



# Perencanaan Partisipatif Tanggap Darurat Bencana Tsunami Di Pesisir Selatan Watulimo, Trenggalek

Participative Planning for Tsunami Disaster Response on The South  
Coast of Watulimo, Trenggalek

Fadly Usman<sup>1</sup>, Septiana Hariyani<sup>1</sup>, Fadhilatus Shoimah<sup>1</sup>

Diterima: 29 Desember 2020

Disetujui: 10 Februari 2021

**Abstrak:** Penelitian bertujuan untuk memetakan kawasan rawan bencana tsunami di Kecamatan Watulimo dengan menggunakan metode simulasi numerik dan analisis spasial serta menyusun perencanaan tanggap darurat bencana tsunami dengan menentukan penampungan sementara dan jalur evakuasi secara partisipatif sesuai karakteristik kearifan lokal penduduk Kecamatan Watulimo menggunakan weighting analysis dan network analysis dengan ArcGIS. Kawasan yang paling rawan bencana tsunami adalah Desa Prigi karena memiliki topografi terendah dibandingkan dengan dua desa lainnya. Penentuan penampungan sementara dilakukan dengan mempertimbangkan fungsi bangunan, jumlah lantai, luas bangunan, kapasitas bangunan, jarak dari garis pantai, lokasi dari jalan, dan konstruksi bangunan. Bangunan sarana publik bertingkat >1 seperti rusunawa, sarana RTH dan olahraga (lapangan); sarana perdagangan dan jasa (pasar); sarana peribadatan (masjid); sarana pendidikan (SD, MI, SMP, MTS, dan SMK); sarana pemerintahan dan pelayanan umum (kantor desa, kantor kecamatan, koramil, bank, dan telkom); serta sarana kesehatan (puskesmas) yang ada di Kecamatan Watulimo dapat dimanfaatkan sebagai penampungan sementara saat terjadi bencana tsunami. Berdasarkan analisis, penampungan sementara yang diperoleh sudah dapat mengakomodasi populasi di kawasan rawan bencana tsunami. Jalur evakuasi dapat ditentukan dengan mempertimbangkan jarak, lebar jalan, kondisi jalan, kelas jalan, dan waktu tempuh untuk mendapatkan rute tercepat dari pemukiman ke penampungan sementara terdekat. Jalur evakuasi yang dapat digunakan di Kecamatan Watulimo adalah jalan-jalan yang sudah ada. Namun perlu adanya perbaikan jalan pada kondisi jalan rusak/berlubang, pelebaran jalan, penambahan jalan baru untuk mempermudah proses evakuasi korban bencana menuju lokasi evakuasi. Serta melakukan perawatan jalan secara rutin pada jalan-jalan yang akan digunakan sebagai jalur evakuasi, sehingga jalan tersebut selalu dalam kondisi baik.

*Kata kunci: perencanaan partisipatif, tanggap darurat bencana, evakuasi, tsunami, Jawa Timur*

**Abstract:** The research aims to mapping the tsunami-prone areas in Watulimo District using numerical simulation methods and spatial analysis as well as compiling tsunami response planning by determining shelters and evacuation routes in a participatory manner according to the characteristics of residents local wisdom of Watulimo District using weighting analysis and network analysis with ArcGIS. The most prone area to tsunami is Prigi Village because it has the lowest topography compared to the other two villages. Determination of shelter is carried out by considering the building function, number of floors, building area, building capacity, distance from the coastline, location from the road, and building construction. Public facilities with the number of floors >1 such as flat, trade facilities; religious facilities; educational facilities; government facilities; as well as health facilities in Watulimo District can be used as shelters during tsunami. Based on the analysis, the shelters obtained can accommodate the population in tsunami-prone areas. The evacuation route can be determined by considering the distance, road width, road conditions, road class, and travel time to obtain the fastest route from

---

<sup>1</sup> Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Korespondensi: fadlypwk@ub.ac.id

settlement to the nearest shelter. The evacuation routes that can be used in Watulimo District are the existing roads. However, there is a need for road repairs in damaged/ potholed road conditions, road widening, adding new roads to facilitate the evacuation process of disaster victims to the shelter, and carrying out routine road maintenance on roads that will be used as evacuation routes, so that these roads are always in good condition.

*Keywords: participative planning, disaster response, evacuation, tsunami, East Java*

## PENDAHULUAN

Berdasarkan Peraturan Daerah Kabupaten Trenggalek Nomor 15 Tahun 2012 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Trenggalek Tahun 2012-2032 menyatakan bahwa kawasan rawan bencana geologi tsunami memiliki luas  $\pm 5.538$  (lima ribu lima ratus tiga puluh delapan) hektar meliputi Kecamatan Watulimo, Kecamatan Munjungan, dan Kecamatan Panggul. Pengembangan jalur evakuasi bencana tsunami meliputi jalan menuju kawasan perbukitan di Kecamatan Panggul, Munjungan, dan Kecamatan Watulimo. Kawasan lindung rawan bencana geologi tsunami meliputi penanganan kawasan rawan bencana tsunami di Kecamatan Watulimo, Munjungan, dan Kecamatan Panggul dengan waktu pelaksanaan Tahun 2012-2016, dengan sumber dana dari APBD kabupaten dengan instansi pelaksana yaitu Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Pengairan serta Badan Penanggulangan Bencana Daerah. Kabupaten Trenggalek merupakan kabupaten dengan urutan ke-20 dari 273 kota/ kabupaten pesisir di Indonesia dengan kemungkinan terjadi tsunami dahsyat ( $>3$  meter) sebesar 3,2%. Maksimal tinggi tsunami di pesisir dengan kala ulang 100 tahun sebesar 5,8 meter, 500 tahun sebesar 10,7 meter, dan 2.500 tahun sebesar 28,6 meter (Horspoll et al, 2013).

