

EVALUASI PENATAAN KAWASAN AMAN AKIBAT BENCANA TSUNAMI ACEH 26 DESEMBER 2004 CONTOH KASUS DI PANTAI KOTA MEULABOH, KABUPATEN ACEH BARAT

Heru Sri Naryanto

PTLWB-TPSA, BPPT, Jl. MH Thamrin 8, Jakarta

Abstract

An exceptionally strong earthquake with magnitude 9 on the Richter scale struck Aceh on December 26, 2004 at 07.59 local time, followed by a very big tsunami. The earthquake epicenter was located about 149 km south of Meulaboh City in the Indian Ocean. The tsunami waves travelled at a speed of ± 500 km/hour. Entire strips along west coast of Meulaboh City was wiped clean from surface of the earth, many people were reported dead or missing in Meulaboh. Houses, office and business buildings, roads, recreation areas, utilities, and other infrastructure elements were devastated, damaged, or made useless from the coastal line until 2 km to the land area. The coastal planning for sustainable development of tsunami in the area is needed for reducing the damages and saving the people life.

Kata kunci : tsunami, Kota Meulaboh, penataan kawasan pantai

1. PENDAHULUAN

Nangroe Aceh Darussalam (NAD) termasuk salah satu daerah di Indonesia yang rawan terhadap bencana gempa dan tsunami. Gempa tektonik yang sangat dahsyat yang disertai dengan gelombang tsunami telah terjadi pada hari Minggu tanggal 26 Desember 2004 jam 07.59 WIB dengan kekuatan 9 SR, telah menyebabkan bencana yang luar biasa baik jiwa maupun harta.

Kota Meulaboh sebagai ibukota Kabupaten Aceh Barat termasuk salah satu kota terbesar di Provinsi NAD. Bangunan dan infrastruktur penting yang ada di kota tersebut berada di sepanjang pantai, sehingga gelombang tsunami yang mengenai kota tersebut telah menghancurkan sebagian besar aktivitas kota.

Bencana gempa dan tsunami yang terjadi di Kota Meulaboh menjadi pelajaran yang sangat berharga, dan perlu dipikirkan bersama untuk mengamankan kota tersebut di masa mendatang. Kejadian gempa merupakan fenomena alam yang sampai sekarang secara teliti belum mampu diprediksi dalam perhitungan tahun, bulan, hari, jam, menit sampai detik. Sementara efek dari gempa berupa gelombang tsunami secara teknologi masih bisa diprediksi kemunculannya dan bisa dilakukan peringatan dini. Untuk itu semua penduduk yang tinggal di daerah rawan, pemerintah, instansi terkait, internasional harus

bahu-membahu dalam mempersiapkan diri menghadapi bencana serupa di masa yang akan datang. Penataan kawasan pantai pasca bencana tsunami sangat diperlukan dalam upaya mitigasi bencana yang pada prinsipnya untuk mengurangi dampak korban serupa di kemudian hari nanti.

2. BAHAN DAN METODE

Maksud dari kegiatan ini adalah melakukan kajian kerusakan kawasan pantai Kota Meulaboh akibat dampaknya terjadinya bencana tsunami. Tujuannya adalah untuk evaluasi penataan kawasan pantai yang ada dan telah rusak akibat tsunami serta rekomendasi penataan kawasan yang lebih aman dalam rangka pembangunan berkelanjutan.

Metode penelitian yang dilakukan adalah pengumpulan data baik sekunder maupun primer langsung di lapangan, koordinasi dengan instansi terkait, pengolahan data, analisis data, pembahasan dan rekomendasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kondisi Geologi

Morfologi daerah Meulaboh terdiri dari dataran rendah di sepanjang pantai (sekitar 2 km dari garis pantai), dan sedikit bergelombang ke arah darat di sekitar daerah Lapang dan Aloen

Penyaring (Alpen) yang menjauhi garis pantai. Batuan yang terdapat di daerah Meulaboh terdiri dari 3 (tiga) satuan batuan, yaitu : Endapan Aluvial (endapan lempung, pasir, kerikil yang belum terkonsolidasi sempurna) ; Formasi Meulaboh (kerakal yang telah tertransport, pasir, lempung yang berumur Pleistosen) ; Formasi Tutut (konglomerat yang belum terlitifikasi sempurna, batupasir, batulumpur yang mengandung lignit, lignit tipis dan batubara) (Cameron et al, 1983).

