



KAJIAN MITIGASI TSUNAMI BERBASIS VEGETASI DI PANTAI SEGER, KAWASAN EKONOMI KHUSUS MANDALIKA, PULAU LOMBOK

Oleh

Slamet Mardiyanto Rahayu¹⁾ & Arista Suci Andini²⁾

^{1,2}Universitas Islam Al-Azhar

Jl. Unizar No. 20, Turida, Sandubaya, Mataram, Nusa Tenggara Barat

Email: ¹slamet.mardiyantorahayu84@gmail.com & ²ariezthaaa@yahoo.com

Abstrak

Pantai Seger merupakan salah satu pantai yang berada di Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Mandalika, Pulau Lombok yang rentan terhadap bencana tsunami. Apalagi vegetasi di Pantai Seger banyak mengalami degradasi. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui jenis-jenis tumbuhan (vegetasi) yang berpotensi dalam mitigasi tsunami di Pantai Seger, KEK Mandalika, Pulau Lombok. Penelitian dilakukan dengan metode eksplorasi (jelajah). Berdasarkan penelitian dapat diketahui bahwa tumbuhan yang berpotensi dalam mitigasi tsunami di Pantai Seger, KEK Mandalika, Pulau Lombok adalah *Pandanus* sp, *Hibiscus tiliaceus*, *Rhizophora* sp. dan *Sonneratia* sp.

Kata Kunci: Mitigasi, Tsunami, Vegetasi & Pantai Seger

PENDAHULUAN

Pantai Seger merupakan salah satu pantai yang berada di Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Mandalika. KEK Mandalika terletak di bagian Selatan Pulau Lombok dengan luas area sebesar 1.035,67 Ha dan menghadap Samudera Hindia (Dewan Nasional Kawasan Ekonomi Khusus Republik Indonesia, 2018).

Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Mandalika berada di Kabupaten Lombok Tengah yang terletak di Pulau Lombok, Provinsi Nusa Tenggara Barat, Indonesia. Beberapa ratus kilometer di sebelah selatan Pulau Lombok terdapat salah satu zona pertemuan lempeng tektonik besar, yang menjadi sumber utama gempabumi berpotensi tsunami. Lombok juga rentan terhadap tsunami dari patahan busur belakang (*back arc*), yang menghadap bagian utara Pulau Lombok. Frekuensi gempa bumi dangkal dan besar di Nusa Tenggara yang relatif tinggi, secara alami terdapat potensi risiko tsunami yang mempengaruhi daerah pesisir selatan dan utara Nusa Tenggara Barat. Selain zona subduksi di Patahan Sunda dan Patahan busur belakang, dua sumber bahaya tsunami lainnya telah diidentifikasi, yaitu longsor bawah laut dan aktivitas gunung berapi. Longsor bawah laut sering dikaitkan dengan gempa bumi. Jika

longsoran terjadi selama gempa bumi, hal tersebut dapat meningkatkan energi tsunami dan karena itu menambah efek terangkat oleh gerakan tektonik pada zona subduksi atau busur belakang (juga disebabkan oleh gempa bumi) (Mueck, 2013).

Pantai Seger, KEK Mandalika memiliki keanekaragaman vegetasi yang mengalami degradasi akibat konversi lahan menjadi kawasan wisata, pemukiman, dan berbagai aktivitas antropogenik lainnya. Hal ini dikhawatirkan akan berdampak pada berkurangnya kemampuan dan ketahanan wilayah apabila ada gelombang tinggi (tsunami). Dengan kondisi geologis Pulau Lombok yang rawan tsunami dan adanya degradasi lingkungan di Pantai Seger, KEK Mandalika maka perlu dilakukan penelitian berupa kajian mitigasi tsunami berbasis vegetasi di Pantai Seger, KEK Mandalika, Pulau Lombok.