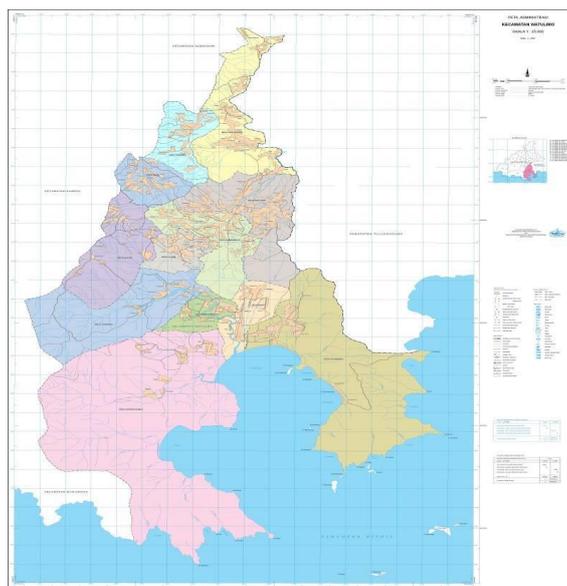
Kecamatan Watulimo termasuk dalam zona pesisir Pantai Selatan berbatasan langsung dengan Samudera Hindia dan berpotensi bencana tsunami. Wilayah desa dalam kawasan pesisir di Kecamatan Watulimo yaitu Desa Prigi, Desa Tasikmadu, dan Desa Karanggandu. Jumlah penduduk ketiga desa sebanyak 27.113 jiwa (BPS Kabupaten Trenggalek, 2019). Kecamatan Watulimo juga mempunyai potensi ekonomi dari sektor pertanian, peternakan, kehutanan, pariwisata, dan sektor perikanan, sehingga perlu dilakukan upaya perlindungan dengan mitigasi bencana. Kecamatan Watulimo merupakan kawasan strategis dengan fungsi utama minapolitan perikanan tangkap sesuai Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 39 Tahun 2011 dan Keputusan Bupati Trenggalek Nomor 188.45/787/046.013/2010. Kawasan minapolitan Watulimo dilengkapi dengan berbagai infrastruktur seperti Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi, Tempat Pelelangan Ikan, dan Sentra Pemindangan. Terdapat rencana pembangunan wilayah kota maritim baru Prigi ditandai dengan dibangunnya pelabuhan niaga dan Jalan Lintas Selatan, serta pengembangan destinasi ekowisata konservasi *mangrove* di Desa Karanggandu.

Secara umum, kawasan yang memiliki risiko tinggi bencana tsunami adalah permukiman dekat pantai karena merupakan pusat kegiatan penduduk. Tsunami dapat menelan korban jiwa serta kerugian harta benda yang mempengaruhi perekonomian penduduk. Oleh karena itu, diperlukan arahan evakuasi sebagai upaya penyelamatan penduduk dari bencana tsunami. Penelitian bertujuan untuk memetakan kawasan rawan bencana tsunami di Kecamatan Watulimo dengan menggunakan metode simulasi numerik dan analisis spasial serta menyusun perencanaan tanggap darurat bencana tsunami dengan menentukan penampungan sementara dan jalur evakuasi secara partisipatif sesuai karakteristik kearifan lokal penduduk Kecamatan Watulimo.

**METODE**

**Ruang Lingkup Tempat**

Kecamatan Watulimo adalah sebuah kecamatan di Kabupaten Trenggalek, Provinsi Jawa Timur. Sebelah barat berbatasan dengan Kecamatan Munjungan dan Kecamatan Kampak, sebelah utara Kecamatan Gandusari, sebelah timur Kecamatan Besuki Kabupaten Tulungagung dan sebelah selatan Samudera Hindia. Kecamatan Watulimo terletak diantara 1110 38' 41" - 1110 46' 41" Bujur Timur dan 80 8' 31" - 80 23' 01" Lintang Selatan (BPS Kabupaten Trenggalek, 2019). Ruang lingkup tempat mencakup 3 desa pesisir yaitu Desa Prigi, Tasikmadu, dan Desa Karanggandu.



Sumber: BPS Kabupaten Trenggalek, 2019

**Gambar 1. Peta Administrasi Kecamatan Watulimo**

**Tabel 1. Letak Astronomis dan Administratif Wilayah**

Desa	Letak Astronomis	Jumlah			Luas Desa (km <sup>2</sup> )
		Dusun	RW	RT	
Karanggandu	111.69167 BT-8.28333 LS	4	9	29	52,87
Prigi	111.71644 BT-8.26473 LS	3	10	52	7,77
Tasikmadu	111.71621 BT-8.28347 LS	3	6	41	28,45

Source: BPS Kabupaten Trenggalek, 2019

**Variabel Penelitian**

Variabel penelitian adalah suatu atribut dari obyek yang mempunyai variasi tertentu dan ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari serta ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2012). Parameter-parameter yang menjadi variabel pada penelitian berpedoman kepada kebijakan terkait, kajian literatur maupun hasil penelitian terdahulu.

Tabel 2. Variabel Penelitian

Variabel	Sub Variabel	Parameter	Sumber
Kawasan rawan bencana	Skenario tsunami	- Ketinggian gelombang	- Usman & Murakami, 2012
		- Kecepatan gelombang	- Murakami & Usman, 2013
		- Topografi	- Usman et al, 2014
		- Episentrum	- Usman et al, 2016
		- Luas dan kerapatan vegetasi	- Usman & Rahim, 2017
		- Kedalaman arus	- Usman et al, 2019
		- Panjang genangan	- Usman, 2019
		- Tinggi <i>run up</i>	- Wicaksono & Usman, 2020
		- Batimetri	
		- Lokasi dari jalan	
Tanggap darurat	Perencanaan penampungan sementara	- Jumlah lantai	- Usman & Murakami, 2011
		- Luas bangunan	- Suharyanto et al, 2012
		- Kapasitas	- Usman et al, 2017
	Perencanaan jalur-jalur evakuasi	- Fungsi bangunan	- Usman & Sari, 2019
		- Jarak dari bibir pantai	
		- Konstruksi bangunan	
		- Lebar jalan	
		- Jarak	- Kurniawan et al. 2011
		- Waktu tempuh	- Suharyanto et al, 2012
		- Kondisi jalan	- Usman et al, 2017
		- Kelas jalan	

## Teknik Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yang berasal dari sumber pertama atau narasumber, sedangkan data sekunder adalah data yang sudah diproses oleh pihak tertentu sehingga tersedia saat diperlukan (Sarwono, 2012). Teknik pengumpulan data primer dilakukan dengan observasi penampungan sementara dan jalur evakuasi serta wawancara masyarakat Kecamatan Watulimo. Teknik pengumpulan data sekunder dilakukan dengan studi literatur dan survei ke instansi terkait untuk mencari teori dan data yang mendukung penelitian.