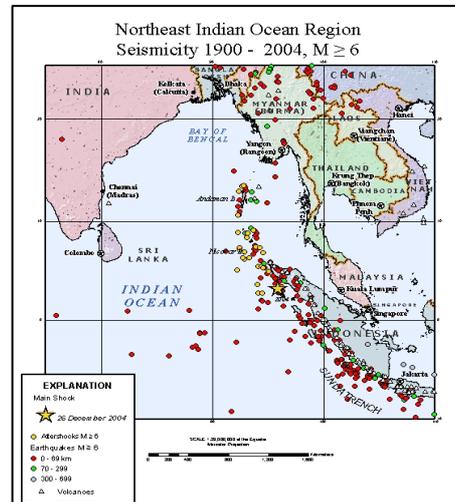
Dilihat dari kondisi geologi, Kota Meulaboh mempunyai potensi yang sangat tinggi terhadap bencana alam gempa dan tsunami. Pergerakan zona penunjaman yang terletak di perairan Samudra Hindia sebelah barat Aceh menyimpan energi besar yang sewaktu-waktu bisa dilepaskan sebagai getaran gempa. Sementara bencana penyerta dari gempa berupa tsunami selalu mengancam setiap saat, apalagi pembangunan Kota Meulaboh terkonsentrasi di daerah pantai.

3.2. Tektonik dan kegempaan di Kota Meulaboh dan Sekitarnya

Kegempaan di daerah Aceh sangat tinggi akibat pertemuan dua (2) lempeng, yaitu : Lempeng Samudra India-Australia yang bergerak dari arah barat daya dan menunjam ke dalam Lempeng Benua Eurasia yang berada di sebelah timur laut. Desakan lempeng tersebut bergerak ke barat daya dengan kecepatan sekitar 50 s/d 60 mm per tahun disepanjang palung laut di barat Sumatera (Natawidjaya, 2009). Tumbukan dua lempeng ini menghasilkan pola tektonik yang cukup rumit, yang membentuk zona tumbukan disebelah barat Pulau Sumatera, deretan gunung api aktif, Patahan Mentawai, Patahan aktif Sumatera (Semangka) yang memanjang dari Aceh sampai Selat Sunda, serta struktur geologi lainnya. Zona penunjaman yang sangat berpotensi untuk terjadinya gempa terdapat di sebelah barat Pulau Sumatera yang menerus ke arah Kepulauan Andaman, Kepulauan Nicobar sampai di Myanmar. Gempa dalam skala yang besar sering diikuti dengan gelombang tsunami yang sudah sering terjadi di Pulau Sumatera (Naryanto, 2003 ; 2005). Beberapa gempa yang pernah menyebabkan tsunami di Sumatera, diantaranya terjadi pada tahun 1770, 1797, 1818, 1833, 1843, 1861, dan 1907.

Gempa tektonik disertai gelombang pasang tsunami telah terjadi di Aceh pada hari Minggu tanggal 26 Desember 2004 jam 07.59 WIB dengan kekuatan 9 Skala Richter (SR) pada posisi 3.298° Lintang Utara (LU) dan 95.779° di bagian utara Sumatera, sedangkan di selatannya 1 cm per tahun. Tumbukan dua lempeng ini

menghasilkan pola tektonik yang cukup rumit, yang membentuk zona ° Bujur Timur (BT) (data dari USGS). Pusat gempa berada di Samudra Hindia sebelah barat Aceh, yaitu lebih kurang lebih 149 km arah selatan Kota Meulaboh pada kedalaman 30 km. Lokasi pusat gempa berdekatan dengan Pulau Simeulue yaitu di sebelah utara pulau tersebut.



Gambar 1. Pusat Gempa Aceh 26 Desember 2004 dan pusat-pusat gempa yang pernah terjadi di pantai barat Pulau Sumatera (sumber : USGS)

Setelah terjadi gempa utama kemudian disusul dengan banyak kejadian gempa-gempa susulan yang berlokasi di sekitar barat Aceh, Kepulauan Andaman dan Kepulauan Nicobar yang merupakan satu rangkaian tektonik aktif di daerah tersebut. Gempa susulan tersebut terjadi sebagai proses menuju keseimbangan baru setelah terjadinya pelepasan energi dalam jumlah yang sangat besar.