LANDASAN TEORI

Pantai merupakan sebuah potensi alam yang sering sekali dijadikan sebagai daya tarik wisata. Indonesia dengan kekayaan alami yang beragam serta pulaunya yang berjumlah belasan ribu tentu memiliki banyak sekali pantai (Fani, 2018). Pesisir merupakan wilayah yang memiliki fungsi penting untuk kegiatan manusia. Wilayah



ini sering difungsikan sebagai pemukiman, industri, pelabuhan, pertambangan, pertanian serta pariwisata (Dhiauddin dkk., 2017).

Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Mandalika adalah Proyek Strategis Nasional dan salah satu KEK yang dikembangkan oleh Pemerintah RI, bekerjasama dengan Pemerintah Provinsi Nusa Tenggara Barat dan Kabupaten Lombok Tengah pada Sektor Pariwisata untuk mengakselerasi pertumbuhan sektor pariwisata Provinsi NTB (BPKP NTB, 2018).

KEK Mandalika diharapkan dapat mengakselerasi sektor pariwisata Provinsi Nusa Tenggara Barat yang sangat potensial. KEK Mandalika menawarkan wisata bahari dengan pesona pantai dan bawah laut yang memukau. Setiap tahunnya, masyarakat Lombok Tengah merayakan upacara Bau Nyale, yaitu ritual mencari cacing laut yang dipercaya sebagai jelmaan dari Putri Mandalika. Perayaan ini merupakan budaya yang unik dan menarik wisatawan baik lokal maupun internasional. KEK Mandalika memiliki konsep pengembangan pariwisata berwawasan lingkungan dengan pembangunan obyek-obyek wisata dan daya tarik wisata yang selalu berorientasi kepada kelestarian nilai dan kualitas lingkungan hidup yang ada di masyarakat (Dewan Nasional Kawasan Ekonomi Khusus Republik Indonesia, 2018).

Indonesia, Sri Lanka, India dan Maladewa merupakan negara yang rentan terhadap bencana tsunami (Shaw *et al.*, 2009). Tanaka (2011) menyebutkan bahwa tsunami merupakan salah satu bencana alam yang dapat menyebabkan kerusakan besar yang membahayakan kehidupan manusia dan kondisi sosial ekonomi. Telah terjadi bencana gempabumi yang disertai tsunami besar di beberapa daerah di Indonesia, seperti di Teluk Palu (Muhari *et al.*, 2018), Aceh (Borreo *et al.*, 2006; Lay *et al.*, 2005; Subarya *et al.*, 2006), dan Banten (International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, 2018).

Berdasarkan hal tersebut, upaya untuk mengurangi atau meminimalisasi dampak yang ditimbulkan oleh tsunami mengingat sifat

merusak yang sangat besar menjadi sangat penting. Berdasarkan Peraturan Menteri Dalam Negeri No. 33 Tahun 2006 tentang Pedoman Umum Mitigasi Bencana bahwa kegiatan mitigasi bencana di daerah dilaksanakan untuk mengetahui potensi bencana yang ada di daerah dan melakukan upaya antisipasi penanganannya. Pengurangan resiko melalui mitigasi dilakukan sebelum bencana terjadi, sehingga masyarakat dapat terhindar dari resiko bencana (Kementerian Dalam Negeri, 2006).

Vegetasi merupakan paduan dari berbagai jenis tumbuhan yang tumbuh di suatu kawasan tertentu. Perbedaan lingkungan tempat hidup tumbuhan akan memberikan pola vegetasi yang berbeda (Henuhili dkk., 2010).

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan metode eksplorasi (jelajah) di Pantai Seger, KEK Mandalika, Kabupaten Lombok Tengah (pada posisi geografis 8°54'25''S dan 116°17'49''E).

Pantai Seger memiliki substrat pasir putih dengan suhu 28°C dan pH berkisar antara 6-7, kelembaban udara berkisar antara 71-74%, suhu udara berkisar antara 28-29°C, dan jarak garis pantai ke vegetasi berkisar 30-34 m.

Penelitian dilakukan pada dua lokasi, yaitu area pantai (selatan bukit) dan area dalam (utara bukit). Penelitian dilakukan dengan mendata jenis-jenis tumbuhan yang sesuai untuk ditanam sebagai upaya mitigasi bencana tsunami berbasis vegetasi di Pantai Seger. Identifikasi jenis tumbuhan mengacu pada *The Book of Flora* (Van Steenis, 2005) dan Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia (Noor dkk., 2012). Hasil penelitian kemudian dianalisis secara deskriptif.