## 2.4 Teknik Analisis

### A. Simulasi Numerik

Simulasi numerik dengan CADMAS-SURF/3D dilakukan untuk mengestimasi rambatan gelombang tsunami (Usman, 2019 dan Wicaksono & Usman, 2020), memastikan perilaku gelombang tsunami ketika mencapai pantai (Usman & Rahim, 2017 dan Usman et al, 2019), serta menganalisis beberapa tipe topografi dan konfigurasi pantai (Usman & Murakami, 2012; Murakami & Usman, 2013; Usman et al, 2014; dan Usman et al, 2016). Persamaan dasar dalam simulasi numerik adalah persamaan kontinuitas dan persamaan momentum yang dikenal sebagai persamaan Navier-Stokes. Sistem persamaan diusulkan oleh Sakakiyama dan Kajima (1992), di mana porositas daerah  $\gamma_x$ ,  $\gamma_y$ ,  $\gamma_z$  pada proyeksi sumbu x, y, dan z digunakan untuk menyelidiki interaksi antara gelombang dan modifikasi topografi. Setelah dilakukan simulasi numerik lalu dilakukan analisis spasial dengan ArcGIS untuk memprediksi daerah rawan berdasarkan *overlay* tingkat ancaman serta hasil simulasi numerik.

### B. *Weighting Analysis* Penampungan Sementara

Dalam melakukan analisis pembobotan, dilakukan pemilihan terhadap bangunan publik potensial di kawasan penelitian. Selanjutnya dilakukan penilaian pada masing-masing bangunan. Kebutuhan penampungan sementara diperoleh dari luas bangunan dibagi dengan persyaratan ruang minimum per orang 1,64 m<sup>2</sup>. Penampungan sementara yang akan ditentukan harus dapat melayani dan menampung sesuai dengan kebutuhan ruang bagi pengungsi. Berikut merupakan nilai masing-masing kriteria dari parameter:

**Tabel 3. Analisis Pembobotan Penampungan Sementara**

Parameter	Kriteria	Nilai
Lokasi dari jalan	Pinggir jalan	1
	Persimpangan jalan lokal	2
	Sisi jalan utama	3
	Persimpangan jalan utama	4
Fungsi bangunan	Rumah penduduk	1
	Fasilitas kesehatan	2
	Fasilitas kantor pemerintahan/ swasta	3
	Fasilitas pendidikan dan fasilitas peribadatan	4
Konstruksi bangunan	Sangat buruk (non permanen)	1
	Buruk (non permanen)	2
	Baik (semi permanen)	3
	Sangat (baik permanen)	4

Source: Usman & Murakami, 2011; Suharyanto et al, 2012; dan Usman et al, 2017

Sedangkan, pengukuran parameter jumlah lantai, luas bangunan, kapasitas, dan jarak dari bibir pantai menggunakan metode sturgess (Usman & Sari, 2019). Metode Sturgess digunakan untuk menentukan jumlah interval kelas atau kategori, dan lebar kelas. Lebar kelas didefinisikan sebagai perbedaan antara batas atas kelas dan batas bawah kelas. Penentuan kelas dalam penelitian menunjukkan tingkat variabel penentuan penampungan sementara di daerah penelitian, nilai k yang mewakili kelas dalam penelitian ini ditentukan menjadi 4 kelas. Sturges (1926) mengenalkan rumus perhitungan lebar kelas berikut:

$$c = \frac{X_n - X_i}{k}$$

Keterangan:

c = perkiraan ukuran kelas

K = jumlah kelas

X<sub>n</sub> = nilai tertinggi

X<sub>i</sub> = nilai terendah

Total hasil pembobotan dari semua parameter akan menunjukkan penampungan sementara yang paling cocok di desa pesisir Kecamatan Watulimo.

### C. *Network Analysis* Jalur Evakuasi

Jalur evakuasi bertujuan untuk meminimalkan dampak negatif yang ditimbulkan oleh bencana tsunami. Perencanaan dan penentuan jalur evakuasi yang aman sehingga mudah diakses oleh penduduk menggunakan analisis jalur terpendek dengan software ArcGIS (Kurniawan et al, 2011 & Suharyanto et al, 2012). *Network analysis* merupakan salah satu alat analisis pada GIS yang dapat digunakan untuk mengolah data jaringan, seperti jaringan jalan. *Network analysis* dalam penelitian digunakan untuk menentukan jarak terbaik dan terdekat dari satu lokasi ke lokasi lain. Waktu tempuh tsunami menggunakan standar 21 menit (Usman et al., 2017), sehingga waktu tersebut merupakan waktu tempuh maksimal penduduk melakukan evakuasi. Kecepatan orang berjalan ketika evakuasi menggunakan standar 1,07 m/detik. Waktu tempuh 21 menit dengan berjalan kaki hanya dapat menjangkau 1,3 km, sehingga penentuan jalur evakuasi harus dilakukan secara tepat.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Gambaran Umum Desa Pesisir Kecamatan Watulimo

#### A. Topografi

Ketinggian desa pesisir Kecamatan Watulimo terletak pada 7-573 mdpl dengan topografi berupa pantai, dataran, hingga pegunungan. Semakin tinggi topografi desa maka semakin desa tersebut aman dari ancaman bencana tsunami.

**Tabel 4. Topografi Wilayah**

Desa	Topografi	Nama Gunung/Bukit	Ketinggian (m)
Karanggandu	Pantai, pegunungan	Kumbokarno	7-339
Prigi	Pantai, pegunungan	Kedaton	8-142
Tasikmadu	Pantai, pegunungan	-	8-245

Source: BPS Kabupaten Trenggalek, 2019

### B. Fisik Binaan

Di Kecamatan Watulimo terdapat 47 TK/ RA/ BA, 32 SD, 20 MI, 8 SLTP, 3 MTs, 2 SMU, 2 SMK, 1 MA, 1 Pondok Pesantren, 40 Madrasah Diniyah, dan 146 TPA. Di Kecamatan Watulimo terdapat 2 Poliklinik, 2 Puskesmas, dan 4 Puskesmas Pembantu, 9 Praktek Dokter, 20 Praktek Bidan, 7 Ponkesdes, 2 Polindes, 7 Apotik/ Toko Obat/ Jamu, dan 87 Posyandu. Sedangkan fasilitas peribadatan tercatat 211 masjid dan 231 mushola. Sarana kesehatan dan peribadatan merupakan salah satu lokasi penampungan sementara potensial ketika terjadi bencana tsunami.

