THE ROLE OF MANGROVE IN THE PROTECTION OF COASTAL AREA FROM TSUNAMI WAVES

PERAN MANGROVE DALAM MELINDUNGI DAERAH PESISIR TERHADAP GELOMBANG TSUNAMI

Ritha Riyandari ¹

Abstract

Indonesia which is surrounded by Indo-Australian plates and Philippine sea plates subducted under the Eurasian Plate with five large islands, has experienced thousands of earthquakes and hundreds of tsunamis over a four hundred year time span. The occurrence of tsunami disaster that often undergoes repetition, with a very long period of time may cause many casualties and large losses. Therefore it is necessary suppressing the loss of life and economic and social losses. In addition to the education and awareness of the environment and potential hazards, structural mitigation should also be undertaken. Some forms of natural landscape such as mangrove forests could reduce the waves energy, wave height and wave inundation.

Keywords: tsunami, natural landscape, forest, mangrove

Abstrak

Indonesia yang dikelilingi oleh lempeng Indo-Australia dan lempeng laut Filipina yang menunjam dibawah Lempeng Eurasia dengan lima pulau besar, telah mengalami ribuan kali gempa bumi dan ratusan tsunami pada rentang waktu empat ratus tahun. Kejadian bencana tsunami yang sering mengalami pengulangan, dengan periode waktu yang sangat panjang akan menyebabkan banyak korban dan kerugian besar maka diperlukan upaya dalam menekan korban jiwa dan kerugian ekonomi dan sosial. Selain bersifat edukatif dan penyadaran masyarakat terhadap lingkungan dan potensi bahaya yang ada, maka mitigasi secara struktural juga harus dilakukan. Beberapa bentuk bentang alam seperti hutan mangrove yang secara alamiah dapat meredam gelombang sehingga gelombang yang sampai di pantai dapat diturunkan energi, ketinggian dan penetrasinya.

Kata kunci: tsunami, bentang alam alami, hutan, mangrove

¹ Pusat Teknologi Reduksi Risiko Bencana – Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Gedung 820 (Geostech), Kawasan Puspiptek Serpong, email: ritha.riyandari@bppt.go.id

1. PENDAHULUAN

Negara Indonesia sebagai negara maritim yang dikelilingi oleh lautan, sejak

tahun 1900 hingga tahun 2000 telah mengalami bencana tsunami sebanyak 148 kali. Bencana tsunami yang terjadi dipicu

oleh gempa bumi, letusan gunung api, gunung bawah laut, gerakan tanah maupun kombinasi antara beberapa pemicu tersebut. Kejadian tsunami merupakan kejadian bencana yang sering mengalami pengulangan, dengan periode waktu yang sangat panjang. Seperti tsunami yang terjadi di kawasan Samudera Hindia, merupakan perulangan tsunami yang pernah terjadi pada tahun 1600-an. Banyak manusia melupakan kejadian tsunami karena periode waktu pengulangan yang sangat panjang tersebut, oleh karena itu diperlukan sosialisasi untuk mengingatkan kembali dan meningkatkan kapasitas masyarakat menghadapi bencana tsunami. Mitigasi secara struktural juga diperlukan untuk dapat meminimalkan jumlah korban dan kerugian akibat bencana tsunami.

Upaya dalam menekan korban jiwa dan kerugian ekonomi dan sosial maka harus dilakukan mitigasi bencana tsunami secara terus menerus dan berkesinambungan sehingga terbentuk kesadaran di masyarakat terutama penduduk pesisir untuk selalu waspada terhadap bencana tsunami dan tidak panik ketika menghadapi kejadian tsunami dan dapat menyelamatkan diri. Selain bersifat edukatif dan penyadaran masyarakat terhadap lingkungan dan potensi bahaya yang ada, maka mitigasi secara struktural juga harus dilakukan. Beberapa bentuk bentang alam seperti hutan mangrove secara alamiah dapat meredam gelombang sehingga gelombang yang sampai di pantai dapat diturunkan energi, ketinggian dan penetrasinya.