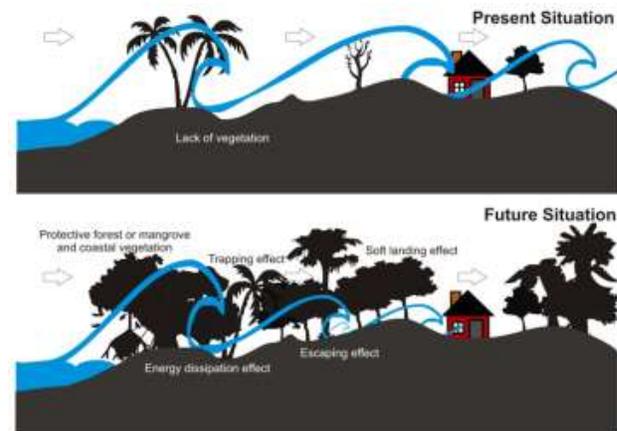


Gambar 1. Lokasi penelitian di Pantai Seger



misalnya sebagai *soft-landing effect*, *trapping effect*, dan *escaping effect*.

Gambar 3. Fungsi Vegetasi Saat Tsunami



HASIL DAN PEMBAHASAN

Kawasan pesisir seperti Pantai Seger, KEK Mandalika, Pulau Lombok mempunyai karakteristik dengan kondisi angin yang kencang dan mengandung garam, bahkan sesekali tergenang dengan air laut. Kencangnya angin laut ke darat dengan kandungan garam menyebabkan kandungan garam tanah pasir di sekitar pantai lebih tinggi dibandingkan daerah pedalaman. Kandungan garam tanah akan makin berkurang semakin jauh dari pantai. Pasir yang dominan di wilayah pesisir menyebabkan tumbuhan yang dapat hidup adalah tumbuhan yang tahan kekeringan. Tumbuh-tumbuhan ini dapat bertahan hidup terutama pada musim kemarau dengan kelembaban minimal atau embun pada malam hari.

Berdasarkan penelitian diperoleh sebanyak lima (5) jenis tumbuhan di Pantai Seger.

Tabel 1. Jenis-Jenis Tumbuhan di Pantai Seger

Jenis Tumbuhan	Kepadatan individu/hektar	Lokasi
<i>Pandanus</i> sp	1977	Selatan bukit
<i>Calotropis gigantea</i>	520	Selatan bukit
<i>Hibiscus tiliaceus</i>	100	Selatan bukit
<i>Rhizophora</i> sp.	25	Utara bukit
<i>Sonneratia</i> sp.	19	Utara bukit

Gambar 2. Pantai Seger, KEK Mandalika



Tumbuhan yang berpotensi dalam mitigasi tsunami di Pantai Seger adalah *Pandanus* sp, *Hibiscus tiliaceus*, *Rhizophora* sp. dan *Sonneratia* sp. Tumbuhan mangrove (*Rhizophora* sp. dan *Sonneratia* sp.) di area dalam (utara bukit) di Pantai Seger telah banyak mengalami degradasi. Padahal tumbuhan mangrove sangat berpotensi dalam mitigasi tsunami.

Vegetasi pesisir memiliki peran penting dalam pembangunan masyarakat pesisir dan menjaga lingkungan pesisir. Luas, kerapatan, umur, dan tinggi vegetasi pesisir dapat mengurangi dampak negatif tsunami. Beberapa vegetasi berfungsi ketika terjadi tsunami,