**Tabel 5. Sarana Kesehatan**

Desa	Poli klinik	Pus kesmas	Pustu	Praktek Dokter	Praktek Bidan	Pon kesdes	Poli ndes	Apotik/ Toko Obat/ Jamu	Pos yandu
Karanggandu	-	-	1	-	2	-	-	-	9
Prigi	-	1	-	3	1	-	-	3	8
Tasikmadu	-	-	1	1	2	-	1	2	11

Source: BPS Kabupaten Trenggalek, 2019

**Tabel 6. Sarana Peribadatan**

Kecamatan	Masjid	Mushola
Karanggandu	16	19
Prigi	11	33
Tasikmadu	17	22

Source: BPS Kabupaten Trenggalek, 2019

### C. Demografis

Menurut hasil proyeksi Sensus Penduduk 2010, jumlah penduduk akhir Tahun 2019 sebesar 66.772 jiwa dengan jumlah Rumah Tangga sebesar 23.959. Dari jumlah seluruh penduduk tersebut rasio jenis kelaminnya sebesar 96 terdiri dari 34.153 jiwa penduduk laki-laki dan 32.169 jiwa penduduk perempuan. Kepadatan penduduk Kecamatan Watulimo sebesar 432 jiwa/km<sup>2</sup>. Kelompok umur di Kecamatan Watulimo didominasi kelompok umur 40-44 tahun sebesar 5.566 jiwa, sedangkan yang paling sedikit yaitu kelompok umur 70-74 tahun sebesar 1.654 jiwa.

**Tabel 7. Kependudukan**

Desa	Jumlah Rumah Tangga	Kepadatan Penduduk (jiwa/km <sup>2</sup> )	Jumlah Penduduk (jiwa)	Jumlah Penduduk (jiwa)		Sex Ratio
				Laki-laki	Perempuan	
Karanggandu	2.443	137	7.237	3.670	3.567	97
Prigi	2.575	973	7.564	3.862	3.702	96
Tasikmadu	4.542	433	12.312	6.405	5.907	92

Source: BPS Kabupaten Trenggalek, 2019

Penduduk difabel di Kecamatan Watulimo terdiri dari 42 tuna netra, 101 tuna rungu, 55 tuna wicara, 97 cacat tubuh, 131 cacat mental, dan 1 cacat ganda/lainnya. Semakin tinggi jumlah rumah tangga, jumlah penduduk, dan kepadatan penduduk maka semakin banyak orang terdampak bencana tsunami. Selain itu, semakin tinggi jumlah penduduk

perempuan, penduduk usia balita dan lansia, serta penduduk difabel maka semakin tinggi kerentanan wilayah karena ketiga kelompok tersebut merupakan kelompok rentan sehingga memerlukan perlakuan khusus ketika evakuasi bencana tsunami.

**Tabel 8. Penduduk menurut Kelompok Umur dan Kecamatan**

Desa	0-4	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39
Karanggandu	503	521	558	573	507	508	480	619
Prigi	610	659	552	564	474	557	560	604
Tasikmadu	953	1.040	923	949	893	1.004	1.050	1.002

Desa	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	>75
Karanggandu	641	535	505	406	260	204	173	244
Prigi	634	594	531	408	260	189	153	215
Tasikmadu	1.004	922	728	614	389	303	266	272

Source: BPS Kabupaten Trenggalek, 2019

**Tabel 9. Penduduk Difabel**

Desa	Tuna			Cacat			Ganda/ Lainnya
	Netra	Rungu	Wicara	Tubuh	Mental		
Karanggandu	5	71	7	25	14	-	
Prigi	1	8	9	3	10	-	
Tasikmadu	5	2	6	4	10	-	

Source: BPS Kabupaten Trenggalek, 2019

D. Prasarana Kebencanaan

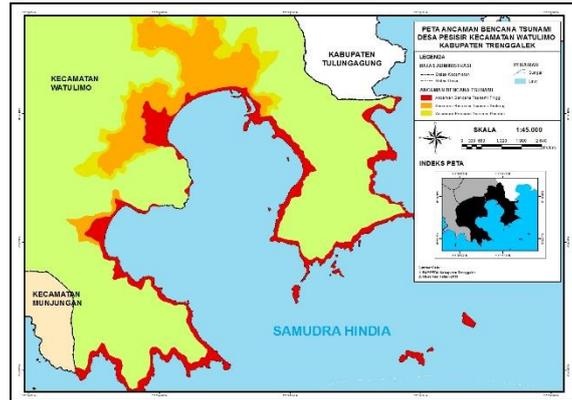
Prasarana bencana tsunami meliputi infrastruktur, sarana, maupun prasarana yang mendukung kegiatan penanggulangan maupun manajemen bencana tsunami. Prasarana kebencanaan terkait tsunami yang terdapat di pesisir Kecamatan Watulimo hanya berupa papan jalur evakuasi.



**Gambar 2. Papan Jalur Evakuasi Bencana Tsunami Kecamatan Watulimo**

**Analisis Ancaman Bencana Tsunami Kecamatan Watulimo**

Daerah ancaman bencana tsunami digunakan untuk mengetahui daerah yang terdapat pada lokasi dengan potensi ancaman tinggi, sedang, dan rendah. Peta bahaya tsunami memberikan informasi tentang kemungkinan daerah yang terdampak tsunami; Klasifikasi kategori bahaya tsunami menunjukkan area berwarna merah yang terdampak tsunami besar dengan gelombang tertinggi.



**Gambar 3. Kawasan Rawan Bencana Tsunami Kecamatan Watulimo**

**Pembobotan Penampungan Sementara**

Desa Karanggandu memiliki 15 lokasi potensial yang dapat digunakan sebagai penampungan sementara. Desa Karanggandu memiliki potensi jumlah penduduk terpapar bencana tsunami sebanyak 7.169 jiwa. Skoring dilakukan untuk memperoleh bangunan yang sangat sesuai, cukup sesuai dan kurang sesuai, nilai skoring diperoleh dari penentuan penampungan sementara terkait kondisi eksisting.