Kajian dari mekanisme fokal gempabumi dasar laut dapat diketahui sistem dan sifat deformasi yang terjadi, sehingga diperoleh suatu gambaran bahwa bencana tsunami erat kaitannya dengan pergerakan kerak bumi secara tegak di dasar lautan, sedangkan pergerakan mendatar tidak menimbulkan tsunami. Pergerakan secara tegak antar lempeng (kerak bumi) baik berukuran mikro (patahan) maupun berukuran benua (subduksi) di dasar laut dipahami sebagai perubahan mendadak massa air laut secara tegak pula sehingga menimbulkan perubahan keseimbangan air laut dalam jumlah sangat besar dan kemudian secara tiba-tiba membentuk gelombang pasang berkecepatan tinggi yang dapat menerjang kawasan pantai (daratan) yang disebut sebagai tsunami.

Gempa dengan kekuatan yang besar dengan pusat gempa berada di dasar laut merupakan sumber utama terhadap terjadinya tsunami di

Indonesia termasuk kejadian Gempa di Aceh 26 Desember 2004 yang lalu. Pada daerah barat Aceh tingkat kegempaan sangat tinggi, sehingga bisa menyebabkan terjadinya gelombang tsunami akibat guncangan gempa yang bisa menghancurkan kawasan pantai di sekitarnya. Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap besaran tsunami adalah : kekuatan sumber gempa, penjalaran tsunami, variasi arah, konfigurasi bentuk pantai, topografi daratan sebagai efek dari tsunami serta kecepatan atau pergeseran lempeng bumi sebagai sumber dari gempa.

3.3. Evaluasi Kawasan Pantai Aman dan Berkelanjutan Terhadap Bencana Tsunami

Pengamatan lapangan terhadap obyek kerusakan di Kota Meulaboh dilakukan langsung di lapangan. Berdasarkan pengamatan lapangan dan informasi dari penduduk setempat, kerusakan bencana gempa dan tsunami di Kota Meulaboh diklasifikasikan menjadi 4 (empat) kelompok berdasarkan jenis perusakannya, yaitu : guncangan gempa dengan kekuatan 9 SR, energi gelombang tsunami pertama, energi gelombang tsunami susulan (berikutnya), serta dampak dari genangan air laut yang terbawa oleh tsunami. Dampak dari guncangan gempa baik itu dari efek gelombang longitudinal maupun transversal antara lain adalah jalan/bangunan retak-retak, bangunan miring sampai roboh, lahan sawah melunak, proses likuifaksi. Energi gelombang tsunami pada saat awal menerjang Kota Meulaboh adalah pohon-pohon tersapu, dinding bangunan jebol, bangunan dari kayu dan setengah kayu tersapu, lahan-lahan dengan soil tebal tergerus, gumpul pasir tersapu, jalan terkelupas, jembatan tergerus dan tersapu, dan lain-lain (Tabel 1).

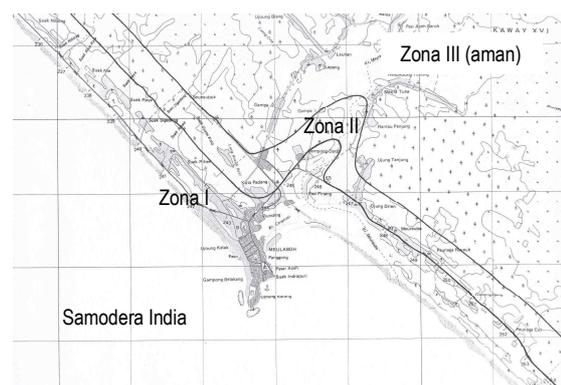
Gelombang tsunami susulan terjadi setelah gelombang pertama datang. Menurut informasi dari penduduk, gelombang tsunami susulan tersebut terjadi 2 kali. Dampak dari energi susulan tersebut adalah rumah roboh, bangunan yang sudah rusak menjadi semakin parah, tiang-tiang roboh, rumah hanyut, dan sebagainya. Genangan air laut akibat tsunami terjadi dalam waktu beberapa menit sampai beberapa jam sampai pada ketinggian 9 meter. Akibat genangan ini terjadi penumpukan lumpur, pasir, pohon sisa-sisa bangunan, tanaman mati, dan sebagainya

Dampak dari kejadian gelombang tsunami sampai mencapai 13 km dari muka air laut. Air pasang dari gelombang tsunami tersebut mencapai 2 km dari garis pantai yang sebagian besar berupa dataran. Berdasarkan tingkat

kerusakannya, daerah yang mengalami kerusakan dibagi menjadi 3 zonasi kerusakan, yaitu :

