentan atau berisiko terhadap bencana agar dapat meningkatkan kesiapsiagaan. Namun, dokumen-dokumen tersebut dinilai masih bersifat umum dan belum menguraikan secara detail rencana aksi untuk perencanaan mitigasi dan evakuasi sampai ke tingkatan terbawah yaitu masyarakat desa. Padahal warga masyarakat yang menetap di desa-desa memiliki nilai kapasitas yang rendah untuk menghadapi bencana dan berpeluang menjadi korban pertama apabila terjadi bencana tsunami. Hal ini terungkap dari hasil kegiatan pengabdian masyarakat yang dilakukan di Desa Daruba Pantai (Lessy & Bemba, 2019)

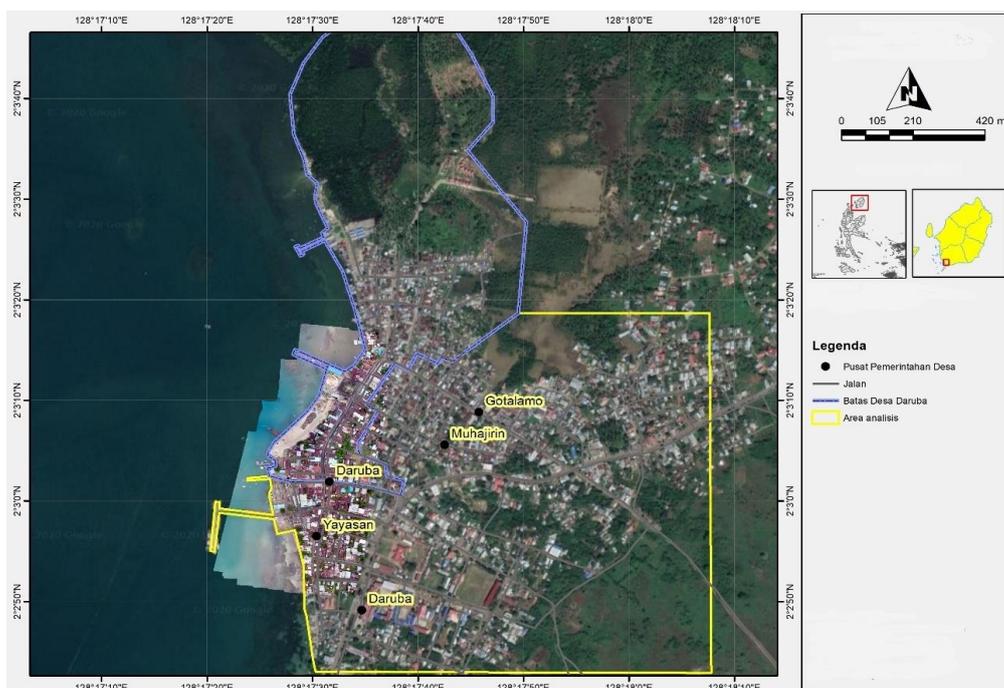
Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penting untuk melakukan tindak lanjut dari hasil kajian risiko tsunami tersebut dengan menganalisis tinggi genangan tsunami apabila terjadi dan merencanakan penempatan jalur evakuasi tsunami yang ada di masing-masing wilayah yang berisiko. Banyak kajian mengenai pemetaan genangan tsunami telah dilakukan di beberapa lokasi di Indonesia. Zaitunah et al. (2011) dalam penelitiannya yang berjudul Kajian Potensi Daerah Genangan Akibat Tsunami di Pantai Ciamis Jawa Barat, menghitung luasan areal genangan tsunami ke arah darat. Penelitian lainnya oleh Ikhwandito et al. (2018), dengan judul Analisis Perbandingan Model Genangan Tsunami Menggunakan Data DEM ASTER, SRTM dan TERRASAR di Kabupaten Pangandaran, membandingkan luasan areal genangan tsunami dengan ketiga pendekatan data digital tersebut. Sedangkan penelitian lainnya terkait penyusunan jalur evakuasi telah dilakukan oleh Aji (2019), yang menentukan jalur evakuasi dengan menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan analisis deskriptif berdasarkan FEMA P646. Dari penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian ini menggabungkan analisis luasan genangan tsunami dan penentuan jalur evakuasi secara bersamaan dengan bantuan aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG). Kajian seperti ini belum pernah dilakukan di Wilayah Indonesia Timur terutama di Kabupaten Pulau Morotai. Penelitian ini berfokus pada salah satu wilayah yang diambil sebagai sampel untuk dikaji dan dibuat pemetaan risiko tsunami secara detail yaitu Desa Daruba Pantai yang terletak di Kecamatan Morotai Selatan, Kabupaten Pulau Morotai. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis wilayah genangan tsunami dan penentuan jalur evakuasi di Desa Daruba Pantai, Morotai.

Metode Penelitian

Wilayah Studi

Pemilihan daerah lokasi studi potensi daerah genangan tsunami dan pemetaan jalur evakuasi ini dipilih berdasarkan hasil tinjauan lapangan dan hasil kajian risiko tsunami

