

SISTEM PERINGATAN DINI TSUNAMI: ANTARA TEKNOLOGI DAN KEARIFAN LOKAL

Domey L Moniharapon

Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Pattimura, Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka, Ambon. e-mail: *witten2010@yahoo.com*

ABSTRAK

Teknologi akustik merupakan salah satu metode yang dipakai pada sistem peringatan dini tsunami dari aspek teknologi. Konsekuensi Indonesia yang memiliki daerah pesisir terpanjang di dunia, pemukiman masyarakat pada dataran rendah menjadi rentan berbahaya pada saat bencana tsunami. Penanganan dini Tsunami dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi dan kearifan lokal daerah. Penerapan teknologi peringatan dini sampai saat ini belum efektif maka diperlukan kearifan lokal yang saling melengkapi untuk menghindari terjadinya korban tsunami.

Kata kunci: tsunami, akustik, kearifan lokal

PENDAHULUAN

Bencana alam gempa bumi datang beruntun melanda wilayah Indonesia. Perhatian pemerintah terkuras dalam upaya penanggulangan korban gempa bumi dan tsunami. Dana relokasi yang disediakan pemerintah pun terus membengkak guna membangun kembali daerah yang terkena musibah.

Indonesia merupakan negara yang penuh akan potensi bencana yang disebabkan oleh pergerakan lempeng tektonik. Ini merupakan dampak dari wilayah Indonesia yang terletak di pertemuan dua jalur pegunungan aktif terpanjang di dunia (Wardhana 1998). Bagian Indonesia Barat dilalui oleh sirkum api pegunungan mediterania (*mediteran ring of fire*) yang memanjang dari laut mediteran di Eropa. Sedangkan di bagian timur merupakan ujung dari sirkum api pasifik (*pacific ring of fire*), yang berasal dari pegunungan Rocky di benua Amerika (Nungrat 2001).

Wilayah pesisir barat Sumatra, selatan Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara merupakan wilayah yang rawan bencana tsunami dibandingkan dengan wilayah pesisir lain di Indonesia. Hal ini disebabkan karena wilayah tersebut merupakan wilayah yang sangat dekat dengan pertemuan tiga lempeng tektonik dunia, yaitu lempeng Eurasia, lempeng Pasifik, dan lempeng Indo-Australia (Roeslan 2005). Secara umum, di Indonesia dapat terjadi tsunami setiap 2,25 tahun sekali (Diposaptono dan Budiman 2005).

Tsunami di Aceh (NAD) pada tanggal 26 Desember 2004 mungkin merupakan tsunami terbesar dalam kurun waktu 10 tahun terakhir. Saat ini pemerintah daerah NAD yang dibantu oleh pemerintah pusat dan lembaga donor internasional menata kembali wilayah pesisirnya sehingga jika kemudian hari terjadi bencana tsunami lagi, maka penanganan akan lebih mudah dan diharapkan korban jiwa tidak akan

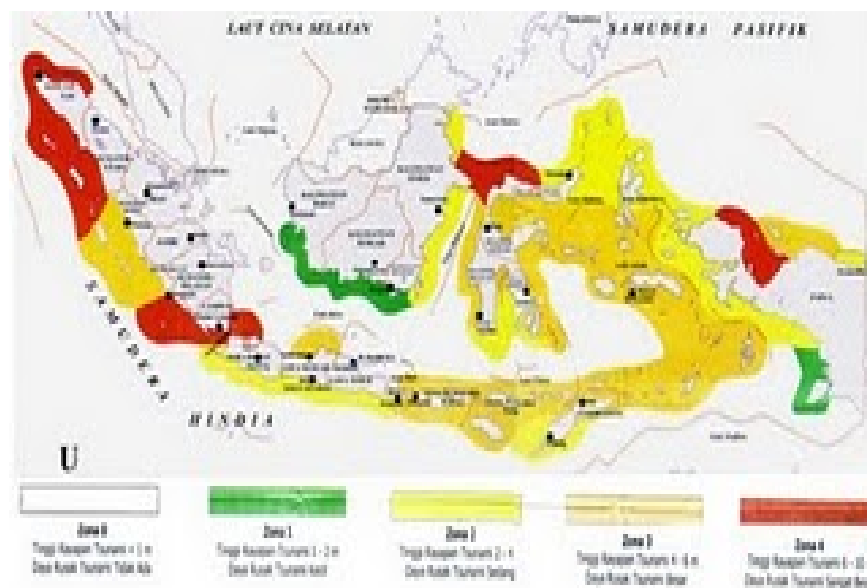
sebanyak bencana yang lalu. Wilayah-wilayah yang rawan telah dipetakan, tata ruang pesisir disusun kembali dengan memperhatikan berbagai aspek keamanan penduduk termasuk pembuatan jalan pelarian (*escape road*) dan tanah-tanah lapang sebagai tempat pengungsian jika terjadi bencana tsunami.