- Zona I : Kerusakan sangat tinggi, akibat energi gelombang
- Zona II : Kerusakan tinggi, akibat aliran dan pengendapan material debris
- Zona III : Daerah aman

Hasil pengamatan tingkat kerusakan bangunan di Kota Meulaboh dapat dibagi menjadi tiga (3) bagian, yaitu wilayah Kota Meulaboh dengan permukiman rapat, wilayah barat laut kota sampai perbatasan dengan Samantiga, dan wilayah tenggara kota. Berdasarkan dari besarnya pengaruh gelombang tsunami terhadap kerusakan bangunan, daerah pengamatan dibagi menjadi 3 zona, yaitu Zona I (zona sangat berbahaya karena pengaruh arus gelombang sangat dominan), Zona II (zona bahaya yang didominasi oleh pengaruh genangan) dan Zona III (aman terhadap tsunami). Secara umum Zona I menempati daerah sepanjang pantai dengan lebar kurang lebih 1 km ke arah darat, Zona II berada diluar Zona I sampai sejauh sekitar 2 km dari garis pantai, sementara Zona III terletak lebih dari 2 km dari garis pantai. Meskipun demikian, ada beberapa daerah penyimpangan, yaitu (1) untuk daerah kota, Zona I lebih jauh ke darat (corong teluk) dan sebaran tidak merata karena sangat dipengaruhi oleh keberadaan gedung-gedung tinggi di sebelah barat dayanya (mulut teluk), (2) untuk daerah dekat sungai, invasi gelombang tsunami lebih jauh masuk ke darat. Sementara Zona III merupakan zona yang aman terhadap bencana tsunami (Gambar 2).



Gambar 2. Zonasi kerusakan akibat terjadinya gempa dan tsunami di Kota Meulaboh dan sekitarnya untuk penataan kawasan pantai



Gambar 3. Bangunan yang sebagian besar hancur rata dengan tanah dengan menyisakan bekas bangunan masjid di daerah Ujung Karang (atas), dan permukiman penduduk padat yang hancur terlihat bangkai kapal yang terdampar sampai sejauh 1 km dari garis pantai (bawah) di pantai Kota Meulaboh.

Pengamatan kerusakan bangunan dilakukan dengan mengelompokkannya menjadi 4 jenis, yaitu (Tabel 2) :

- A : bangunan kayu,
- B : bangunan separoh kayu (separoh tembok),
- C : bangunan tembok dengan slope < 20 cm (R/C atau *reinforced concrete*)
- D : bangunan tembok dengan slope > 20 cm).

Tabel 1. Kerusakan akibat gempa bumi dan tsunami pada berbagai tipe lingkungan pantai di Kota Meulaboh.

No.	Jenis Perusak	Kerusakan	Tipe Pantai
1	Guncangan Gempa	Lahan persawahan melunak, lantai bangunan retak, bangunan berlantai runtuh, jalan retak, tiang jembatan miring dan turun, tembok pemecah gelombang retak	Pantai Berlumpur
		Runway retak	Pantai Berpasir
2	Energi Gelombang Tsunami Pertama	Pohon tersapu	Pantai Berlumpur dan Pantai berbukit batu
		Dinding bangunan jebol	Bangunan dengan kolom beton
		Rumah tersapu	Pemukimam tepi Pantai
		Tembok pemecah ombak tersapu, lahan persawahan hilang tersapu, jembatan tersapu	Pantani berlumpur
		Tanaman dan belukar tersapu, Jembatan ditepi pantai tersapu, beting pasir tersapu, Jalan diatas beting pasir tersapu	Pantai berpasir
3	Energi Gelombang Tsunami Susulan	Jembatan tergerus, jembatan patah, jembatan terkelupas	Pantai berpasir atau berlumpur 0.5 – 1 km dari garis pantai atau pada ketinggian 5 – 10 m dml
		Rumah roboh atau rusak, Menara telpon seluler roboh, Tiang listrik roboh, Atap rumah hanyut	Kawasan 1 – 2 km dari pantani atau pada ketinggian 5 – 10m dari muka air laut
4	Genangan Air Laut	Banjir air pasang hingga 4m penumpukan lumpur, pasir, pohon, dan sisa-sisa bangunan	Kawasan 1 – 2km dari pantai atau pada ketinggian 5 – 10m dari muka air laut
		Tanaman pertanian dan tumbuhan darat mati oleh sisa air laut dalam tanah	