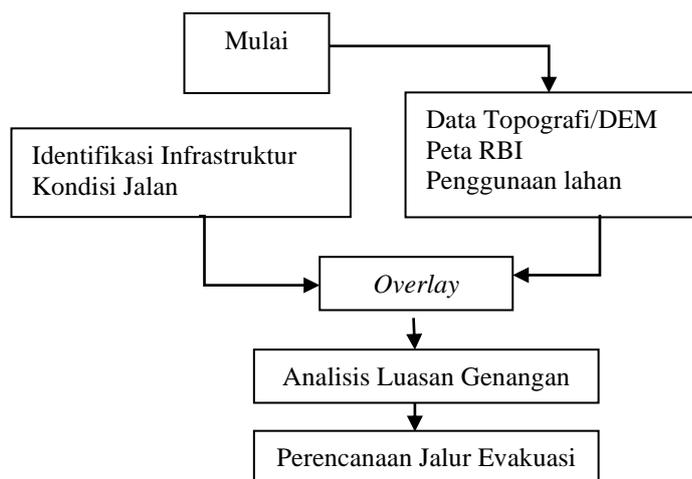
dalam dokumen yang disusun Badan Penanggulangan Bencana Daerah Provinsi Maluku Utara tahun 2012. Dari beberapa lokasi yang dianggap berisiko terhadap tsunami, Desa Daruba Pantai Kecamatan Morotai Selatan, Kabupaten Pulau Morotai dipilih sebagai lokasi kajian. Pertimbangan pemilihan Desa Daruba Pantai didasarkan pada lima alasan. Pertama, letak desa Daruba yang berhadapan langsung dengan lautan. Kedua, Daruba merupakan pusat ekonomi dan pemerintahan untuk Kabupaten Pulau Morotai. Berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Pulau Morotai tahun 2010-2030, kawasan Daruba ditetapkan sebagai Pusat Kegiatan Wilayah (PKW) yang berfungsi untuk melayani kegiatan skala provinsi dan kabupaten/kota lainnya di antaranya fungsi pelayanan permukiman, fungsi pemerintahan, fungsi pengembangan pariwisata, fungsi perdagangan dan jasa sehingga infrastruktur penting yang menunjang fungsi-fungsi tersebut dibangun di kawasan ini. Ketiga, kondisi fisik wilayah dengan topografi yang landai. Keempat, sosial kependudukan yang merupakan faktor berpengaruh terhadap dampak kejadian tsunami. Kelima, hasil kegiatan pengabdian masyarakat yang dilakukan di Desa Daruba Pantai tentang Pengurangan Risiko Bencana Berbasis Komunitas (PRBBK) dengan hasilnya yaitu ketersediaan peta evakuasi menjadi salah satu kebutuhan dalam penguatan kapasitas menghadapi bencana dalam sistem kesiapsiagaan (Lessy & Bemba, 2019). Selanjutnya untuk area analisis genangan tsunami akan mencakup beberapa desa di sekitarnya untuk keperluan analisis jalur evakuasi (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Lokasi Studi

Pengumpulan data dalam kajian ini meliputi data primer dan sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan saat survey lapangan meliputi wawancara tidak terstruktur dengan responden yang merupakan tokoh kunci seperti kepala desa dan staf, ketua RT, ketua RW serta tokoh agama dan masyarakat sekitarnya. Jumlah responden keseluruhan sebanyak 25 orang yang tersebar pada sembilan RT dan tiga RW. Fokus informasi yang dikumpulkan dari wawancara tersebut meliputi persepsi tentang bencana gempa bumi dan tsunami, kesiapsiagaan masyarakat dan mitigasi yang dilakukan. Selain itu, dilakukan pula identifikasi infrastruktur di wilayah lokasi studi, survey kondisi jalan untuk perencanaan

jalur evakuasi, serta identifikasi penggunaan lahan. Data sekunder dikumpulkan dengan mencari informasi dan data yang terkait dengan kejadian tsunami serta mengumpulkan data-data peta untuk permodelan genangan tsunami, peta penggunaan lahan dan penyusunan peta jalur evakuasi. Data-data peta yang dibutuhkan antara lain data *Digital Elevation Model* (DEM) resolusi 8.5 m yang diperoleh dengan cara mengunduhnya pada laman Website DEMNAS BIG (<http://tides.big.go.id/DEMNAS/>), peta digital Rupa Bumi Indonesia Skala 1:50.000, dan citra kenampakan wilayah studi menggunakan data foto udara yang direkam menggunakan pesawat tanpa awak (*drone*) maupun *Google Earth*. Selain itu, data dan informasi yang didapatkan dari hasil penelitian sebelumnya yang terkait. Kerangka kerja penelitian disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kerangka Kerja Penelitian

Pengolahan data untuk mengestimasi luasan genangan yang diakibatkan oleh gelombang tsunami mengacu pada beberapa skala intensitas dan magnitudo tsunami yang terdapat dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 06/PRT/M/2009 tentang Pedoman Perencanaan Umum Pembangunan Infrastruktur di Kawasan Rawan Tsunami (Kementerian Pekerjaan Umum, 2009). Dalam Peraturan tersebut terdapat beberapa skala intensitas yang sering digunakan yaitu skala Imamura, Abe dan Sokoliev. Namun, penelitian ini menggunakan skala acuan Sokoliev yang membagi intensitas tsunami dalam enam skala yang ditandai oleh tinggi gelombang rayapan (*run-up*) dengan deskripsi secara lengkap disajikan pada Tabel 1. Penggunaan skala acuan tersebut juga dikombinasikan dengan pengembangan skenario yang dibuat pada dokumen Perencanaan Kontijensi Kabupaten Pulau Morotai dalam Menghadapi Ancaman Gempa Bumi dan Tsunami tahun 2012, dengan asumsi bahwa terjadi gempa bumi dengan kekuatan 8 SR di lempeng Pasifik sebelah Tenggara Philipina dengan jarak 100 mil laut dan kedalaman 30 km. Oleh karena itu, diperkirakan akan menimbulkan tsunami di kawasan pantai Pulau Morotai dengan tinggi gelombang yang mencapai garis pantai diperkirakan setinggi 4 m.