Sebenarnya Indonesia berada pada posisi yang kurang beruntung, karena lempengan pembangkit gempanya berada di Indonesia. Kita memang tidak punya banyak waktu antara gempa dan waktu terjadinya tsunami. Dalam kondisi seperti ini kita sangat tergantung terhadap peralatan yang dapat memberi informasi terjadinya bencana sedini mungkin. Dipihak lain kesiapan masyarakat dalam menghadapi gempa juga sangat diperlukan, dengan membaca tanda-tanda alam masyarakat sudah dapat menghindarkan diri dari bencana. Hal ini yang disebutkan sebagai kearifan lokal, contohnya pada saat tsunami pulau Simeule hanya 7 orang yang tewas karena mereka pindah ke dataran tinggi untuk menyelamatkan diri.

Tsunami di Indonesia

Tsunami berasal dari bahasa Jepang, *tsu* berarti pelabuhan dan *nami* berarti gelombang. Ingmanson dan Wallace (1973) mendiskripsikan tsunami sebagai gelombang laut yang mempunyai periode panjang yang ditimbulkan oleh suatu gangguan impulsif yang terjadi pada medium laut seperti terjadinya gempa bumi dan erupsi vulkanik. Selain ditimbulkan oleh gempa dan erupsi vulkanik, tsunami juga dapat ditimbulkan oleh tanah longsor (*landslide*) (Diposaptono dan Budiman 2005). Panjang gelombang tsunami dapat mencapai 240 km di samudera dengan kecepatan gelombang mencapai 760 km/jam (Ingmanson dan Wallace 1973).

Adapun gangguan Impulsif tersebut dapat diakibatkan oleh gunung laut meletus (erupsi vulkanik), gempa bumi tektonik maupun longsor (Idris 2005). Belajar dari kejadian-kejadian yang lalu di Indonesia maka tsunami yang terjadi adalah akibat dari gempa tektonik dari bawah laut. Dalam hal ini potensi Indonesia cukup besar untuk mengalaminya. Potensi tsunami Indonesia dapat disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Daerah Potensi Tsunami Indonesia. Sumber: Nungrat 2001.

Pada Gambar 1, hampir semua pantai di wilayah pantai barat pulau Sumatera, pantai selatan pulau Jawa, pantai Kepulauan Nusa Tenggara, pantai Barat Papua, pantai pulau Sulawesi dan Kepulauan Maluku merupakan daerah yang rawan terhadap tsunami. Hal ini terbukti dengan banyaknya gempa dan tsunami yang telah terjadi di Indonesia. Selama kurun waktu tahun 1600 sampai dengan 1999 telah terjadi 105 tempat kejadian tsunami yang mana 90% di antaranya disebabkan gempa tektonik, 9% oleh gunung meletus dan 1% oleh longsoran dasar laut (Latief *et al.* 2000). Data lain menunjukkan bahwa dari tahun 1600 sampai 2005 telah terjadi 107 kejadian tsunami, 98 kali tsunami yang disebabkan oleh gempa bumi, 9 kali tsunami disebabkan oleh letusan gunung berapi dan 1 kali oleh longsoran dasar laut (Diposaptono 2005).