Tumbuhan *Pandanus tectorius* memiliki tinggi 4-5 meter, diameter batang 9,1-14 cm, dan akar tunjang. Daun tunggal dengan ujung runcing, dan tepi daun berduri tajam. Permukaan atas daun berwarna hijau sedangkan permukaan



bawah daun berwarna hijau kekuningan. Tumbuhan *Pandanus odoratissimus* berukuran sedang hingga besar dengan tinggi dapat mencapai 15 m. Akar penopang tampak jelas, mencapai tinggi 1 m atau lebih, berbintil tajam. Helaian daun agak berlilin putih dengan ujung meruncing dan tepi daun berduri. Tanaka *et al.* (2007) dan Thuy *et al.* (2011) menyatakan bahwa tumbuhan *Pandanus odoratissimus* punya banyak akar udara sehingga dapat tetap tegak berdiri saat ada tsunami dengan ketinggian kurang dari 5 m. Hal ini berarti *Pandanus* merupakan salah satu tumbuhan yang dapat berperan dalam mitigasi tsunami.

Tumbuhan *Hibiscus tiliaceus* memiliki habitus berupa pohon dan tingginya dapat mencapai 15 m serta kulit kayunya berwarna coklat keabu-abuan. Daun berbentuk seperti hati dengan ujung meruncing. Permukaan bawah daun berambut halus dan berwarna agak putih. Bunga berbentuk lonceng terletak di ketiak daun dengan mahkota bunga berwarna kuning.

Efek mitigasi pada simulasi hutan pesisir dengan pohon *Hibiscus tiliaceus* di Sissano, Papua Nugini menunjukkan pengurangan substansial dalam kedalaman genangan dan kekuatan hidrolis. Penurunan maksimum gaya hidrolis untuk satu lokasi adalah 275.000 N/m menjadi 900.000 N/m, atau sekitar 67% pengurangan, dengan penghalang hutan dari empat pohon *H.tiliaceus* besar per 100 m² (Hiraishi and Harada, 2003).

Tumbuhan *Rhizophora apiculata* termasuk mangrove sejati berupa pohon dengan ketinggian mencapai 30 m. Perakaran yang khas hingga mencapai ketinggian 5 meter, dan kadang-kadang memiliki akar udara yang keluar dari cabang. Kulit kayu berwarna abu-abu tua. Daun berwarna hijau tua dengan hijau muda pada bagian tengah dan kemerahan di bagian bawah. Daun berbentuk elips menyempit dengan ujung meruncing. Bunga terletak di ketiak daun. Mahkota bunga berwarna kuning putih. Kelopak bunga berwarna kuning kecoklatan. Buah kasar berbentuk bulat memanjang.

Tumbuhan *Rhizophora mucronata* termasuk mangrove sejati berupa pohon dengan

tinggi mencapai 27 m. Batang dengan kulit kayu berwarna gelap hingga hitam dan terdapat celah horizontal. Akar tunjang dan akar udara yang tumbuh dari percabangan bagian bawah. Daun berkulit dengan tangkai daun berwarna hijau. Daun berbentuk elips melebar hingga bulat memanjang dengan ujung meruncing. Bunga terletak di ketiak daun. Mahkota bunga berwarna putih. Kelopak bunga berwarna kuning. Buah berbentuk lonjong/panjang hingga berbentuk telur berukuran dan berwarna hijau kecoklatan.

Tumbuhan *Rhizophora stylosa* termasuk mangrove sejati berupa pohon dengan ketinggian mencapai 10 m. Kulit kayu halus, bercelah, berwarna abu-abu hingga hitam. Akar tunjang dengan panjang hingga 3 m dan akar udara yang tumbuh dari cabang bawah. Daun berbintik teratur di lapisan bawah, tangkai daun berwarna hijau. Daun berbentuk elips melebar dengan ujung meruncing. Bunga terletak di ketiak daun dan berkelompok. Mahkota bunga berwarna putih. Kelopak bunga berwarna kuning hijau. Buah berwarna coklat.