Sumber : Kristijono et al (2005)

Tabel 2. Tingkat kerusakan bangunan sebelum dan sesudah bencana gempa dan tsunami di wilayah barat laut, kota dan tenggara daerah penelitian

WILAYAH BARAT LAUT KOTA MEULABOH

ZONA		A	B	C	D
I	Bangunan sebelum bencana	50%	30%	15%	5%
	Bangunan rusak	98%	90%	70%	60%
II	Bangunan sebelum bencana	70%	15%	13%	2%
	Bangunan rusak	85%	70%	50%	40%

WILAYAH KOTA MEULABOH

ZONA		A	B	C	D
I	Bangunan sebelum bencana	12%	18%	35%	35%
	Bangunan rusak	95%	90%	80%	75%
II	Bangunan sebelum bencana	15%	20%	45%	20%
	Bangunan rusak	85%	80%	70%	65%

WILAYAH TENGGARA KOTA MEULABOH

ZONA		A	B	C	D
I	Bangunan sebelum bencana	60%	30%	7%	3%
	Bangunan rusak	98%	93%	75%	60%
II	Bangunan sebelum bencana	75%	13%	10%	2%
	Bangunan rusak	88%	75%	60%	40%

KETERANGAN : A (bangunan kayu), B (bangunan separoh kayu /separoh tembok), C (bangunan tembok dengan slope < 20 cm, R/C atau *reinforced concrete*), D (bangunan tembok dengan slope > 20 cm).

Pembangunan tembok laut (*break water*) akan sangat membantu dalam menahan gelombang tsunami. Masalahnya adalah membutuhkan dana yang sangat besar, serta mengakibatkan terganggunya ekosistem di sekitar pantai terutama pada pantai berlumpur. Untuk itu kombinasi antara tembok laut dan vegetasi pantai akan saling melengkapi dengan mempertimbangkan kondisi pantai. Vegetasi pantai yang bisa meredam tsunami antara lain adalah mangrove, kelapa, kelapa sawit, hutan pantai dan sebagainya. Hutan pantai memiliki fungsi fisik, ekologis, sosial-ekonomi yang sangat penting bagi masyarakat di sekitarnya.

Hasil kajian lapangan tanaman kelapa sawit yang rapat dan berlapis di sekitar pantai bisa menahan gelombang tsunami dan melindungi Bandara Cut Nyak Dien (Gambar 4). Demikian pula keberadaan pohon kelapa juga sangat membantu dalam menahan gelombang tsunami di Kota Meulaboh, semakin rapat semakin kuat dalam memproteksi kawasan di belakangnya.

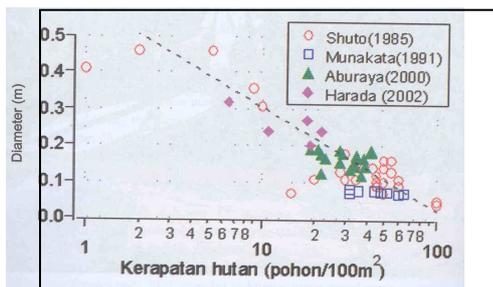


Gambar 4. Perlindungan kawasan Bandara Cut Nyak Dien dengan pohon kelapa yang berlapis dengan pohon kelapa sawit sangat membantu dalam meredam kerusakan yang terjadi.

Zonasi kerusakan akibat terjadinya bencana tsunami sampai sejauh sekitar 2 km dari garis pantai. Untuk menghindari bencana serupa di kemudian hari, maka pembangunan kembali permukiman penduduk akan lebih aman berada di luar zona bencana tersebut. Kawasan pantai yang langsung berbatasan dengan laut disarankan untuk dihindarkan untuk menahan gelombang tsunami yang mungkin terjadi lagi. Untuk pantai yang berlumpur bisa ditanami mangrove di sepanjang pantai. Di belakang mangrove tersebut disarankan dibuat tambak kalau memungkinkan, kemudian ditanami dengan

pohon kelapa atau kelapa sawit sampai beberapa puluh meter, persawahan, perladangan, jalan, bangunan perkantoran tingkat yang terbatas, baru permukiman berada pada jalur paling luar dari garis pantai. Tanaman mangrove sangat sulit hidup pada pantai yang berpasir. Pada pantai berpasir bisa juga dibangun *break wall* untuk menahan erosi dan gelombang tsunami.