Menyimak kejadian tsunami Aceh dan Sumatera Utara, yang mana gempa terjadi di Samudra Indonesia pada kedalaman 4 km dari dasar laut dan berkekuatan 9,0 SR yang telah menghasilkan tsunami dan korban yang dahsyat. Lebih dari 150.000 orang meninggal dunia. Sebanyak 400.000 orang kehilangan tempat tinggal dan tinggal di barak pengungsian (Pusat Data dan Analisa Tempo, 2006). Setelah gempa Aceh, giliran Pulau Nias pada 2005 gempa dengan *magnitude* 8,7 SR merupakan gempa dangkal berjarak 30 km dari dasar laut yang menyebabkan sekitar 1000 orang menjadi korban meninggal dunia dan lebih dari 3000 orang kehilangan tempat tinggal (Pusat Data dan Analisa Tempo, 2006).

Daerah-daerah di Indonesia yang rawan dan menjadi titik gempa adalah titik lempeng Indo-Australia yang berada sejak dari pantai barat Sumatera mulai dari Aceh, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Bengkulu, Lampung, selatan Jawa, Jawa Barat, Jawa Tengah, Yogyakarta, Jawa Timur terus ke Bali, Nusa Tenggara bagian selatan terus naik ke atas, merupakan satu blok atau satu lempeng Indo-Australia. Lempeng lain yaitu lempeng Eurasia, dimulai dari Sulawesi Utara, terus ke bawah sebelah timur Sulawesi, Nusa Tenggara di samping lempeng selatan juga kena dengan lempeng utara. Ada pula istilah Pacific Plate yang meliputi daerah utara dari Papua, terus ke Halmahera dan sekitarnya. Jadi ketiga lempeng ini bertemu di Indonesia dan pulau Buru sebagai pusatnya.

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki tingkat gempa yang tinggi di dunia, lebih dari 10 kali tingkat gempa di Amerika Serikat. Gempa-gempa tersebut sebagian besar berpusat di dasar Samudera Hindia dan dapat menimbulkan tsunami (Idris 2005). Secara umum daerah pesisir barat Sumatera, selatan Jawa, utara dan selatan Nusa Tenggara, Maluku, utara Papua, dan hampir seluruh wilayah pesisir Sulawesi merupakan daerah yang rawan bencana tsunami (Diposaptono dan Budiman, 2005). Hartoko dan Helmi (2005) juga menyatakan bahwa sepanjang palung barat Sumatera sampai selatan Jawa merupakan daerah gempa karena merupakan daerah yang berpotensi terjadinya pergeseran lempeng benua.

Kejadian tsunami di Indonesia pada periode 1961–2005 disajikan dalam Tabel 1, dimana tsunami di Pangandaran, Jawa Barat, belum terdata.

Tabel 1. Kejadian tsunami di Indonesia sejak tahun 1961 sampai 2005.

Tahun	Pusat Gempa	Run-up maksimum (m)	Jumlah korban (tewas/luka)	Lokasi Bencana
1961	8,2 LS; 122 BT	Tidak terdata	2/6	NTT, Flores Tengah
1964	5,8 LU; 95,6 BT	Tidak terdata	110/479	Barat Sumatera
1965	2,4 LU; 126 BT	Tidak terdata	71/-	Maluku, Seram dan Sanana
1967	3,7 LU; 119 BT	Tidak terdata	58/100	Sulsel, Tinambung
1968	0,7 LS; 119,7 BT	8 - 10	392/-	Sulteng, Tambo
1969	3,1 LS; 118,8 BT	10	64/97	Sulteng, Majene
1977	11,1 LS; 118,5 BT	Tidak terdata	316/-	NTB, Sumbawa
1977	8,0 LS; 125,3 BT	Tidak terdata	2/25	NTT, Flores
1979	8,4 LS; 115,9 BT	Tidak terdata	27/200	Bali, Sumbawa, Lombok
1982	8,4 LS; 123 BT	Tidak terdata	13/400	NTT, Larantuka
1987	8,4 LS; 124,3 BT	Tidak terdata	83/108	NTT, Flores, Bantar
1989	8,1 LS; 125,1 BT	Tidak terdata	7/-	NTT, Alor
1992	8,5 LS; 121,9 BT	11,2 – 26,2	1.952/2.126	NTT, Flores, P. Babi
1994	10,7 LS; 113,1 BT	19,1	38/400	Jatim, Banyuwangi
1996	1,1 LS; 118,8 BT	Tidak terdata	3/63	Sulteng, Palu
1996	0,5 LS; 136 BT	13,7	107/-	Papua, Biak
1998	2 LS; 124,9 BT	2,75	34/-	Maluku, Tabuna, Maliabu
2000	0,6 LU; 119,92 BT	3	4/-	Sulteng, Banggai
2004	3,3 LU; 95,6 BT	34	200.000/-	NAD, Sumut
2005	2,1 LU; 97,0 BT	3,5	-	Sumut, Nias

Sumber: Diposaptono dan Budiman (2005).