Berdasarkan acuan dan asumsi tersebut, maka dilakukan analisis data *Digital Elevation Model* (DEM) untuk mendapatkan kondisi kontur ketinggian wilayah studi secara digital. Data DEM wilayah studi kemudian dikelompokkan (*reclass*) berdasarkan tinggi gelombang rayapan (*run-up*). Selanjutnya dengan metode *overlay* (tumpang susun) dan *matching* dilakukan analisis dengan peta rupa bumi dan data pendukung lainnya. Hasil *overlay* semua data kemudian diekstrak dengan menggunakan bantuan *software* ArcGIS 10.2. Hasil ekstraksi tersebut dimasukkan ke basis data untuk dilakukan analisis spasial

untuk menghasilkan peta genangan bencana tsunami di pantai Desa Daruba Pantai, Kecamatan Morotai Selatan. Luasan area genangan dikelompokkan ke dalam enam kategori, yaitu: sangat bahaya, bahaya, kurang bahaya, cukup aman, aman, dan sangat aman. Berdasarkan hasil analisis kategori luasan area genangan selanjutnya dibuat perencanaan untuk penentuan jalur evakuasi untuk bencana tsunami menuju ke lokasi yang aman.

Hasil dan Pembahasan

Topografi dan Penggunaan Lahan di Wilayah Studi

Hasil reinterpolasi data DEM yang ditumpangtindihkan dengan peta RBI, mengindikasikan bahwa kondisi elevasi Pulau Morotai berada pada ketinggian 0 – 1000 meter di atas permukaan laut. Sementara hasil detail kontur ketinggian wilayah studi berkisar antara 0 - 10 mdpl.

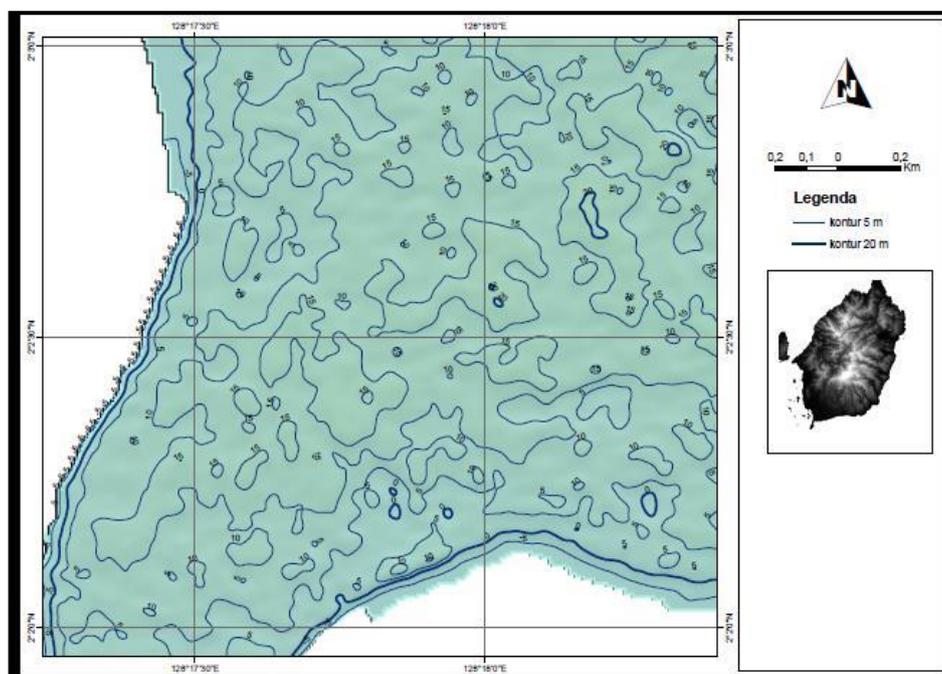
Tabel 1. Klasifikasi Sokoliev

Intensitas	Tinggi Run-up (m)	Deskripsi Tsunami	Frekuensi Kejadian di laut Pasifik
I	0,5	Amat kecil. Gelombang sangat lemah dan hanya terdeteksi pada catatan pasang surut.	1 kali tiap 4 bulan
II	1	Kecil. Gelombang terlihat oleh orang yang tinggal di sekitar pantai dan mengenal keadaan laut. Pada pantai yang datar gelombang tersebut mudah terlihat.	1 kali tiap 4 bulan
III	2	Agak besar. Umumnya terlihat. Pada pantai yang landai terjadi banjir. Perahu kecil terdorong ke Pantai. Kerusakan ringan dialami oleh bangunan dekat pantai. Pada daerah muara arus sungai berbalik hingga beberapa jauh ke arah daratan	1 kali tiap 8 bulan
IV	4	Besar. Terjadi banjir di daerah pantai. Penggerusan ringan pada tanah. Tanggul rusak. Bangunan ringan dekat pantai rusak. Bangunan permanen mengalami kerusakan kecil. Perahu besar terhempas ke daratan atau terbawa ke laut. Pantai terkotori oleh debris yang mengapung.	
V	8	Amat besar. Seluruh pantai tergenang. Dermaga dan struktur berat dekat laut rusak. Bangunan ringan hancur. Penggerusan dahsyat pada tanaman di darat. Pantai dikotori oleh benda mengapung, ikan dan binatang-binatang laut. Dengan perkecualian kapal besar, semua perahu terdampar ke daratan atau terhempas ke lautan. Muara mengalami pengkikisan berat. Manusia tenggelam dan gelombang disertai suara gemuruh.	
VI	16	Menghancurkan. Semua struktur bangunan mengalami kerusakan total atau sebagian untuk jarak beberapa jauh dari daratan. Banjir di pantai cukup dalam. Kapal-kapal besar mengalami kerusakan. Pohon-pohon tercabut atau hancur oleh gelombang. Jumlah kematian pada penduduk pantai luar biasa banyak.	1 kali per 10 tahun

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2009

Hasil pemetaan topografi kelerengan (*slope*) pada Gambar 3 memperlihatkan wilayah studi berada pada kelas lereng 0 - 2% yang menunjukkan bahwa wilayah ini termasuk kategori datar. Pendataan informasi kontur ketinggian wilayah dalam bentuk data DEM

sangat diperlukan dalam pemetaan karena informasi ini merupakan elemen yang sangat penting dari suatu data geospasial untuk berbagai kepentingan perencanaan. Hal ini merujuk pada Diposaptono & Budiman (2008), bahwa dengan menganalisis kontur wilayah pesisir maka distribusi luas dan tinggi genangan tsunami secara spasial dapat diperoleh. Oleh karena itu, ketinggian tempat dapat menjadi masukan awal untuk mengetahui potensi daerah genangan dari gelombang tsunami (Aji, 2019).