Struktur padat dari akar-akar penyangga pohon *Rhizophora* yang memanjang di sekelilingnya (Jayatissa *et al.*, 2002) berkontribusi pada ketahanan aliran tsunami bahkan di tanah lunak dan daerah pasang surut. Berdasarkan survei lapangan di Sri Lanka dan Pantai Andaman, Tanaka *et al.* (2007) melaporkan bahwa *Rhizophora apiculata* dan *Rhizophora mucronata* sangat efektif dalam memberikan perlindungan dari kerusakan akibat tsunami karena struktur akar udaranya yang kompleks. Temuan serupa juga dilaporkan oleh Dahdouh-Guebas *et al.* (2005) untuk bakau di Sri Lanka dan Yanagisawa *et al.* (2009a, 2009b) untuk bakau di Thailand setelah tsunami Samudra Hindia pada tahun 2004.

Tumbuhan *Sonneratia alba* termasuk mangrove sejati berupa pohon dengan ketinggian hingga 15 m. Kulit kayu berwarna putih tua hingga coklat, dengan celah longitudinal yang halus. Akar berbentuk kabel di bawah tanah dan muncul ke permukaan sebagai akar nafas yang berbentuk kerucut tumpul dan tingginya mencapai 25 cm. Daun berbentuk bulat telur



terbalik dengan ujung membundar. Bunga majemuk terletak di ujung atau pada cabang kecil. Mahkota bunga berwarna putih. Kelopak bunga bagian luar berwarna hijau sedangkan bagian dalam berwarna kemerahan. Bunga berbentuk lonceng. Benang sari banyak dengan ujung berwarna putih dan pangkalnya berwarna kuning. Buah berbentuk seperti bola.

Tumbuhan *Sonneratia caseolaris* termasuk mangrove sejati berupa pohon dengan ketinggian mencapai 15 m. Akar nafas vertikal seperti kerucut (tinggi hingga 1 m) yang banyak dan sangat kuat. Daun dengan tangkai daun berwarna kemerahan. Bentuk daun bulat memanjang dengan ujung membundar. Bunga terletak di ujung dengan formasi berkelompok. Mahkota bunga berwarna merah. Kelopak bunga bagian luar berwarna hijau sedangkan bagian dalam berwarna putih kekuningan hingga kehijauan. Benang sari banyak dengan ujung berwarna putih dan pangkal berwarna merah. Buah berbentuk seperti bola.

Baba (2004) dan Dahdouh-Guebas *et al.* (2005) melaporkan bahwa tumbuhan mangrove sejati seperti *Sonneratia* spp. memiliki penyangga lebar atau akar lutut, juga berdiri kokoh terhadap gelombang laut. Studi ini juga menemukan bahwa *Sonneratia alba* berperan besar dalam mitigasi tsunami.

Rahayu dkk. (2016) menyatakan bahwa dalam rangka mengurangi bahaya tsunami dan sekaligus untuk melindungi wilayah pesisir dari ancaman abrasi, angin laut, penyusupan air asin ke arah daratan, menyerap bahan pencemar, serta mempertahankan produktivitas pantai dan laut, perlu dibuat zona perlindungan wilayah pesisir dengan pembangunan hutan mangrove ataupun hutan pantai.

Ekosistem kawasan pesisir akan semakin stabil jika semakin tertutup oleh hutan mangrove. Permasalahan lingkungan muncul di kawasan-kawasan pesisir yang hutan mangrovenya telah dirusak manusia. Kerusakan wilayah pesisir ini semakin diperparah akibat hancurnya hutan mangrove, ataupun karena kegiatan lain yang secara ekologis dapat menimbulkan kelongsoran pantai. Kerugian yang ditimbulkan sangat

kompleks, yang meliputi aspek ekonomi, sosial, dan ekologi. Secara ekologis, wilayah pesisir memiliki cakupan batas yang sangat luas, yaitu bukan hanya kawasan daratannya saja, tetapi juga mencakup kawasan laut. Dengan demikian, wilayah pesisir dapat mencakup ekosistem padang lamun hingga ekosistem terumbu karang. Sebagai satu kesatuan ekologis, maka berbagai komponennya mempunyai hubungan timbal balik yang sangat kuat. Hal ini berarti bahwa rusaknya hutan mangrove, bukan hanya berdampak terhadap berkurangnya kemampuan menahan kekuatan tsunami, tetapi juga akan memberi dampak secara luas terhadap ekosistem darat maupun ekosistem laut (Rahayu dkk., 2016).