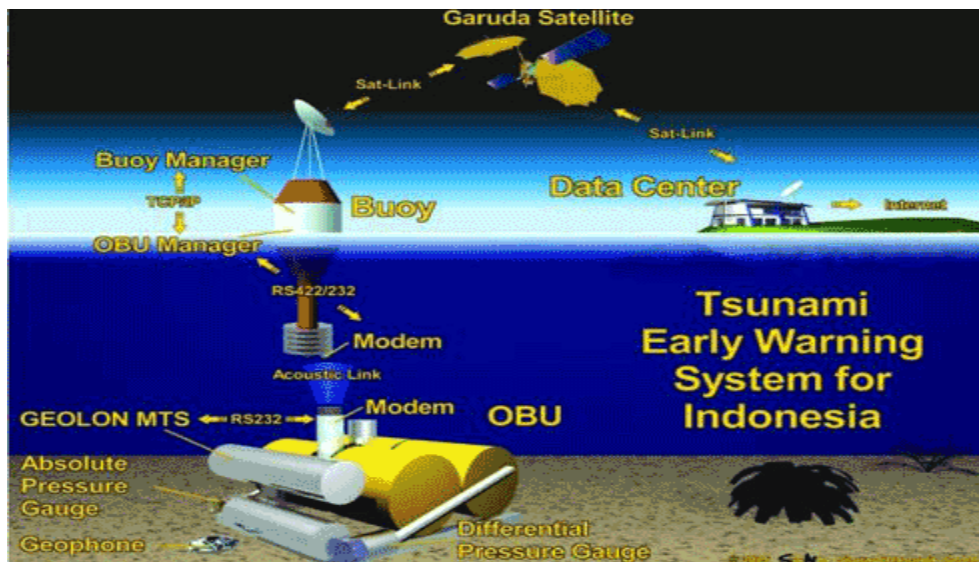
Untuk meminimalkan korban jiwa pada saat tsunami, maka sangat diperlukan upaya-upaya memprediksi tsunami secara dini. Misalnya dengan memanfaatkan teknologi akustik gelombang suara untuk memprediksi tsunami secara dini serta kearifan lokal yang dimiliki masyarakat agar korban jiwa tidak terlalu banyak apabila terjadinya tsunami.

TEKNOLOGI AKUSTIK UNTUK DETEKSI TSUNAMI LEBIH DINI

Sistem peringatan dini adalah sistem yang menginformasikan kemungkinan terjadinya bahaya sebelum bahaya tersebut terjadi. Termasuk sistem biologis yang dimiliki oleh makhluk hidup maupun sistem hasil buatan manusia. Yang termasuk sistem biologis adalah rasa sakit dan rasa takut (yang umumnya menjadi bagian dari instink) yang dimiliki makhluk hidup secara alamiah. Sementara yang termasuk sistem buatan adalah sistem yang dirancang manusia untuk mengumpulkan data-data terkait dan mengolahnya menjadi parameter kemungkinan terjadinya bahaya. Sistem buatan manusia ada yang dibuat untuk tujuan sipil dan ada juga yang khusus untuk tujuan militer. Dalam hal ini sistem peringatan dini untuk tsunami termasuk untuk tujuan sipil. Demikian pula dengan alat pendeteksi asap, alat pendeteksi gempa, dan lain sebagainya. Sementara alat peringatan dini untuk

militer antara lain adalah alat pendeteksi misil balistik, pendeteksi serangan nuklir, alat peringatan antirudal pesawat tempur, dan lain sebagainya. Teknologi akustik bawah air memanfaatkan media air sebagai perantara pada saat gelombang suara dikirim dari sumbernya. Getaran yang terjadi pada dasar laut akan diterima oleh *differential and absolut pressure Gauge*, oleh modem transduser. Informasi diteruskan ke Sistim *Bouy* pada permukaan laut. Selanjutnya diteruskan ke darat pada stasiun penerima. Pada sistim ini perlu diyakini peralatan dalam keadaan baik setiap saat. Apabila terjadi gangguan maka gejala tsunami ini tidak dapat dideteksi, maka keberadaan peringatan dini tsunami yang ditempatkan pada perairan harus diperiksa secara rutin dan berkala.