Gambar 3. Peta Topografi di Lokasi Studi

Selanjutnya kondisi tutupan lahan juga merupakan hal penting dalam analisis genangan tsunami. Berdasarkan hasil analisis peta penggunaan lahan dan identifikasi di lapangan memperlihatkan bahwa penggunaan lahan di Desa Daruba Pantai di bagian Selatan lebih banyak diperuntukan untuk pembangunan infrastruktur di permukiman, perdagangan dan jasa, pelabuhan, daerah reklamasi, dan kawasan wisata..

Hasil *ground check* di lapangan juga memperlihatkan bahwa infrastruktur yang telah dibangun di lokasi studi di antaranya pelabuhan dua unit, Permukiman/rumah warga 2.667 unit, pos polisi dua unit, rumah ibadah tiga unit, Bank dua unit, pertokoan 145 unit, pasar dua unit, kantor pemerintah enam unit, empat unit, dan bangunan lainnya delapan unit. Lebih jauh, hasil investigasi juga mendapatkan bahwa infrastruktur tersebut sebagian besar dibangun pada daerah yang dekat dengan garis pantai, sehingga kawasan ini sangat rentan bila terjadi tsunami. Sebagaimana kejadian tsunami di wilayah Selat Sunda Provinsi Banten tahun 2018 dengan tingkat kerusakan terparah dialami oleh desa-desa pesisir yang berjarak hingga 200 m dari garis pantai (Solihuddin et al., 2019).

Sementara penggunaan lahan di wilayah pesisir di bagian Utara desa didominasi oleh vegetasi mangrove dan rawa pesisir. Hasil interpolasi memperlihatkan luas kawasan ini sekitar 30 ha. Keberadaan vegetasi mangrove ini sebenarnya sangat bermanfaat sebagai peredam gelombang dari ancaman abrasi dan sebagai mitigasi bencana tsunami. Sebagaimana diungkapkan oleh Riyandari (2017), hutan pantai memiliki peran dalam mengurangi dampak tsunami dengan efektivitas tergantung pada lebar, kepadatan,

karakteristik pohon, dan struktur hutan. Akan tetapi, hasil investigasi di lapangan memperlihatkan bahwa kondisi ekosistem mangrove di kawasan pesisir Desa Daruba Pantai semakin berkurang karena banyak mendapat tekanan baik fisik maupun ekologis. Berdasarkan hasil wawancara dengan kepala desa dan responden lainnya mengungkapkan bahwa masih rendahnya kesadaran masyarakat untuk menjaga kelestarian ekosistem mangrove serta meningkatnya kebutuhan ekonomi, menjadi pemicu terhadap penurunan luas dan kualitas lingkungan hutan mangrove. Selain itu, perubahan tata guna lahan untuk kepentingan reklamasi dan permukiman juga turut memperparah kondisi hutan mangrove. Hal ini didukung oleh hasil penelitian Alwi et al. (2019), pembukaan lahan untuk permukiman, penebangan pohon mangrove untuk bahan bangunan, kayu bakar dan lain sebagainya telah memberikan dampak yang signifikan terhadap kelangsungan ekosistem mangrove di kawasan ini.

Analisis Luasan Genangan Tsunami di Lokasi Studi

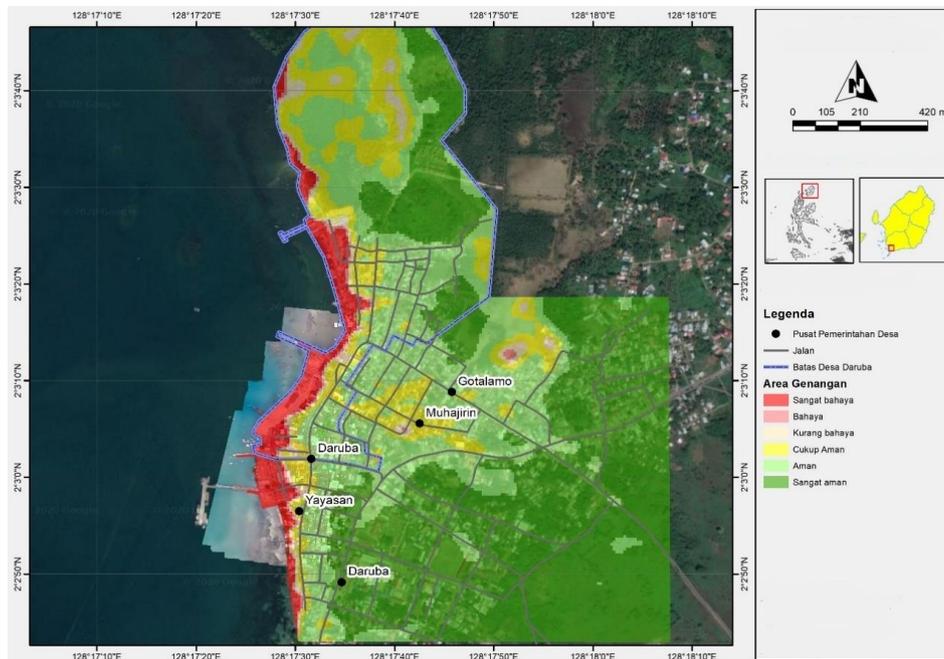
Hasil analisis luasan genangan tsunami berdasarkan model yang dibangun dengan asumsi tinggi gelombang pada skenario dalam dokumen Perencanaan Kontijensi Kabupaten Pulau Morotai dalam Menghadapi Ancaman Gempa Bumi dan Tsunami diperoleh bahwa tidak semua wilayah studi yaitu desa Daruba Pantai dan desa-desa di sekitarnya akan digenangi oleh gelombang tsunami. Namun demikian terdapat beberapa zona bahaya yang digambarkan dengan warna merah dan zona aman yang digambarkan dengan warna hijau (Gambar 4). Zona bahaya menunjukkan bahwa wilayah ini diperkirakan akan tergenang gelombang tsunami sedangkan zona aman mengindikasikan bahwa wilayah ini tidak tergenang tsunami.