JICA (1999) memberikan contoh tentang lebar jalur hijau yang dibedakan atas dasar kondisi ombak. Di Suaka Alam Matang (Malaysia), lebar jalur hijau di sepanjang pantai Selat Malaka adalah 200 m, karena ombak yang kuat. Sementara lebar jalur hijau yang diatur untuk muara sungai dengan lebar 100 m adalah 20 m. Pada muara sungai dengan lebar 60 m diatur adalah 6 m, dan di muara sungai dengan lebar 50 m maka jalur hijau adalah 5 m. Untuk muara sungai yang lebarnya kurang dari 5 m, ketebalan mangrove sebagai jalur hijau yang diperlukan adalah 3 m. Namun, bagi tsunami yang mencapai tinggi gelombang lebih dari 10 m, sesuai dengan tujuan dan fungsi lindung, maka lebar jalur hijau mangrove yang efektif adalah 400 m (maksimum). Harada and Imamura (2002) dari Universitas Tohoku, yang meneliti efektivitas hutan pantai untuk meredam tsunami menyatakan bahwa hutan pantai dengan tebal 200 m, kerapatan 30 pohon per 100 m², dan diameter pohon 15 cm, dapat meredam 50% energi gelombang tsunami dengan ketinggian 3 m (Diposaptono dan Budiman, 2005).

Bagi kepentingan perlindungan, sebaiknya tumbuhan mangrove ditanam rapat, dengan jarak tanam 1 x 1 m. Keberhasilan penanaman mangrove sangat ditentukan oleh pemeliharaan yang tepat, seperti penyiangan, penyulaman, dan pengontrolan terhadap faktor perusak. Penyiangan dilakukan apabila tanaman



diinvansi oleh gulma atau tumbuhan pengganggu. Penyiangan dimaksudkan untuk menghilangkan persaingan tanaman mangrove dengan tumbuhan pengganggu. Penyulaman dilakukan bertujuan untuk menggantikan tanaman mangrove yang mati. Kegiatan penyulaman dilakukan sampai umur tanaman mencapai 3 tahun. Faktor-faktor perusak yang dapat menyebabkan kegagalan penanaman perlu dimonitor secara teratur dengan memperhatikan intensitas kerusakan untuk segera dilakukan penanggulangan secara tepat (Rahayu dkk., 2016).

Tajuk pohon sangat berperan dalam menahan gelombang pasang dan arus balik. Oleh karena itu dalam mitigasi tsunami di Pantai Seger, KEK Mandalika, berbagai jenis tanaman pohon dan memiliki bentuk tajuk tertentu perlu disusun dan ditata sedemikian rupa baik jenis maupun alur penanamannya, sehingga secara berlapis berperan sebagai penyanggah dan pemecah gelombang pasang. Selain itu, dalam pengaturan tanaman tersebut perlu mempertimbangkan faktor estetika sehingga kawasan Pantai Seger, KEK Mandalika tetap memiliki keindahan dan daya tarik. Jalur tanaman ditata sedemikian rupa sehingga menghasilkan tajuk yang berlapis di mana tanaman dengan tajuk rendah ditempatkan paling depan dan makin ke belakang tajuknya semakin tinggi yang berfungsi untuk memecahkan gelombang pasang dan penyanggah arus balik. Pemerintah dan berbagai pihak terkait termasuk perguruan tinggi perlu memberikan edukasi kepada masyarakat, pengelola wisata, maupun wisatawan di Pantai Seger, KEK Mandalika untuk turut berperan aktif dalam menjaga vegetasi pantai yang berperan dalam mitigasi bencana tsunami dan tidak melakukan penebangan liar.

PENUTUP

Kesimpulan

Tumbuhan yang berpotensi dalam mitigasi tsunami di Pantai Seger, KEK Mandalika, Pulau Lombok adalah *Pandanus* sp, *Hibiscus tiliaceus*, *Rhizophora* sp. dan *Sonneratia* sp.