2. METODA PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam tulisan ini adalah studi literatur. Studi penghimpunan data-data dan sumber-sumber yang berhubungan dengan tsunami, pesisir dan hutan mangrove. Data-data yang didapatkan dari berbagai sumber, jurnal, buku dokumentasi, internet dan pustaka.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Sejarah Tsunami di Indonesia

Tsunami merupakan gelombang yang bersifat tunggal, tetapi kombinasi gerakan gelombang terjadi secara berurutan (*series*). Gelombang yang dihasilkan tsunami saat

berada dalam laut hanyalah gelombang dengan tingginya kira-kira setengah meter saja. Namun setelah mendekati pantai, tinggi gelombang akan menjadi berpuluh kali lipat. Karenanya, arus balik gelombang (*backwash*) akan membawa apa saja benda-benda yang ada di bibir pantai bahkan daratan.

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (2016) mengartikan tsunami sebagai serangkaian peristiwa bersamaan antara gelombang dan ombak laut sehingga menimbulkan pergeseran lempeng di dasar laut sebagai bentuk akibat dari gempa bumi. Bakornas PB (2007) berpendapat bahwa tsunami adalah gelombang lautan dengan periode yang panjang, biasanya hal tersebut ditimbulkan dari gangguan impulsif dari dasar laut. Puspito (2010) menambahkan, tsunami merupakan gelombang laut yang disebabkan karena gempa dasar laut sehingga mencapai ketinggian satu meter bahkan hingga puluhan meter di garis dari pantai. Indonesia telah mengalami ribuan kali gempa bumi dan ratusan tsunami pada rentang empat ratus tahun terakhir karena dikelilingi oleh lempeng Indo-Australia dan lempeng laut Filipina yang menunjam di bawah Lempeng Eurasia dengan lima pulau besar dan beberapa semenanjung. Berikut adalah kejadian bencana tsunami baik dengan kekuatan besar maupun kecil yang terjadi di beberapa daerah di Indonesia yang telah tercatat (Muliddin dan Sugianto, 2004).

Tabel 1. Sejarah tsunami di Indonesia

Nama Daerah	Tahun Kejadian
Banda	1674
Sumatera Barat	1797
Bengkulu	1833
Sangihe	1856
Sumatera Barat	1861
Krakatau	1883
Sumatera	1883
Mindanao	1897
Mindanao	1918
Sumba	1920
Panay	1948
Seram	1965
Sulawesi Tengah	1968
Sulawesi Selatan	1969
Sumba	1977

Nama Daerah	Tahun Kejadian
Lomblen	1979
Flores	1992
Mindoro	1994
Banyuwangi	1994
Biak	1996
Sulawesi Tengah	1996
Taliabu	1998
Banggai	2000
Meulaboh	2004
Padang Sidempuan	2005
Pangandaran	2006
Bengkulu	2007
Mentawai	2010

Sumber: Dhofir, 2017 dan Suryowati, 2017.

3.2. Peran Hutan Mangrove Melindungi Pantai

Luas hutan mangrove di Indonesia yang diperkirakan sekitar 3,5 juta hektar (ha) merupakan lahan mangrove terluas di dunia (18-23%), melebihi Brazil (1,3 juta ha), Nigeria (1,1 juta ha), dan Australia (0,97 juta ha) (Spalding et al, 1997). Umumnya mangrove dapat ditemukan di seluruh kepulauan Indonesia. Mangrove tumbuh dan berkembang dengan baik pada pantai yang memiliki sungai yang besar dan terlindung, yang masyarakatnya berusaha untuk memelihara dan melindungi. Lahan mangrove terluas terdapat di Irian Jaya dengan luasan sekitar 1.350.600 ha (38%), Kalimantan 978.200 ha (28%) dan Sumatera 673.300 ha (19%) (Wetland International, 1999).

Tumbuhan mangrove memiliki kemampuan khusus untuk beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang ekstrim, seperti kondisi tanah yang tergenang, kadar garam yang tinggi dan kondisi tanah yang kurang stabil. Karena kondisi lingkungan tersebut, beberapa jenis mangrove mengembangkan mekanisme yang memungkinkan secara aktif mengeluarkan garam dari jaringan, dan yang lainnya mengembangkan sistem akar napas untuk membantu penyerapan oksigen bagi sistem perakarannya. Bentuk-bentuk perakaran yang khas ini seringkali juga dapat membedakan jenis-jenis vegetasi mangrove.