Berikut ini diperlihatkan sistem pendeteksi gempa dini dengan menggunakan teknologi akustik bawah air (Gambar 2). Pada sistem ini terdapat suatu peralatan yang sangat memegang peranan yang sangat penting yaitu *acoustic modem*, yang berfungsi mengirim data atau informasi dengan nirkabel.



Gambar 2. Tsunami Early Warning System (TEWS) (Dewan Kelautan dan Perikanan 2005).

Tsunami Ealy Warning System (TEWS) dibangun untuk mendeteksi gejala-gejala alam yang berpotensi untuk mendatangkan bencana tsunami sekaligus mencari lokasi pusat gempa yang menyebabkan tsunami. Laporan yang diberikan oleh TEWS ini bisa digunakan untuk memprediksi besar kerusakan yang akan ditimbulkan dan daerah-daerah yang akan terkena dampak tsunami. Sistem ini terbagi menjadi dua komponen penting, yaitu jaringan sensor-sensor pendeteksi tsunami dan infrastruktur komunikasi yang berguna untuk menyampaikan peringatan dini. Peringatan dini tsunami menghendaki kewaspadaan dan evakuasi sebelum tsunami datang. Laju informasi peringatan dini sangat penting karena selang waktu antara gempa bumi sampai tsunami mencapai daratan sangat singkat. Terdapat dua jenis peringatan dini tsunami, yaitu peringatan dini internasional dan regional. Keduanya tergantung pada kenyataan bahwa tsunami bergerak dengan laju 500–1000 km/jam (sekitar 0,14-0,28 km/detik) di laut lepas, sementara gempa bumi dapat terdeteksi dengan cepat melalui gelombang seismik

yang bergerak dengan laju rata-rata 14.400 km/jam atau sekitar 4 km/detik. Metode yang lebih pasti adalah dengan menggunakan alat pengamat dasar laut untuk melihat gelombang tsunami di laut lepas dengan jarak sejauh mungkin dari garis pantai.

KEARIFAN LOKAL “SMONG” UNTUK DETEKSI TSUNAMI DINI

Kearifan lokal adalah nilai yang dianggap baik dan benar sehingga dapat bertahan dalam waktu yang lama dan bahkan melembaga. Smong dalam bahasa lokal pulau Simeulue berarti himbuan agar segera lari kearah bukit setelah gempa karena sebentar lagi air laut naik atau pasang. Warga yang bermukim di pulau Simeulue sangat paham dengan istilah smong walaupun jarak antar desa berjauhan. Ini dihasilkan dari sebuah proses sosialisasi yang menjunjung asas kekerabatan di ulau Simeulue.

Menurut Diposaptono (2009), smong tercipta karena secara geografis pulau Simeulue merupakan kawasan yang sering gempa dan tsunami. Kondisi geologi pulau tersebut memang berada di pertemuan tiga lempeng yakni Eurasia, Australia, dan Samudra Pasifik. Pergerakan lempeng yang saling bertabrakan ini yang berpotensi menimbulkan gempa dan tsunami. Masyarakat pulau Simeulue telah menjadikan keadaan tersebut sebagai laboratorium alam. Dari gempa yang terjadi berkali-kali masyarakat berhasil menarik kesimpulan ciri-ciri tsunami. Maka terbentuk sebuah kearifan lokal untuk mencegah korban dalam bencana tsunami.

Konsep kearifan lokal smong masyarakat Pulau Simeulue berasal dari pengamatan mereka terhadap gejala yang terjadi di alam. Tercatat, pulau Simeulue sejak 1900-2005 telah terjadi 137 gempa dan 14 di antaranya menimbulkan tsunami (Badan Meteorologi Geofisika dan Klimatologi, 2009). Intensitas gempa seperti ini menjadikan masyarakat Pulau Simeulue akrab terhadap ciri-ciri alam saat akan terjadi tsunami.