Saran

Pemerintah dan berbagai pihak terkait termasuk perguruan tinggi perlu memberikan edukasi kepada masyarakat, pengelola wisata, maupun wisatawan di Pantai Seger, KEK Mandalika, Pulau Lombok untuk turut berperan aktif dalam menjaga vegetasi pantai yang berperan dalam mitigasi bencana tsunami dan tidak melakukan penebangan liar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dewan Nasional Kawasan Ekonomi Khusus Republik Indonesia. 2018. *Profil Kawasan Ekonomi Khusus Pariwisata Mandalika*. Jakarta: Dewan Nasional Kawasan Ekonomi Khusus Republik Indonesia.
- [2] Mueck, M. 2013. *Peta-Peta Bahaya Tsunami untuk Lombok, Dokumen Teknis*. Jakarta: GIZ International Services, Kementerian Riset dan Teknologi, Project for Training, Education and Consulting for Tsunami Early Warning System (PROTECTS) Capacity Development in Local Communities.
- [3] Fani, M.P. 2018. Pantai Seger Sebagai Daya Tarik Wisata di Lombok Tengah. *Domestic Case Study 2018 Sekolah Tinggi Pariwisata Ambarrukmo Yogyakarta*: 1-10.
- [4] BPKP NTB (Badan Pengawasan Keuangan dan Pembangunan Provinsi Nusa Tenggara Barat). 2018. *Exotica Senggigi: Mandalika Punya Kita*. Mataram: BPKP NTB (Badan Pengawasan Keuangan dan Pembangunan Provinsi Nusa Tenggara Barat).
- [5] Shaw, R., Takeuchi, Y., Imura, M., Ogino, Y., Krishnamurty, R., Jayalaksmi, V., Lakshmi, A., Babu, S., Pribadi, K.S., Argo, T., Surjaningsih, R.D., Oetomo, A., Mariany, A., Ekawati, N., Parlan, H., Saptoadi, T., Nadapdap, J., Mildawty, M., Nianthi, R., Hennayake, S.K., Bandara, M., Nandalal, K.W., Herath, H.M.D.R., Bandara, R., Jayakumara, MAS., Nawfal, A.S.M., Tennakoon, S.U.B., Alagan, R., Davendra, C.H., Jayasekara, S.R., Premasiri, S.M., Giragama, W.M.G.B., Jayasundara, S., Imbulana, L., Wijesinghe, M., and C. Perera. 2009. *Building Resilience to Tsunami in the*