Bentuk perakarannya dapat dibedakan menjadi akar udara, akar banir/papan, akar

lutut, akar napas, dan akar tunjang. Bentuk perakaran ini selain sangat efektif dalam mempertahankan stabilitas lumpur dan pantai, menyerap polutan, juga mampu menahan penyusupan air laut ke daratan. Kemampuan adaptasi lainnya adalah bahwa beberapa jenis mangrove berkembang dengan buah yang berkecambah di pohon induknya (vivipar), seperti Kandelia, Bruguiera, Ceriops dan Rhizophora.

Gambar 1. Pola zonasi hutan mangrove dari tepi laut menuju ke arah daratan (Bengen, 2004).

3.3. Efektivitas Hutan Mangrove untuk Melindungi Pantai terhadap Tsunami

Secara fisik, hutan mangrove yang tumbuh di wilayah pesisir dapat menahan pukulan ombak laut, angin dan badai, serta gelombang tsunami, sehingga dapat memberikan perlindungan terhadap pemukiman masyarakat pesisir dan mencegah abrasi pantai. Hasil penelitian Harada et al (2002) di Jepang menunjukkan bahwa hutan mangrove selebar 200 m dengan kerapatan pohon 30 pohon/100 m² dan diameter pohon 15 sentimeter (cm) dapat meredam sekitar 50 % energi gelombang tsunami.

Faktor yang menentukan mangrove dapat mereduksi tsunami meliputi: lebar hutan, kemiringan hutan, kerapatan pohon, diameter pohon, proporsi biomassa di atas permukaan tanah yang terdapat di akar, tinggi pohon, tekstur tanah, lokasi hutan, tipe vegetasi dataran rendah yang berdekatan dengan vegetasi mangrove, keberadaan habitat tepi pantai (padang rumput padang lamun, terumbu karang, bukit), ukuran dan

kecepatan tsunami, jarak dari kejadian tektonik, dan sudut datang tsunami yang relatif terhadap garis pantai (Yustisia dan Prabowo, 2015).

Beberapa daerah di timur Sumatera seperti di Lampung Timur, Sumatera Selatan, Riau mengalami tekanan gelombang yang kuat saat musim timur. Namun berkat adanya mangrove lokasi tersebut relatif mampu diselamatkan dan tahan terhadap abrasi pantai. Makin tebal mangrove yang ada di kawasan tersebut, maka makin tinggi juga kekuatan untuk menahan laju pergerakan gelombang, arus, sedimen. Bahkan cenderung sedimen yang ada akan terperangkat di kawasan mangrove. (Puspito, 2010), mengatakan, ekosistem mangrove juga dapat menjadi pelindung secara alami dari bahaya tsunami. Hasil penelitian yang dilakukan di Teluk Grajagan, Banyuwangi, Jawa Timur, menunjukkan, dengan adanya ekosistem mangrove telah terjadi reduksi tinggi gelombang sebesar 0,7340, dan perubahan energi gelombang sebesar (E) = 19635,26 joule (Kurnia et al, 2004).

Dari penelitian Purbani (2012) menggunakan tinggi gelombang datang (*run up*) 30 meter (m). Nilai reduksi pada tinggi gelombang datang 30 m diperoleh dari menyederhanakan tinggi gelombang datang 3 m, sehingga kemampuan mereduksi 33,72 persen. Namun daerah kajian tinggi

gelombang datang (*run up*) 30 m, jika tinggi gelombang datang (*run up*) 30 m maka skala magnitudo 4. Dengan demikian jika diinterpretasikan maka skala magnitudo 4 kali lebih besar dari tinggi gelombang datang (*run up*) 1 m, sehingga kemampuan mereduksi pada tinggi gelombang 30 m lebih rendah dari tinggi gelombang 1 m oleh karena itu kemampuan mereduksi 8,43 persen (33,72 persen), nilai tersebut sebagai dasar pengukuran dalam mereduksi tsunami.