**Tabel 10. Skoring Penentuan Penampungan Sementara Bencana Tsunami Desa Karanggandu**

Kode	Nama	Skoring							Total Skoring	Klasifikasi
		A	B	C	D	E	F	G		
B1	Kantor Kepala Desa Karanggandu	3	1	2	2	3	2	3	16	Kurang Sesuai
A1	Masjid Ar - Rohim	4	1	3	3	1	4	3	19	Cukup Sesuai
C1	SDN 02 Karanggandu	4	1	3	2	3	1	3	17	Kurang Sesuai
C2	SDN 04 Karanggandu	4	1	2	2	1	1	3	14	Kurang Sesuai
C3	MI Karanggandu	4	4	4	4	2	3	3	24	Sangat Sesuai
A2	Masjid Darus Tsanawi	4	4	3	3	2	3	3	22	Sangat Sesuai
A3	Masjid Baitus Salam Gandu	4	1	3	2	2	3	3	18	Cukup Sesuai
A4	Masjid dan PONPES Darul Ulum	4	4	4	4	1	3	3	23	Sangat Sesuai
A5	Masjid Al Falaq	4	1	1	2	1	3	3	15	Kurang Sesuai
A6	Masjid Al-Amin	4	1	3	2	3	4	3	20	Cukup Sesuai
A7	Masjid At Taubat	4	1	1	2	1	1	3	13	Kurang Sesuai
A8	Masjid Ar - Rahman	4	1	3	2	2	3	3	18	Cukup Sesuai
A9	Masjid Darul Falaq	4	1	3	2	1	4	3	18	Cukup Sesuai
A10	Masjid Baiturrohimi	4	1	1	2	3	2	3	16	Kurang Sesuai
A11	Masjid At-Tanwir	4	1	1	2	3	1	3	15	Kurang Sesuai

A = Skoring untuk Fungsi Bangunan (Guna Lahan)

B = Skoring untuk Jumlah Lantai Bangunan

C = Skoring untuk Luas Lantai Bangunan

D = Skoring untuk Kapasitas Bangunan

E = Skoring untuk Lokasi dari Jalan

F = Skoring untuk Lokasi dari Bibir pantai

G = Skoring untuk Kontruksi Bangunan

Terkait skoring penentuan penampungan sementara, dari 15 penampungan sementara potensial diperoleh 3 lokasi yang sangat sesuai, 5 lokasi cukup sesuai, dan 7 lokasi kurang sesuai. Dari 15 penampungan sementara potensial, 8 lokasi penampungan sementara yang sangat sesuai dan cukup sesuai dipilih sebagai penampungan sementara bencana tsunami di Desa Karanggandu. Berdasarkan pertimbangan daya tampung penduduk terdampak, 8 lokasi penampungan sementara yang dipilih memiliki daya tampung 7.169 jiwa sehingga sudah bisa memenuhi kebutuhan jumlah penduduk terdampak sebanyak 7.169 jiwa. Penampungan sementara dengan klasifikasi sangat sesuai diantaranya adalah MI Karanggandu, Masjid Darus Tsanawi, serta Masjid dan Ponpes

Darul Ulum dimana ketiga bangunan tersebut memiliki dua lantai bangunan. Penampungan sementara dengan klasifikasi cukup sesuai diantaranya Masjid Ar-Rohim, Masjid Baitus Salam Gandu, Masjid Al-Amin, Masjid Ar-Rohman, dan Masjid Darul Falaq dimana kelima bangunan tersebut memiliki satu lantai bangunan namun berjarak cukup jauh dari bibir pantai.

Desa Prigi memiliki 16 lokasi potensial yang dapat digunakan sebagai penampungan sementara. Desa Prigi memiliki potensi jumlah penduduk terpapar bencana tsunami sebanyak 7.508 jiwa. Skoring dilakukan untuk memperoleh bangunan yang sangat sesuai, cukup sesuai, dan kurang sesuai. Nilai skoring diperoleh dari penentuan penampungan sementara terkait kondisi eksisting.

**Tabel 11. Skoring Penentuan Penampungan Sementara Bencana Tsunami Desa Prigi**

Kode	Nama	Skoring							Total Skoring	Klasifikasi
		A	B	C	D	E	F	G		
A1	Masjid Besar An-Nur	4	1	1	2	3	2	3	16	Kurang Sesuai
C1	SMK Muhammadiyah Watulimo	4	2	2	4	1	2	3	18	Cukup Sesuai
D1	Puskesmas Watulimo	4	2	1	4	3	2	3	19	Sangat Sesuai
C2	SMP Negeri 01 Watulimo	4	1	4	4	3	2	3	21	Sangat Sesuai
B1	Kantor Kepala Desa Prigi	3	1	1	2	4	2	3	16	Kurang Sesuai
C3	MTS Negeri 04 Trenggalek	4	1	2	4	2	3	3	19	Sangat Sesuai
A2	Masjid Romadlon	4	1	1	1	1	3	3	14	Kurang Sesuai
A3	Masjid Baitul Muslimin	4	1	1	1	1	4	3	15	Kurang Sesuai
C4	SMK Negeri 01 Watulimo	4	1	3	4	1	4	3	20	Sangat Sesuai
C5	MIN PRIGI I	4	2	2	4	1	4	3	20	Sangat Sesuai
A4	Masjid Nurul Huda	4	1	1	2	1	4	3	16	Kurang Sesuai
E1	Telkom Prigi	3	1	2	3	3	1	3	16	Kurang Sesuai
A5	Masjid Jamiatul Muslimin	4	2	1	2	3	1	3	16	Kurang Sesuai
C6	MI PRIGI II	4	2	1	3	3	1	3	17	Cukup Sesuai
B2	Koramil Kecamatan Watulimo	3	1	1	3	3	2	3	16	Kurang Sesuai
B3	Kantor Kecamatan Watulimo	3	1	1	2	3	2	3	15	Kurang Sesuai

Terkait skoring penentuan penampungan sementara, dari 16 penampungan sementara potensial diperoleh 5 lokasi sangat sesuai, 3 lokasi cukup sesuai, dan 8 lokasi kurang sesuai. Dari 16 penampungan sementara potensial, 5 lokasi penampungan sementara yang sangat sesuai dan cukup sesuai dipilih sebagai penampungan sementara bencana tsunami di Desa Prigi. Berdasarkan pertimbangan daya tampung penduduk terdampak, 6 lokasi penampungan sementara yang dipilih memiliki daya tampung 11.321 jiwa sehingga sudah bisa memenuhi kebutuhan jumlah penduduk terdampak sebanyak 7.508 jiwa. Penampungan sementara dengan klasifikasi sangat sesuai diantaranya adalah SMK Muhammadiyah Watulimo, Puskesmas Watulimo, SMK Negeri 01 Watulimo, dan MIN Prigi I. Penampungan Sementara dengan klasifikasi cukup sesuai diantaranya Masjid Jami'atul Muslimin dan MIN Prigi II. Semua penampungan sementara Desa Prigi yang dipilih memiliki dua lantai bangunan dan sebagian besar terletak di sisi jalan utama. SMP Negeri 1 Watulimo memiliki klasifikasi sangat sesuai namun tidak dipilih karena diutamakan bangunan yang memiliki jumlah lantai lebih dari satu.