Ditinjau dari luas seluruh wilayah studi sebesar 176,65 Ha, maka wilayah dengan kategori sangat aman dan aman masing-masing sebesar 49,76% dan 29,63%, sedangkan untuk wilayah kajian Desa Daruba Pantai dengan luas 60,59 Ha, didominasi oleh kategori aman sebesar 36,61% dan sangat aman 23,07%. Sementara luas wilayah studi yang terkena genangan tsunami dengan kategori sangat bahaya dan bahaya masing-masing 5,02% dan 0,66% dan untuk wilayah Desa Daruba Pantai kategori sangat bahaya dan bahaya masing-masing 10,72% dan 1,30% (Tabel 2).

Hasil analisis memperlihatkan bahwa zona bahaya dan sangat bahaya sebagian besar terdapat di wilayah yang dekat dengan garis pantai dengan jarak berkisar antara 10 – 100 m dan ketinggian rata-rata dibawah 3 mdpl dengan kontur yang relatif datar. Kondisi topografi yang landai di wilayah ini mengakibatkan penjalaran gelombang tsunami bisa mencapai wilayah-wilayah tersebut. Secara empiris dapat dikatakan bahwa semakin jauh jarak suatu wilayah dari garis pantai maka akan semakin berkurang tingkat risiko dari bencana tsunami. Seperti yang diungkapkan oleh Subardjo & Ario (2016) semakin jauh jarak suatu lokasi dari garis pantai maka jangkauan gelombang tsunami akan semakin kecil atau berkurang.

Luasan genangan tsunami pada hasil penelitian ini cukup kecil apabila dibandingkan dengan beberapa penelitian sebelumnya. Dalam penelitian Aji (2019), luasan genangan mencapai 4% dari seluruh desa pantai Ciamis, Jawa Barat dengan jarak genangan bisa mencapai 200 - 1000 m dari garis pantai. Sedangkan potensi rambatan tsunami di desa Dulukapa dan Deme, Kabupaten Gorontalo Utara bisa mencapai 800 m dari garis pantai dengan luasan 1900 m² (Nurfitriani et al., 2018). Perbedaan ini disebabkan karena beberapa hal di antaranya perkiraan tinggi gelombang tsunami yang dipakai dalam membangun model, kondisi penutupan lahan di setiap lokasi, jarak lokasi dari garis pantai dan topografi wilayah studi. Meskipun demikian, semua hasil kajian tersebut juga memperlihatkan bahwa genangan tsunami yang terjadi dapat menggenangi beberapa infrastruktur penting di lokasi studi dan dapat menyebabkan kerugian material dan nonmaterial. Sebagaimana yang

terjadi pada saat tsunami Aceh, semua infrastruktur yang dibangun dalam radius 1 km mengalami kerusakan akibat bencana tersebut (Pramana, 2015).



Gambar 4. Peta Genangan Tsunami di Lokasi Studi

Tabel 2. Luas Areal Genangan Tsunami di Lokasi Studi

Kategori	Area Analisis (Ha)	%	Desa Daruba (Ha)	%
Sangat Bahaya	8,87	5,02	6,50	10,72
Bahaya	1,17	0,66	0,79	1,30
Kurang Bahaya	4,21	2,38	2,92	4,81
Cukup Aman	22,16	12,54	14,23	23,49
Aman	52,35	29,63	22,18	36,61
Sangat Aman	87,90	49,76	13,98	23,07
Total	176,65		60,59	

Penentuan Jalur Evakuasi

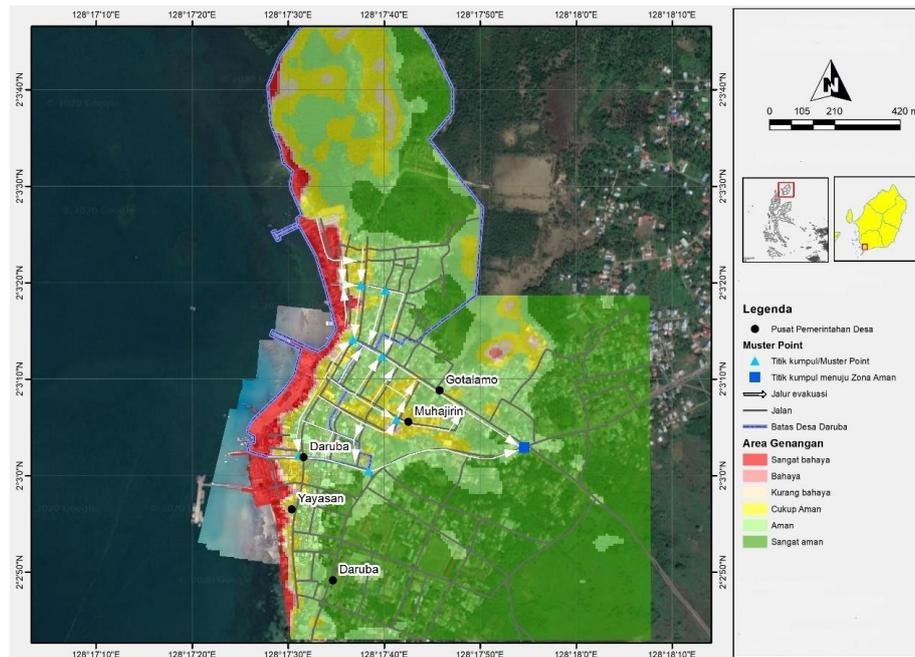
Salah satu indikator kesiapsiagaan dalam mengantisipasi bencana tsunami di masa depan adalah tersedianya peta jalur evakuasi yang telah disepakati bersama semua pemangku kepentingan dan dipublikasikan dalam bentuk *billboard*, poster, dan leaflet. Namun disayangkan berdasarkan hasil wawancara, semua responden menyebutkan bahwa peta jalur evakuasi di wilayah studi belum tersedia dan menunjukkan kekhawatiran apabila terjadi tsunami. Semua responden mengetahui bahwa wilayah Pulau Morotai sangat rentan terhadap bencana gempa bumi yang sering terjadi di wilayah ini dan cara menyelamatkan diri dengan keluar dari rumah tanpa ada kordinansi dengan baik. Selain itu, semua responden juga mengharapkan adanya suatu peta evakuasi sebagai bagian dari mitigasi bencana.