Smong merupakan sebuah konsep kearifan lokal sederhana yang berfungsi sebagai alat sosialisasi bahwa akan terjadi tsunami. Setelah gempa berlangsung dan terdapat ciri-ciri akan terjadi tsunami yakni, air laut yang surut secara tiba-tiba, bau asin dari arah laut yang sangat menyengat, berhembus angin dingin dari arah laut, banyak ikan menggelepar di pantai, dari kejauhan tampak gelombang putih dan suara gemuruh yang sangat keras, maka warga akan berlari menjauhi pantai sambil berteriak “smong! smong!” memberitahukan kepada warga lainnya. Secara otomatis warga lain akan mengerti akan terjadi tsunami. Teriakan warga akan membentuk sebuah pesan berantai kepada warga-warga lain sehingga sempat untuk menyelamatkan diri. Metode ini tidak membutuhkan teknologi khusus yang rumit seperti halnya alat deteksi tsunami TEWS yang dibangun pemerintah.

Fakta Terkini Antara Teknologi dan Kearifan Lokal Deteksi Tsunami Dini

Menurut Dewan Kelautan dan Perikanan (2005) pembangunan TEWS dalam satu lokal memakan biaya hingga Rp.15,5 milyar. Harga tersebut belum termasuk membayar biaya pembebasan pemakaian terkait hak paten TEWS yang dimiliki

Jepang. Hal ini semakin menambah biaya penerapan TEWS di Indonesia. Namun walaupun berteknologi tinggi dan mahal, TEWS sendiri masih memiliki kelemahan dalam hal waktu dari pengantaran sinyal dari TEWS menuju ke pos dan sampai di daerah-daerah masih membutuhkan waktu yang cukup lama. Kebanyakan dari pengalaman yang terjadi di Jepang, tsunami terjadi terlebih dahulu sebelum peringatan akan datangnya tsunami tiba, akibatnya menimbulkan banyak korban. Menurut Suyanto (2005) potensi kerusakan TEWS cukup tinggi karena ditempatkan pada kondisi lingkungan elektrolit. Selain itu, TEWS tidak menutup kemungkinan untuk dirusak oleh nelayan. Alat-alat TEWS yang kurang diperhatikan potensial terkena bahaya pencurian.

Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) menyebutkan pada saat Tsunami di Mentawai, lebih dari separuh alat deteksi tsunami di perairan Indonesia rusak, termasuk yang berada di perairan Sumatra Barat. Penggunaan teknologi untuk deteksi dini harus diiukti dengan keseriusan untuk merawat dan memberlakukan persyaratan standar untuk operasi teknologi.

Kearifan lokal "Smong" telah terbukti dapat meminimalkan korban jiwa akibat bencana tsunami tetapi dalam penerapannya perlu dilakukan sosialisasi kepada masyarakat. Smong dapat diibaratkan sebagai *early warning people system* sehingga masyarakat akan menyelamatkan diri ke tempat yang lebih aman. Smong lebih murah dan irit dari pada membangun teknologi canggih seperti TEWS, oleh karena itu diperlukan kajian yang lebih lanjut tentang kearifan lokal ini. Tradisi lokal smong terbukti efektif dalam menghadapi tsunami dengan konsep yang sederhana.

Konsep ini harus disosialisasikan secara merata ke seluruh Indonesia bukan hanya ke daerah-daerah yang rawan terhadap bencana tsunami seperti pantai barat Sumatera, pantai selatan Jawa, Nusa Tenggara dan pantai di seluruh Sulawesi. Ini dikarenakan kondisi geologis bumi Indonesia selalu dinamis dan bergerak setiap harinya. Sosialisasi smong perlu diberikan kepada perangkat desa, masyarakat umum, dan pelajar. Bahkan sejak SD hendaknya anak-anak sudah dikenalkan dengan konsep smong.