Desa Tasikmadu memiliki 18 lokasi penampungan sementara potensial yang dapat digunakan sebagai penampungan sementara. Desa Tasikmadu Kecamatan Watulimo memiliki potensi jumlah penduduk terpapar bencana tsunami sebanyak 12.155 jiwa. Skoring dilakukan untuk memperoleh bangunan yang sangat sesuai, cukup sesuai dan kurang sesuai, nilai skoring diperoleh dari penentuan penampungan sementara terkait kondisi eksisting.

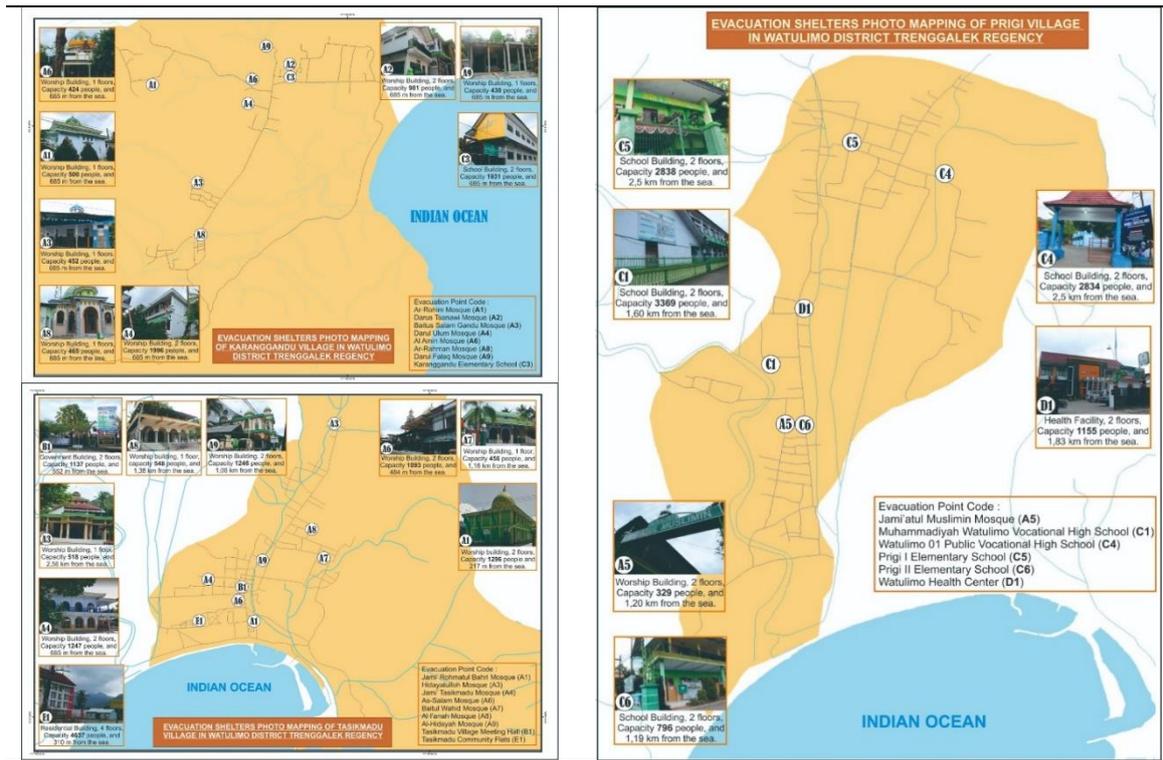
**Tabel 12. Skoring Penentuan Penampungan Sementara Bencana Tsunami Desa Tasikmadu**

Kode	Nama	Skoring							Total Skoring	Klasifikasi
		A	B	C	D	E	F	G		
B1	Kantor Desa Tasikmadu	3	4	2	4	4	1	3	21	Sangat Sesuai
A1	Masjid Jami' Rohmatul Bahri	4	4	3	4	4	1	3	23	Sangat Sesuai
A2	Masjid Al Istiqomah	4	1	1	1	3	1	3	14	Kurang Sesuai
A3	Masjid Hidayatulloh	4	1	2	3	3	4	3	20	Cukup Sesuai
C1	SDN 01 Tasikmadu	4	1	3	3	3	1	3	18	Cukup Sesuai
C2	SDN 02 Tasikmadu	4	1	3	3	3	1	3	18	Cukup Sesuai
B2	Bank Jatim	3	1	1	1	3	1	3	13	Kurang Sesuai
D1	Lapangan Desa Tasikmadu	3	1	4	4	1	1	0	14	Kurang Sesuai
E1	Rusunawa Desa Tasikmadu	2	4	4	4	3	1	3	21	Sangat Sesuai
A4	Masjid Jami' Tasikmadu	4	4	3	4	2	1	3	21	Sangat Sesuai
C3	SDN 03 Tasikmadu	4	1	3	3	3	1	3	18	Cukup Sesuai
F1	Pasar Baru Tasikmadu	3	1	4	4	1	1	3	17	Cukup Sesuai
A5	Masjid Agung Al Fatah	4	1	1	2	1	1	3	13	Kurang Sesuai
A6	Masjid As-Salam	4	4	2	4	4	1	3	22	Sangat Sesuai
A7	Masjid Baitul Wahid	4	1	3	3	3	2	3	19	Cukup Sesuai
A8	Masjid Al-I'annah	4	1	2	3	3	3	3	19	Cukup Sesuai
A9	Masjid Al Hidayah	4	4	3	4	4	2	3	24	Sangat Sesuai
A10	Masjid Da'watul Muttaqin	4	1	1	1	1	2	3	13	Kurang Sesuai