Peta evakuasi ini berisikan informasi tentang wilayah-wilayah mana saja yang rawan terhadap suatu bencana dan wilayah mana saja yang aman terhadap suatu bencana. Peta evakuasi juga memuat jalur evakuasi yang mengarahkan masyarakat untuk segera bila bergerak terjadi bencana menuju tempat yang aman, baik wilayah daratan maupun gedung yang dijadikan sebagai tempat evakuasi (BPBD Provinsi Maluku Utara, 2012). Peta jalur evakuasi disusun bersifat dinamis disesuaikan dengan informasi yang tersedia dan kemudian dapat disempurnakan lagi sesuai dengan informasi kerentanan terhadap bencana, perkembangan tata ruang kota dan tingkat kepadatan populasi (Puturuhi & Osok, 2015).

Oleh karena itu, berdasarkan hasil analisis genangan gelombang tsunami di lokasi studi maka skenario yang dibangun dalam penyusunan peta jalur evakuasi tsunami pada penelitian ini mempertimbangan empat hal. Pertama, banyaknya orang yang beraktivitas dan menetap di wilayah pesisir, yaitu semakin banyak masyarakat yang terkonsentrasi di wilayah ini akan meningkatkan risiko korban jiwa. Kedua, akses jalan yang tersedia. Jalan arteri maupun jalan kolektor yang tersedia di lokasi bencana merupakan akses yang akan dipilih warga untuk bergerak menuju ke titik aman pada saat melakukan penyelamatan diri. Ketiga, kondisi topografi wilayah, yang meliputi ketinggian wilayah, kelerengan, dan jaringan jalan merupakan variabel yang sangat berpengaruh dalam perencanaan jalur evakuasi dan penentuan titik aman (Dito & Pamungkas, 2015). Keempat, penentuan zona aman sebagai tempat berkumpul merupakan wilayah yang terbuka dan jauh dari jangkauan genangan air serta risiko bencana selanjutnya seperti longsor atau rekahan. Dengan pertimbangan-pertimbangan tersebut, maka peta evakuasi yang disusun diarahkan untuk mengatur warga masyarakat untuk mencapai wilayah yang aman sebagai tempat berkumpul dengan cepat dan mudah. Berdasarkan pada banyak pengalaman, pada suatu wilayah dengan banyaknya jumlah masyarakat yang beraktivitas, biasanya semua orang akan berlarian pada saat bersamaan pada saat bencana terjadi. Hal ini tentunya akan menimbulkan kekacauan dan kemacetan lalu lintas yang tinggi sehingga dapat meningkatkan risiko korban jiwa. Menurut Spahn et al. (2010) perlu penerapan konsep evakuasi dengan membagi zona evakuasi untuk membagi arah pergerakan orang.

Oleh karena itu, dalam penyusunan peta jalur evakuasi (Gambar 5) digunakan skenario yang berfokus pada arahan merujuk pada tempat evakuasi sementara dan tempat evakuasi akhir. Untuk memudahkan penentuan jalur evakuasi digunakan *network analysis* untuk mendapatkan jarak yang paling dekat menuju lokasi evakuasi. Sehingga untuk memudahkan evakuasi, semua warga dibagi berdasarkan zona sesuai Rukun Tetangga (RT) dan Rukun Warga (RW). Selanjutnya warga masyarakat dari setiap zona wilayah baik RT maupun RW diarahkan mengikuti arah evakuasi untuk bergerak menuju tempat evakuasi sementara. Kondisi ini dirancang dengan tujuan untuk memudahkan pengorganisasian pergerakan warga menuju tempat kumpul tersebut. Selain itu, diharapkan agar pergerakan massa tidak bercampur antara blok yang satu dengan yang lainnya untuk menghindari kemacetan. Hal yang sama juga telah dilakukan untuk penentuan jalur evakuasi di Kota Padang (Fijra, 2018) dan Kecamatan Kuta Alam Kota Banda Aceh (Sahwilliza et al., 2018).

Lokasi tempat evakuasi sementara seluruhnya dipilih berdekatan dengan lokasi RT/RW agar mudah dijangkau warga masyarakat pada saat menyelamatkan diri. Hal ini disesuaikan dengan hasil diskusi semua responden pada saat wawancara, dan terdapat beberapa saran yang disampaikan terkait lokasi evakuasi di antaranya lokasi evakuasi harus menjamin keamanan dan keselamatan warga, memiliki akses tercepat ke lokasi, dan cukup untuk menampung pengungsi. Oleh karena itu, lokasi yang dipilih berada pada area wilayah dengan kategori cukup aman dan aman. Jalan menuju tempat kumpul juga dipilih jalan arteri dengan lebar 10 m dan jalan kolektor dengan lebar 8 m. Hal ini ditujukan untuk memudahkan pergerakan warga saat menyelamatkan diri.