3.4. Pemodelan Hutan Mangrove Melindungi Pantai dari Tsunami

Kapasitas hutan mangrove untuk mengurangi dampak tsunami dapat diperkirakan dengan model dinamika fluida. Model-model ini, yang meneliti hubungan hidrodinamika fluida yang bergerak melalui vegetasi, memerlukan berbagai parameter dan koefisien yang terkait untuk memperkirakan ketahanan hutan terhadap tsunami dengan ketinggian dan tekanan yang berbeda. Ini diperkirakan dari pengukuran diameter dan tinggi batang pohon, tinggi dan kepadatan kanopi, dan kepadatan pohon. Jika luas proyeksi efektif diketahui, seseorang dapat mengubahnya menjadi hunian volumetrik, dan koefisien Manning, koefisien drag dan koefisien inersia dapat ditentukan (Latief dan Hadi, 2015).

Gambar 2. Model vegetasi: volume vegetasi terendam, volume air dan muatan yang terbawa (Latief dan Hadi, 2015).

3.5. Model Peredaman Gelombang oleh Mangrove

Puncak spektrum gelombang pada gambar 3 dapat dilihat semakin berkurang dengan bertambahnya jarak dari depan mangrove, baik untuk kerapatan rendah maupun kerapatan tinggi. Penurunan yang cepat terjadi pada kerapatan tinggi, dimana puncak spektrum sudah mendekati nol pada jarak 25 m dan pada jarak 50 m tidak nampak lagi, yang berarti bahwa peredaman energi gelombang terjadi sangat cepat. dengan bertambahnya jarak dari depan mangrove dan di belakang hutan mangrove energi gelombang kecil dan dapat diabaikan.

Adanya peredaman gelombang di dalam hutan mangrove juga ditunjukkan pada gambar 4. Pada gambar ini diplot normalisasi energi, yakni perbandingan antara energi gelombang di dalam hutan mangrove dan energi gelombang datang, sebagai fungsi jarak dari depan mangrove. Nampak bahwa laju peredaman energi gelombang di dalam hutan mangrove meningkat dengan bertambahnya jarak dari depan mangrove. Laju peredaman ini juga dipengaruhi oleh kerapatan hutan mangrove, dimana nampak bahwa untuk hutan mangrove kerapatan tinggi normalisasi energi sudah menuju nol pada jarak 30 meter dari depan mangrove, sementara untuk kerapatan rendah normalisasi energi masih bernilai 0,285 pada jarak 50 meter dari depan mangrove.

Profil vertikal dari kecepatan orbital residu rata-rata u dan w di tiga penampang dalam hutan mangrove ditunjukkan pada Gambar 5 untuk kerapatan rendah dan Gambar 6 untuk kerapatan tinggi. Pada kedua gambar tersebut nampak bahwa profil kecepatan horisontal hampir uniform secara vertikal dan profil kecepatan vertikal berubah secara linier dengan kedalaman. Dalam penelitian ini rasio panjang gelombang terhadap kedalaman air relatif besar, yaitu $L/h = 16$. Nampak pula bahwa dengan bertambahnya kerapatan kedua komponen kecepatan teredam sangat cepat dengan bertambahnya jarak dari depan mangrove, dan dibelakang hutan mangrove dapat diabaikan (Muliddin dan Sugianto, 2004).

Gambar 3. Spektrum gelombang di dalam hutan mangrove (Muliddin dan Sugianto, 2004).

Gambar 4. Normalisasi energi di dalam hutan mangrove (Muliddin dan Sugianto, 2004).

Gambar 5. Kecepatan rata-rata gelombang di dalam hutan mangrove dengan kerapatan rendah (Muliddin dan Sugianto, 2004).

Gambar 6. Kecepatan rata-rata gelombang di dalam hutan mangrove dengan kerapatan tinggi (Muliddin dan Sugianto, 2004).

4. KESIMPULAN

Sejarah kejadian tsunami mengindikasikan bahwa cepat atau lambat sebuah gempa bumi dan tsunami besar kemungkinan akan terulang lagi di Indonesia. Meskipun ketinggian tsunami di pantai bergantung pada sumber tsunami (*magnitude* gempa, jarak ke sumber), batimetri dan morfologi pesisir, hutan pantai memiliki peran dalam mengurangi dampak tsunami, dalam batas-batasnya. Efektivitas hutan bergantung pada lebar, kepadatan, struktur hutan dan karakteristik pohon (tinggi dan diameter). Harada et al (2002) di Jepang menunjukkan bahwa hutan mangrove selebar 200 m dengan kerapatan pohon 30 pohon/100 m² dan diameter pohon 15 cm dapat meredam sekitar 50 % energi gelombang tsunami.