Terkait skoring penentuan penampungan sementara, dari 18 penampungan sementara potensial diperoleh 6 lokasi sangat sesuai, 7 lokasi cukup sesuai, dan 5 lokasi kurang sesuai. Dari 18 penampungan sementara potensial, 9 lokasi penampungan sementara yang sangat sesuai dan cukup sesuai dipilih sebagai penampungan sementara bencana tsunami di Desa Tasikmadu. Berdasarkan pertimbangan daya tampung penduduk terdampak, 9 lokasi penampungan sementara yang dipilih memiliki daya tampung 12.178 jiwa sehingga sudah bisa memenuhi kebutuhan jumlah penduduk terdampak sebanyak 12.155 jiwa. Penampungan sementara dengan klasifikasi sangat sesuai diantaranya adalah Kantor Desa Tasikmadu, Masjid Jami' Rohmatul Bahri, Rusunawa Desa Tasikmadu, Masjid Jami' Tasikmadu, Masjid As Salam, dan Masjid Al Hidayah, dimana kelima bangunan tersebut memiliki jumlah lantai bangunan sebanyak dua dan satu bangunan lainnya yang memiliki empat lantai bangunan. Penampungan sementara dengan klasifikasi cukup sesuai diantaranya Masjid Hidayatulloh, Masjid Al I'annah, dan Masjid Baitul Wahid, dimana ketiga bangunan tersebut hanya memiliki satu lantai bangunan namun memiliki jarak berada jauh dari bibir pantai. 4 bangunan lainnya memiliki klasifikasi cukup sesuai namun tidak dipilih karena lokasi penampungan sementara yang terpilih sudah dapat menampung penduduk Desa Tasikmadu sehingga hanya diambil 9 lokasi penampungan sementara dengan total nilai skoring tertinggi.

### Skoring Jalur Evakuasi

Desa Karangandu memiliki luas 5.287 Ha dan populasi 7.237 penduduk. Berdasarkan hasil analisis jaringan oleh ArcGIS, Desa Karangandu memiliki 12 rute evakuasi ke 8 penampungan sementara terpilih. Desa Prigi memiliki luas 777 Ha, dan penduduk 7.564 jiwa. Desa Prigi memiliki 10 rute evakuasi ke 6 penampungan sementara terpilih. Desa Tasikmadu memiliki luas 2.845 Ha dan populasi 12.312 penduduk. Desa Tasikmadu memiliki 14 rute evakuasi ke 9 penampungan sementara terpilih.



Gambar 4. Penampungan Sementara Bencana Tsunami Kecamatan Watulimo

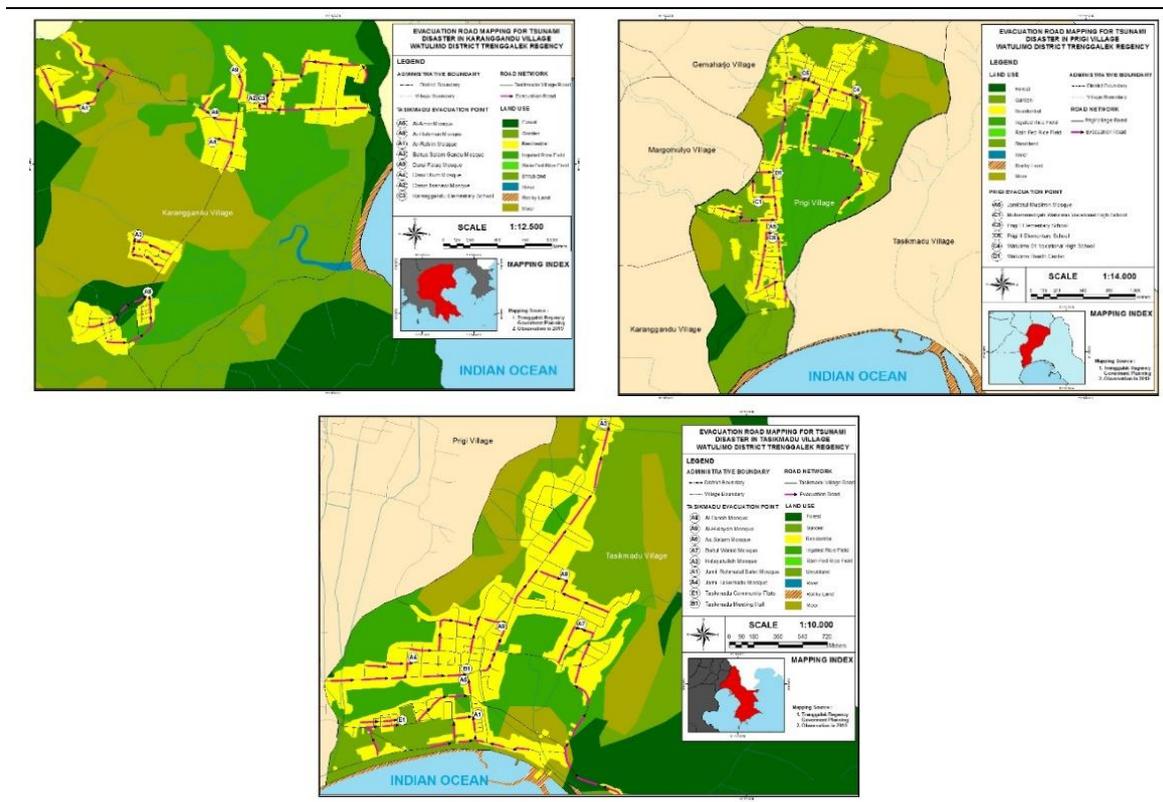


Figure 5. Jalur Evakuasi Bencana Tsunami Kecamatan Watulimo

## KEAIMPULAN

Kesimpulan atas tujuan penelitian yang dikemukakan di pendahuluan dirangkum menjadi poin-poin berikut: kawasan yang paling rawan bencana tsunami adalah Desa Prigi karena memiliki topografi terendah dibandingkan dengan dua desa lainnya. Bangunan sarana publik bertingkat >1 seperti rusunawa, sarana RTH dan olahraga (lapangan); sarana perdagangan dan jasa (pasar); sarana peribadatan (masjid); sarana pendidikan (SD, MI, SMP, MTS, dan SMK); sarana pemerintahan dan pelayanan umum (kantor desa, kantor kecamatan, koramil, bank, dan telkom); serta sarana kesehatan (puskesmas) yang ada di Kecamatan Watulimo dapat dimanfaatkan sebagai penampungan sementara saat terjadi bencana tsunami. Berdasarkan analisis, penampungan sementara yang diperoleh sudah dapat mengakomodasi populasi di kawasan rawan bencana tsunami. Jalur evakuasi yang dapat digunakan di Kecamatan Watulimo adalah jalan-jalan yang sudah ada. Namun perlu adanya perbaikan jalan pada kondisi jalan rusak/ berlubang, pelebaran jalan, penambahan jalan baru untuk mempermudah proses evakuasi korban bencana menuju lokasi evakuasi. Serta melakukan perawatan jalan secara rutin pada jalan-jalan yang akan digunakan sebagai jalur evakuasi, sehingga jalan tersebut selalu dalam kondisi baik.