Gambar 5. Peta Rencana Jalur Evakuasi Tsunami di Lokasi Studi

Namun dalam skenario ini, apabila tidak memungkinkan untuk berkumpul di lokasi tempat kumpul sementara karena ketinggian air yang bergerak cepat maka masyarakat akan diarahkan langsung menuju titik evakuasi akhir. Lokasi tempat evakuasi akhir pada peta ini terletak kurang lebih satu kilometer dari garis pantai menuju ke arah barat di desa Daruba Pantai dan Gotalamo. Dalam penelitian ini juga dilengkapi dengan penentuan lokasi tempat evakuasi akhir yang telah didukung dengan perhitungan kecepatan dan waktu yang diperlukan untuk mencapai lokasi ini. Jika dalam kondisi normal kecepatan orang untuk melakukan evakuasi sekitar 1 m/det (Spahn et al., 2010) maka estimasi waktu untuk mencapai titik evakuasi akhir diperkirakan sekitar 15-17 menit. Penentuan lokasi titik kumpul ini merupakan area yang ideal karena berada pada wilayah dengan kategori sangat aman. Diharapkan bahwa jalur evakuasi dan lokasi titik kumpul ini tidak hanya dimanfaatkan oleh masyarakat desa Daruba Pantai saja namun juga oleh masyarakat Desa Muhajirin dan Desa Gotalamo.

Kesimpulan

Analisis yang dilakukan memperlihatkan bahwa wilayah studi cukup berisiko tergenang apabila terjadi tsunami. Hal ini dikarenakan bentuk topografi dan keterangan lokasi studi yang datar serta terletak dekat dengan pantai. Hasil perhitungan luasan wilayah genangan menunjukkan bahwa wilayah dengan berkategori bahaya sebesar 15% dari luas wilayah Desa Daruba Pantai. Zona bahaya terletak pada daerah berjarak 0 – 100 m dari garis pantai. Sisanya merupakan wilayah dengan kategori aman hingga sangat aman. Berdasarkan hasil tersebut, jalur evakuasi yang direncanakan dimaksudkan untuk mengarahkan warga masyarakat melakukan penyelamatan diri dari kawasan berisiko bahaya ke kawasan yang aman. Jalur evakuasi yang direncanakan menggunakan skenario yang berfokus pada arahan menuju pada tempat evakuasi sementara dan tempat evakuasi akhir untuk memudahkan penjemputan oleh pihak berwenang. Penggunaan aplikasi SIG

dan perangkat-perangkat yang tersedia di dalamnya memudahkan dalam analisis data genangan tsunami dan penentuan jalur evakuasi. Perangkat ini menyederhanakan pemilihan titik kumpul dengan berbagai pertimbangan, lokasi yang aman, jarak tempuh dan akses jalan yang mudah untuk dilewati. Hasil riset akan berkontribusi pada perencanaan pengembangan wilayah terutama dalam hal mitigasi bencana dengan wilayah-wilayah pada zona bahaya perlu mendapat perhatian semua pemangku kepentingan agar pada tahap perencanaan pembangunan perlu disiapkan langkah-langkah mitigasi sebelumnya. Sebagai rekomendasi tindak lanjut dari penelitian ini, diharapkan agar semua pemangku kepentingan terutama pemerintah desa, pemerintah kecamatan dan pemerintah kabupaten Pulau Morotai dapat menyusun kebijakan untuk melakukan sosialisasi dan simulasi untuk meningkatkan kewaspadaan dan kesiapsiagaan masyarakat menghadapi tsunami.

Ucapan Terima Kasih

Kegiatan ini merupakan bagian dari Program Kemitraan Masyarakat untuk Pengurangan Risiko Bencana, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Khairun yang telah mendanai kegiatan ini, Pusat Studi Kebencanaan Universitas Khairun, Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Pasifik, Staf Pemerintahan Desa Daruba Pantai, dan semua pihak yang telah mendukung penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Aji, L. W. (2019). Identifikasi jalur dan tempat evakuasi tsunami pada Pantai Siung-Nglambor-Jogan di Kabupaten Gunungkidul. *INTEGRATED (Journal of Information Technology and Vocational Education)*, 1(1), 1–9.
- Alwi, D., Koroy, K., & Laba, E. (2019). Struktur komunitas ekosistem mangrove di Desa Daruba Pantai Kabupaten Pulau Morotai. *Junal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 5(4), 33–46. doi:10.5281/zenodo.3551741.
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Provinsi Maluku Utara. (2012). *Perencanaan kontinjensi Kabupaten Pulau Morotai dalam menghadapi bencana gempabumi dan tsunami* (p. 59). p. 59. Ternate: Badan Penanggulangan Bencana Daerah Provinsi Maluku Utara.
- Diposaptono, S., & Budiman. (2008). *Hidup akrab dengan gempa dan tsunami*. Bogor: Penerbit Buku Ilmiah Populer (PT Sarana Komunikasi Utama).
- 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. doi:10.12962/j23373539.v4i2.11027.
- Fijra, R. (2018). Penentuan lokasi tempat evakuasi akhir pengungsi pada ancaman bencana tsunami Kota Padang. *Jurnal Teknosains*, 7(2), 83–154. doi:10.22146/teknosains.27101.
- Hall, R., Audley-Charles, M. G., Banner, F. T., Hidayat, S., & Tobing, S. L. (1988). Late Palaeogene–Quaternary geology of Halmahera, Eastern Indonesia: Initiation of a volcanic island arc. *Journal of Geological Society*, 145(4), 577–590. doi:10.1144/gsjgs.145.4.0577.
- Hamzah, L., Puspito, N., & Imamura, F. (2000). Tsunami catalog and zones in Indonesia. *Journal of Natural Disaster Science*, 22(1), 25–43. doi:10.2328/jnds.22.25.
- Horspool, N., Pranantyo, I. R., Griffin, J., Latief, H., Natawijaya, D., Kongko, W., ... Thio, H. K. (2013). A national tsunami hazard assessment for Indonesia. In *Australia–Indonesia Facility for Disaster Risk Reduction, Australian Government Department of Foreign Affairs and Trade, Canberra*. Canberra.
- Ikhwandito, A., Prasetyo, Y., & Nugraha, A. L. (2018). Analisis perbandingan model genangan tsunami menggunakan data DEM, SRTM dan Terrasar (studi kasus: Kabupaten Pangandaran). *Jurnal Geodesi Undip*, 7(1), 131–141.
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2009). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 06/PRT/M/2009 tentang pedoman perencanaan umum pembangunan infrastruktur di kawasan rawan tsunami*. Jakarta.