Peredaman energi gelombang terjadi sangat cepat. dengan bertambahnya jarak dari depan mangrove dan di belakang hutan mangrove energi gelombang kecil dan dapat diabaikan. Laju peredaman ini juga dipengaruhi oleh kerapatan hutan mangrove, dimana nampak bahwa untuk hutan mangrove kerapatan tinggi normalisasi energi sudah menuju nol pada jarak 30 meter dari depan mangrove, sementara untuk kerapatan rendah normalisasi energi masih bernilai 0,285 pada jarak 50 meter dari depan mangrove.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2016. *Risiko Bencana Indonesia*. Doc.BNPB, Jakarta.
- Bakornas PB. 2007. *Pengenalan karakteristik bencana dan upaya mitigasinya di Indonesia*. Edisi II. Lakhar Bakornas PB. Jakarta.
- Bengen, D.G. 2004. *Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove*. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan (PKSPL) IPB. Bogor.
- Dhofir Muhammad. 2017. *Sejarah Tsunami dahsyat di Indonesia dalam 200 tahun terakhir*. Monitor. 26 Desember 2017,13:54: WIB <http://Sejarah/Tsunami/Dahsyat/di/Indonesia/dalam/200/tahun/terakhi/monitor.co.id.html> . Diakses pada tanggal 15 Februari 2018.
- Harada K, Latief, H dan Imamura F. 2002. *Effect On Reducing Tsunami By The Green Belt And Coastal Permeable Structure*. In: International workshop on tsunami risk and its reduction in the Asia-Pacific. ITB, 18–19 March 2002.
- Kurnia R, Yonvitner, Geo S dan Kawaroe M. 2004. *Pengelolaan Ekosistem Dan Mitigasi Bencana Di Wilayah Pesisir*. Materi Diskusi Kelas Pengantar Falsafah Sains Program Pasca Sarjana. IPB. Bogor.
- Latief H dan Hadi S. 2015. *Thematic paper: The role of forests and trees in protecting coastal areas against tsunamis*. Center for Marine and Coastal Development. ITB. Bandung.
- Muliddin dan Sugianto D. N. 2004. *Prediksi Peredaman Gelombang Permukaan Yang Menjalar Di Permukaan Hutan Mangrove*. Jurnal Ilmu Kelautan, September 2004. Vol. 9 (3) : 141-152.
- Purbani, D. 2012. *Strategi Mitigasi Tsunami Berbasis Ekosistem Mangrove Dalam Aplikasi Pemanfaatan Ruang Pantai Timur Pulau We. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor*.
- Puspito T. Nanang. 2010. *Kontribusi seismologi pada riset dan mitigasi bencana gempa dan tsunami*. Pidato

- Ilmiah Guru besar institute teknologi bandung. Balai pertemuan ilmiah ITB. Bandung.
- Spalding, M. D., Blasco, F. dan Field, C. D (ed). 1997. *World Mangrove Atlas*. International Society for Mangrove Ecosystem. Okinawa, Jepang.
- Suryowati Restu, 2017. *Ini daerah-daerah di Indonesia yang Pernah Diterjang Tsunami*. Kompas . 16 Desember 2017, 22:30 WIB. [http:// Ini/daerah-daerah/di/Indonesia/yang/Pernah/Diterjang/Tsunami//Kompas.com.html](http://Ini/daerah-daerah/di/Indonesia/yang/Pernah/Diterjang/Tsunami//Kompas.com.html). Diakses pada tangga 15 Februari 2018.
- Wetland International, Indonesia Programme, 1999. *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. PKA/WI-IP. Bogor.
- Yustisia H dan Prabowo H, 2015. *Kajian Bentuk Lahan Wilayah Pesisir Kota Padang Sebagai Peredam Rayapan Tsunami*. Jurnal Rekayasa Sipil Volume XII nomor 1, April 2015. Universitas Padang.