Dari hasil riset beberapa pakar menunjukkan bahwa kerapatan hutan yang tinggi, diameter pohon yang besar mempunyai tingkat peredaman tsunami yang tinggi pula, sementara arus dan gaya hidrolis menjadi kian melemah (Gambar 5) (Diposaptono & Budiman, 2005).



Gambar 5. Hubungan antara kerapatan pohon dan diameter pohon yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti dari Jepang (Diposaptono & Budiman, 2005)

Kerusakan paling parah terdapat pada Zona I yang berbatasan langsung dengan laut. Penduduk yang tinggal di sebelah tenggara Kota Meulaboh dilihat dari tingkat ekonomi paling rendah, sehingga banyak rumah-rumah terbentuk oleh kayu dan setengah kayu yang mudah tersapu oleh tsunami. Di Kota Meulaboh banyak dijumpai bangunan bertingkat seperti perkantoran, ruko, pusat bisnis, dan sebagainya. Masih banyak dijumpai bangunan beton bertingkat yang berdiri karena pondasi yang saling menumpu satu dengan yang lainnya, hanya bagian bawah banyak yang jebol tersapu gelombang tsunami. Di tepi pantai sekitar kota Meulaboh hendaknya dibangun *break wall* yang tinggi (1,5 – 2 m) dari permukaan tanah atau hutan pantai untuk menahan gelombang tsunami.

Di kawasan pantai utara Kota Meulaboh (jalur ke arah Kota Calang), sarana transportasi jalan dan semua sarana utilitas yang ada telah mengalami kehancuran sangat berat, jalur tersebut disarankan untuk dipindahkan menjauhi garis pantai minimal sejauh 1 km. Di seluruh kawasan pantai baik di utara maupun selatan kota Meulaboh khususnya pada Zona I (daerah antara garis pantai hingga 1 km ke arah daratan) hendaknya dikosongkan dari areal pemukiman dan sarana infrastruktur lainnya, daerah Zona 1 ini

sebaiknya di hijaukan sebagai jalur pelindung pantai seperti tanaman kelapa, kelapa sawit atau mangrove, bisa juga sebagai areal pertambakan ataupun sarana olah raga pantai.

Gempa sebagian besar mempunyai siklus, bisa puluhan, ratusan bahkan ribuan tahun. Gempa besar Aceh yang terjadi pada tanggal 26 Desember 2004 pernah terjadi pula pada tahun 1832, 1902, dan 1948. Bencana tersebut bisa muncul secara berulang, untuk Aceh perulangan gempa besar tersebut terjadi sekitar 200-an tahun. Sampai saat ini prediksi gempa yang tepat dan teliti (sampai pada ketelitian tahun, bulan, minggu, jam, menit apalagi detik) belum bisa dipertanggung jawabkan secara ilmiah, karena tanda-tandanya (*precursor*) tidak pasti. Di daerah rawan gempa dan tsunami, bimbingan, petunjuk, pendidikan dan kesiapsiagaan yang terus menerus sangat penting. Pendidikan kepada masyarakat terutama pada usia dini akan sangat membantu dalam upaya pengurangan bencana. Menerapkan sistem konstruksi bangunan yang aman terhadap guncangan gempa, pemilihan wilayah yang aman untuk permukiman, sistem peringatan dini, perencanaan tanggap darurat, memperkuat organisasi penanggulangan bencana dan sebagainya mutlak diperlukan untuk mengamankan aset-aset ekonomi yang ada (Naryanto, 2005 ; Naryanto & Wisyanto, 2005).

Sistem peringatan dini bencana tsunami di Aceh diperlukan untuk upaya preventif warga. Peralatan tersebut akan meneruskan data *real time* langsung dari pusat gempa ke pusat peringatan tsunami. Namun secepat dan secanggih apapun sistem peringatan dini, efektivitasnya tergantung dari celah waktu antara kejadian gempa dan saat tsunami datang. Apabila selang waktu untuk terjadi bencana tsunami cukup lama, peralatan tersebut sangat bermanfaat dalam memberi peringatan kepada warga untuk menghindari korban yang mungkin terjadi. Tetapi juga perlu diperhatikan bahwa selang waktu sejak terjadinya gempa sampai terjadi tsunami di Kota Meulaboh sangat singkat (kurang dari 15 menit), sehingga sistem peringatan dini yang akan dibangun juga harus disesuaikan supaya warning dengan cepat sampai pada masyarakat sekitar.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan di atas dapat disimpulkan dan disarankan sebagai berikut :