- Lessy, M. R., & Bemba, J. (2019). Pemberdayaan masyarakat rentan bencana melalui sosialisasi pengurangan risiko bencana berbasis komunitas di Desa Daruba Pantai Kabupaten Pulau Morotai. *Jurnal Pengamas*, 2(1), 34–44.
- Lessy, M. R., Wahiddin, N., Abdullah, R. M., & Bemba, J. (2017). Pemetaan risiko bencana tsunami di wilayah pesisir Kecamatan Weda Tengah, Kabupaten Halmahera Tengah, Maluku Utara. *Prosiding Seminar Nasional Kemaritiman Dan Sumber Daya Pulau-Pulau Kecil*, 2(1), 146–157.
- Lumintang, V. G., Pasau, G., & Tongkukut, S. J. (2015). Analisis tingkat seismisitas dan tingkat kerapuhan batuan di Maluku Utara. *Jurnal Ilmiah Sains*, 15(2), 94–98. doi:10.35799/jis.15.2.2015.9224.
- Masinu, A. La, Yustesia, A., & Suwardi, S. (2018). Sistem tektonik dan implikasinya terhadap gempa bumi di Pulau Halmahera. *Jurnal Pendidikan Geografi*, 23(1), 20–29. doi:10.17977/um017v23i12018p020.
- Nurfitriani, N., Mamuaya, G. E., Djamaluddin, R., & Yatimantoro, T. (2018). Analisis potensi rambatan tsunami di Pantai Utara Desa Dulukapa dan Deme Kabupaten Gorontalo Utara untuk mitigasi bencana tsunami. *Majalah Ilmiah Globe*, 20(2), 68. doi:10.24895/MIG.2018.20-2.767.
- Pramana, B. S. (2015). Pemetaan kerawanan tsunami di Kecamatan Pelabuhanratu. *Sosio Didaktika: Social Science Education Journal*, 2(1), 76–91. doi:10.15408/sd.v2i1.1383.
- Puturu, F., & Osok, R. M. (2015). Kajian pemetaan risiko dan evakuasi tsunami di Desa Hutumuri Kecamatan Leitimur Selatan Kota Ambon. *Prosiding Simposium Nasional Mitigasi Bencana Tsunami 2015*, 114–125. Banda Aceh: TDMRC Universitas Syiah Kuala didukung oleh USAID.
- Riyandari, R. (2017). Peran mangrove dalam melindungi daerah pesisir terhadap gelombang tsunami. *Jurnal Sains Dan Teknologi Mitigasi Bencana*, 12(1), 74–80. doi:10.29122/jstmb.v12i1.3702.
- Sahwilliza, S., Isya, M., & Fatimah, E. (2018). Analisis ketersediaan jalur evakuasi bencana tsunami di Kecamatan Kuta Alam Kota Banda Aceh (studi kasus Lampulo, Kampung Mulia, Lamdingin). *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*, 1(3), 104–112. doi:10.24815/jarsp.v1i3.11774.
- Setyo, B., & Rahardjo, A. P. (2015). *Simulasi penjalaran gelombang tsunami di daerah Kepulauan Indonesia Timur (Kabupaten Pulau Morotai) dengan menggunakan software SMS Versi 11.1 modul RMA2*. Universitas Gadjah Mada.
- Solihuddin, T., Salim, H. L., Husrin, S., Daulat, A., & Purbani, D. (2019). Dampak tsunami Selat Sunda di Provinsi Banten dan upaya mitigasinya. *Segara*, 13(1), 25–35.
- Spahn, H., Hoppe, M., Usdianto, B., & Vidiarina, H. (2010). *Panduan perencanaan untuk evakuasi tsunami*. Jakarta: German-Indonesia Cooperation for a Tsunami Early Warning System (GITEWS).
- Subardjo, P., & Ario, R. (2016). Uji kerawanan terhadap tsunami dengan sistem informasi geografis (SIG) di Pesisir Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul, Yogyakarta. *Jurnal Kelautan Tropis*, 18(2), 82–97. doi:10.14710/jkt.v18i2.519.
- Sulaeman, C., & Cipta, A. (2012). Model intensitas gempa bumi di Maluku Utara. *Jurnal Lingkungan Dan Bencana Geologi*, 3(2), 79–88. doi:10.34126/jlbg.v3i2.38.
- Zaitunah, A., Kusmana, C., Jaya, I. N. S., & Haridjaja, O. (2011). Aplikasi sistem informasi geografi bagi penentuan kemungkinan daerah genangan akibat tsunami (studi kasus; Kabupaten Clamis Jawa Barat). *Forum Pascasarjana*, 34(4), 249–255.