Penjelasan di atas mengisyaratkan bahwa penggunaan teknologi deteksi dini harus diikuti oleh penguasaan teknologinya di samping keseriusan dalam penerapan standar pengoperasian konsep deteksi dini dengan teknologi tersebut, agar dana yang telah digunakan dapat berguna dan menyelamatkan masyarakat. Semakin dirasakan lebih arif untuk menggunakan budaya lokal untuk mendeteksi bencana dini, karena rakyat dilatih untuk menyelamatkan diri dari bencana sebagai upaya tanggap darurat yang telah dimiliki sejak dahulu.

KESIMPULAN

Dari uraian di atas dapat disimpulkan beberapa pokok-pokok pikiran untuk dijadikan bahan pertimbangan dalam mencegah secara dini dampak tsunami di Indonesia sebagai berikut:

1. Perlunya keseriusan pemerintah dalam pemberlakuan dan pengawasan *Tsunami Early Warning System* yang telah dibangun agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya sehingga berguna bagi masyarakat.

2. Perlunya diterapkan kearifan lokal yang dimiliki masyarakat untuk mencegah bencana secara dini dan memasukan pengetahuan bencana pada kurikulum pendidikan dasar.
3. Meninjau kembali rencana umum tata ruang istimewa pada zona pembangunan pada dataran rendah. Pada daerah yang rawan tsunami sebaiknya pembangunan diarahkan pada dataran yang lebih tinggi.
4. Filosofi bencana adalah berharap berbuat terbaik, berencana buat yang terburuk, kita tidak boleh tergantung pada peralatan tetapi kesiapan dan kesiagaan pemerintah dan masyarakat sangat diperlukan untuk mengurangi korban jiwa.
5. Teknologi peringatan dini Tsunami dan kearifan lokal adalah dua sisi mata uang yang saling melengkapi, peringatan dini Tsunami memastikan tentang adanya tsunami secara teknis dan kearifan lokal memastikan akan adanya tsunami berdasarkan pengalaman. Kedua sisinya akan dipersatukan pada sekeping uang logam yaitu dengan arif dan bijaksana melakukan yang terbaik untuk menyelamatkan jiwa anak bangsa.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2009. *Laporan Kejadian Tsunami Dekade Terakhir*. Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- Dewan Kelautan dan Perikanan. 2005. *Tsunami Early Warning System*. Jakarta: Dewan Kelautan dan Perikanan.
- Diposaptono S. 2005. *Teknologi Mitigasi Tsunami*. Materi Kesiapsiagaan dan Tanggap Darurat Bencana Tsunami di Wilayah Pesisir.
- Diposaptono S, Budiman. 2005. Tsunami. Bogor: Buku Ilmiah Populer.
- Hartoko A, Helmi M. 2005. Saatnya Pemda Memiliki Peta Rawan Bencana Untuk Wilayah Pesisir. Editor: Cahonar: Bencana Gempa dan Tsunami. Penerbit Buku Kompas, Jakarta. Hal:104–107.
- Idris I. 2005. Pengelolaan Pesisir Terpadu (*Integrated Coastal Management-ICM*) Dalam Rangka Mitigasi Bencana Tsunami. Prosiding Pelatihan Mitigasi, Kesiapsiagaan, dan Tanggap Darurat Bencana Tsunami di Wilayah Pesisir. Jakarta: Departemen Kelautan dan Perikanan (DKP), 1–16 hlm.
- Ingmanson DE, Wallace WJ. 1973. *Oceanography an Introduction*. Wadsworth Publishing Company, California.
- Latief H, Puspito NT, Imamura F. 2000. Tsunami Catalog and Zoning in Indonesia. *J Natural Disaster Sci* 22:25–43.
- Nungrat W. 2001. *Kondisi Geologi Indonesia*. Bandung: Ganesha Pr.
- Pusat Data dan Analisa Tempo 2006. Laporan Tahunan. Jakarta: Pusat Data dan Analisa Tempo.
- Roeslan K. 2005. Indonesia Adalah Laboratorium Alam Raksasa. Editor: Cahonar. Jakarta: Penerbit Buku Kompas, 72-75 hlm.
- Suyanto. 2005. *Gempa dan Tsunami di Indonesia*. Departemen Geofisika dan Meteorologi. Bogor: Institut Pertanian Bogor Press.
- Wardhana Y. 1998. Geologi Indonesia. *Makara Sains* 23:1-5.