- Gempa tektonik disertai gelombang pasang tsunami telah terjadi di Aceh pada hari Minggu tanggal 26 Desember 2004 jam 07.59 WIB dengan kekuatan 9 Skala Richter (SR) pada posisi 3.298° LU dan 95.779° BT, lebih kurang

lebih 149 km arah selatan Kota Meulaboh pada kedalaman 30 km

- Berdasarkan dari besarnya pengaruh gelombang tsunami terhadap kerusakan bangunan, daerah pengamatan dibagi menjadi 3 zona, yaitu Zona I (zona sangat berbahaya karena pengaruh arus gelombang sangat dominan), Zona II (zona bahaya yang didominasi oleh pengaruh genangan) dan Zona III (aman terhadap tsunami).
- Kerusakan bencana gempa dan tsunami di Kota Meulaboh diklasifikasikan menjadi 4 (empat) kelompok berdasarkan jenis daya perusakannya, yaitu : guncangan gempa dengan kekuatan 9 SR, energi gelombang tsunami awal, energi gelombang susulan (berikutnya), serta dampak dari genangan air laut yang terbawa oleh tsunami.
- Zonasi kerusakan akibat terjadinya bencana tsunami sampai sejauh sekitar 2 km dari garis pantai, untuk menghindari bencana serupa maka pembangunan kembali permukiman penduduk akan lebih aman berada di Zona III diluar zona bencana tsunami.
- Untuk menghindari bencana tsunami di kemudian hari, maka pembangunan kembali permukiman penduduk akan lebih aman berada di luar zona bencana tsunami tersebut sekitar 2 km dari garis pantai. Kawasan pantai yang langsung berbatasan dengan laut disarankan untuk dikombinasikan antara break wall dan sabuk hijau untuk menahan gelombang tsunami.
- Untuk pantai yang berlumpur bisa ditanami mangrove di sepanjang pantai, di belakang mangrove tersebut disarankan dibuat tambak kalau memungkinkan, kemudian ditanami dengan pohon kelapa atau kelapa sawit sampai beberapa puluh meter, persawahan, perladangan, jalan, bangunan perkantoran tingkat yang terbatas, baru permukiman berada pada jalur paling luar dari garis pantai. Sementara pada pantai berpasir dimana tanaman mangrove tidak hidup bisa langsung ditanami pohon kelapa atau kelapa sawit di sepanjang pantai, selain itu juga bisa dibuat *break wall* untuk menahan tsunami.

DAFTAR PUSTAKA

- Cameron, N.R., Bennett, J.D., Bridge, DMcc, Clark, M.C.E., Djunuddin, A., Ghazali, S.A., Harahap, H., Jffery, D.H., Kartawa, W., Keats, W., Ngabito, H., Rocks, N.M.S., Thompson, S.J., 1983. Peta Geologi Lembar Takengon. P3G, Bandung
- Diposaptono, S. & Budiman, 2005. *Tsunami*. Penerbit Buku Ilmiah Populer
- Kristijono, A., Rochmanjaya, Naryanto, H.S., Santoso, E.W., Wahyudi, Y., & Lukijanto, 2005. Kajian Kerusakan, dalam buku : Djamaluddin, R., Operasi Bakti Teknologi Aceh 2005 Pasca Bencana Gempabumi dan Tsunami, BPPT, Jakarta
- Naryanto, H.S., 2003. *Mitigasi Kawasan Pantai Selatan Kota Bandar Lampung, Propinsi Lampung Terhadap Bencana Tsunami*. Jurnal ALAMI, Vol. 8, No. 2 Th. 2003, BPPT-HSF, Jakarta
- Naryanto, H.S., 2005. *Kajian Zonasi Kerusakan Dampak Bencana Gempa dan Tsunami di Pesisir Kota Meulaboh dan Sekitarnya, Kabupaten Aceh Barat*. Year Book Mitigasi Bencana 2004
- Naryanto, H.S. & Wisyanto, 2005. *Kajian dan Analisis Potensi Bencana Tsunami, Konfigurasi Pantai Serta Mitigasi Bencana di Pantai Selatan Jawa Timur*. Jurnal Alami
- USGS, <http://earthquake.usgs.gov/eqinthenews/2004/usslav/>