## PERNYATAAN RESMI

Tim peneliti mengucapkan terimakasih kepada Kementerian Riset dan Teknologi/ Badan Riset dan Inovasi Nasional yang telah mendanai kegiatan penelitian melalui skema Penelitian Tesis Magister.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Trenggalek. (2019). Kecamatan Watulimo dalam Angka 2019. Badan Pusat Statistik Kabupaten Trenggalek
- Horspool, N., Pranantyo, I.R., Griffin, J., Latoef, H., Natawidjaja, D., Kongko, W., Cipta, A., Bustamam, Anugrah, S.D., & Thio, H.K. (2013). A National Tsunami Hazard Assessment for Indonesia. Commonwealth of Australia
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2010). Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 39 Tahun 2011 tentang Perubahan Atas Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor KEP.32/MEN/2010 tentang Penetapan Kawasan Minapolitan. Kementerian Kelautan dan Perikanan
- Kurniawan, E.B., Usman, F., & Hariyani, S. (2011). Strategy on Housing and Settlement Land Use Planning for Assessment Impact of Tsunami in Pacitan City of Indonesia. *International Journal of Academic Research*. 3 (2): 767-770
- Murakami, K. & Usman, F. (2013). Reduction of Tsunami Inundation Energy by the Modification of Coastal Topography based on Local Wisdom. *Proceedings of the 7th International Conference on Asian and Pacific Coasts*: 574-581
- Pemerintah Kabupaten Trenggalek. (2010). Keputusan Bupati Trenggalek Nomor 188.45/787/046.013/2010. Pemerintah Kabupaten Trenggalek
- Pemerintah Kabupaten Trenggalek. (2012). Peraturan Daerah Kabupaten Trenggalek Nomor 15 Tahun 2012 tentang Rencana tata Ruang Wilayah Kabupaten Trenggalek Tahun 2012-2032. Pemerintah Kabupaten Trenggalek
- Sakakiyama, T. dan Kajima, R. (1992). Numerical Simulation Nonlinear Waves Interacting with Permeable Breakwaters. *Proceedings of the 23rd International Conference on Coastal Engineering, ASCE*: 1517-1530
- Sarwono, J. (2012). Metode Riset Skripsi: Pendekatan Kuantitatif (Menggunakan Prosedur SPSS). PT Elex Media Komputindo
- Sturges, H.A. (1926). The Choice of a Class Interval. *Journal of the American Statistical Association*. 21 (153). 65-66
- Sugiyono. (2012). Memahami Penelitian Kualitatif. Alfabeta
- Suharyanto, A., Pujiraharjo, A., Usman, F., Murakami, K., & Deguchi C. (2012). Predicting Tsunami Inundated Area and Evacuation Road based on Local Condition Using GIS. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*. 1 (4): 5-11

- Usman F., Murakami, K., Hariyani, S., Kurniawan, E.B., & Shoimah, F. (2019). Tsunami Disaster Mitigation Analysis on the Shore of Java Island using CADMAS/Surf Numerical Simulations. *Disaster Advances*. 12 (2): 1-5
- Usman, F. & Murakami, K. (2012). Study on Reducing Tsunami Inundation Energy by the Modification of Topography based on Local Wisdom. *Journal of Japan Society of Civil Engineers Ser. B3 (Ocean Engineering)*. 68 (2): I\_66-I\_77
- Usman, F. & Murakami, K. (2012). SWOT and Shelter Plan Analysis for Mitigating Tsunami Disaster -A Case Study in Pacitan, East Java, Indonesia-. *Journal of Japan Society of Civil Engineers Ser. B3 (Ocean Engineering)*. 67 (2): I\_595-I\_600
- Usman, F. & Rahim, S.E. (2017). Investigate the Effectiveness of Seawall Construction using CADMAS Surf 2D. *MATEC Web of Conferences*. 97 (01065): 1-8. DOI: 10.1051/mateconf/20179701065
- Usman, F. & Sari, I.C. (2019). Determining the Location of Shelters for Tsunami Evacuation Based on Service Area Analysis in Paseban Village, Kencong Sub-District, Jember District. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 328 (012039): 1-8. doi:10.1088/1755-1315/328/1/012039
- Usman, F. (2019). Predicting the Vulnerable Area of Tsunami Hazard Using CADMAS Surf 3D Case Study: Kolaka City, Southern Sulawesi, Indonesia. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 620 (012028): 1-8. doi:10.1088/1755-1315/328/1/012039
- Usman, F., Murakami, K., & Kurniawan, E.B. (2014). Study on Reducing Tsunami Inundation Energy by the Modification of Topography based on Local Wisdom. *Procedia Environmental Sciences*. 20: 642-650
- Usman, F., Murakami, K., Wicaksono, A.D., & Setiawan, E. (2017). Application of Agent-Based Model Simulation for Tsunami Evacuation in Pacitan, Indonesia. *MATEC Web of Conferences*. 97 (01064): 157-165. DOI: 10.1051/mateconf/20179701064
- Usman, F., Wicaksono, A.D., & Setiawan, E. (2016). Evaluation of the Reduction of Tsunami Damages Based on Local Wisdom Contermeasures in Indonesia. *Review of European Studies*. 8 (1): 157-165
- Wicaksono, A.D. & Usman, F. (2020). Investigation of Tsunami Impacted Area from Anak Krakatoa Volcanic Eruption. *International Journal of GEOMATE*. 19 (71): 235-241. doi:10.1088/1757-899X/620/1/012028