- Indian Ocean*. Japan: International Environment and Disaster Management Laboratory, Graduate School of Global Environmental Studies, Kyoto University.
- [6] Tanaka, N. 2011. *Effectiveness and Limitations of Vegetation Bioshield in Coast for Tsunami Disaster Mitigation*. Japan: Graduate School of Science and Engineering, Saitama University.
- [7] Muhari, A., Imamura, F., Arikawa, T., and B. Afriyanto. 2018. Finding of the unexpected tsunami due to the strike-slip fault at central Sulawesi, Indonesia on 28 September 2018, from the preliminary field survey at Palu. *IRIDes Report*. Japan: International Research Institute of Disaster Sciences IRIDeS, Tohoku University.
- [8] Borreo, J.C., C.E. Synolakis, and H. Fritz. 2006. Northern Sumatra field survey after the December 2004 Great Sumatra earthquake and Indian Ocean tsunami. *Earthquake Spectra* 22 (3): 93-104.
- [9] Lay, T., H. Kanamori, C.J. Ammon, Meredith Nettles, Steven N Ward, Richard C Aster, Susan L Beck, Susan L Bilek, Michael R Brudzinski, Rhett Butler, Hether R DeShon, Göran Eström, Kenji Satake, and Stuart Sipkin. 2005. The Great Sumatra-Andaman Earthquake of 26 December 2004. *Science* (308): 1127-1133.
- [10] Subarya C., M. Chlieh, L. Prawirodirdjo, J.P. Avouac, Y. Bock, K. Sieh, A. Meltzner, and D.H. Natawidjaja. 2006. Plate-boundary deformation associated with the great Sumatra-Andaman earthquake. *Science* 440: 46-51.
- [11] International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. 2018. *Tidal Wave/Tsunami in Banten*. Jakarta: International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies.
- [12] Kementerian Dalam Negeri. 2006. *Peraturan Menteri Dalam Negeri No.33 Tahun 2006 tentang Pedoman Umum Mitigasi Bencana*. Jakarta: Kementerian Dalam Negeri.
- [13] Henuhili, V., Sudarsono, Suyitno, dan T.Aminatun. 2010. The Diversity of Fauna and Flora at The Coast Samas and Glagah of Yogyakarta. *Prosiding Seminar Nasional Biologi*: 118-127.
- [14] Van Steenis, C. G. G. J. 2005. *Flora*. Penerjemah: M. Suryowinoto, S.Hardjosuwarno, S.S. Adisewojo, Wibisono, M. Partodidjojo, S. Wirjohardjo. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [15] Noor, Y.R., Khazali M., dan I.N.N Suryadiputra. 2012. *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. Bogor: Wetlands International Indonesia Programme.
- [16] Tanaka, N., Sasaki, Y., Mowjood, M.I.M., and K.B.S.N. Jinadasa. 2007. Coastal vegetation structures and their functions in tsunami protection: Experience of the recent Indian Ocean tsunami. *Landscape and Ecological Engineering* 3: 33-45.
- [17] Thuy, N.B., Tanaka, N., and K. Tanimoto. 2011. Tsunami mitigation by coastal vegetation considering the effect of tree breaking. *Journal Coastal Conservation* 16 (1): 111-121.
- [18] Hiraishi, T. and K. Harada. 2003. Greenbelt tsunami prevention in South Pacific region. *Report of the Port and Airport Research Institute* 42 (2): 1-23.
- [19] Jayatissa, L.P., Dahdouh-Guebas, F., and N. Koedam. 2002. A review of the floral composition and distribution of mangroves in Sri Lanka. *Botanical Journal of The Linnean Society* 138 (1): 29-43.
- [20] Dahdouh-Guebas, F., Jayatissa, L.P., Di Nitto, D., Bosire, J.O., Lo Seen, D., and N. Koedam. 2005. How effective were mangroves as a defence against the recent tsunami? *Current Biology* 15 (12): 443-447.
- [21] Yanagisawa, H., Koshimura, S., Goto, K., Miyagi, T., Imamura, F., Ruangrassamee, A., and C. Tanavud. 2009a. The reduction effects of mangrove forest on a tsunami based on field surveys at Pakarang Cape, Thailand and numerical analysis. *Estuary Coastal and Shelf Science* 81 (1): 27-37.



-
- [22] Yanagisawa, H., Koshimura, S., Goto, K., Miyagi, T., Imamura, F., Ruangrassamee, A., and C. Tanavud. 2009b. Damage to mangrove forest by 2004 tsunami at Pakarang Cape and Namkem, Thailand. *Polish Journal of Environmental Studies* 18 (1): 35-42.
- [23] Baba, S. 2004. *Keynote presentation: what we can do for mangroves* In: Vanucci M. (ed.) *Mangrove management and conservation workshop*, Okinawa, Japan. Tokyo: United Nations University Press.
- [24] Rahayu, S.M., Wiryanto, dan Sunarto. 2016. Mitigasi Tsunami di Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah Berbasis Keanekaragaman Vegetasi. *Fish Scientiae* 6 (2): 63-79.
- [25] JICA. 1999. *Model Pengelolaan Hutan Mangrove Lestari*. Jakarta: Japan International Cooperation Agency (JICA) dan Departemen Kehutanan Republik Indonesia.
- [26] Harada, K. and F. Imamura. 2002. Experimental Study of the Effect in Reducing Tsunami by The Coastal Permeable Structures. *Proceedings of The Twelfth International Offshore and Polar Engineering Conference*.
- [27] Diposaptono, S. dan Budiman. 2005. *Tsunami*. Bogor: Penerbit Buku Ilmiah Populer.