

Jejak tsunami 25 Oktober 2010 di Kepulauan Mentawai berdasarkan penelitian kebumih dan wawancara

Yudhicara¹, Widjo Kongko², Velly Asvaliantina², Suranto², Sapto Nugroho², Andrian Ibrahim³, Widodo S. Pranowo⁴, Nils B. Kerpen⁵, Knut F. Krämer⁵, dan Oliver Kunst⁶

¹ Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Geologi, KESDM - Jl. Diponegoro no. 57 Bandung

² Balai Pengkajian Dinamika Pantai, BPPT - Jl.MH. Thamrin no. 8 Jakarta

³ Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, KESDM - Jl. Dr. Junjunan no. 236 Bandung

⁴ Balai Riset dan Observasi Kelautan, KKP - Jl. Dusun Daging Bawah Perancak Bali

⁵ Franzius, Institut Leibniz Universität Hannover, Jerman, D - 30060 Hannover German

⁶ Klima Campus, Universität Hamburg, Jerman, Griendelberg 5 D-20144 Hamburg German

SARI

Tsunami Mentawai yang terjadi pada 25 Oktober 2010 adalah kategori *tsunami earthquake*. Ciri dari kategori ini, antara lain guncangan gempa bumi terasa lemah tetapi berlangsung lama (~ 3 menit) dan menghasilkan tsunami cukup besar. Parameter tsunami yang terukur di lapangan, diketahui bahwa ketinggian *run up* maksimum 12,4 m di Pulau Sibigou, jarak genangan maksimum 450 m di Dusun Malakopa, kedalaman batimetri dekat pantai 2-15 m, dan ketebalan endapan pasir tsunami mencapai 12 cm di Teluk Makaroni. Berdasarkan keterangan dari saksi mata, sebelum tsunami berlangsung indikasinya adalah suara gemuruh dari arah laut dan perilaku burung camar yang mengeluarkan suara yang gaduh. Gelombang tsunami tiba di pantai 5-10 menit setelah guncangan gempa bumi sebanyak 3 sampai 4 kali gelombang. Gelombang yang kedua dianggap paling tinggi.

Kata kunci: gempa bumi, Tsunami Mentawai, ketinggian *run up*, jarak genangan

ABSTRACT

Tsunami Mentawai of 25 October 2010 is take in to tsunami earthquake catagory, which has weak shaking and slow duration (~ 3 minutes), but produce big tsunami. Tsunami parameter measurement obtained the maximum run up of 12.4 meters at Sibigou Island, maximum inundation of 450 meters at Malakopa Village, near coast bathymetry of 2-15 meters and tsunami sand deposits up to 12 cm at Makaroni Bay. According to the eyewitnesses, there are some precursors such as roaring sound from the sea and bird noisy sounds heard before the tsunami came. Tsunami arrived 5-10 minutes after earthquake, come inland about 3 to 4 times and the second wave was the highest.

Keywords: earthquake, Tsunami Mentawai, run up, inundation

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada 25 Oktober 2010, pukul 21:09:22 WIB terjadi gempa bumi dengan magnituda Mw 7,7 mengguncang Kepulauan Mentawai, Sumatera Barat. Gempa bumi ini berpusat di lepas pantai baratdaya Pulau Pagai, pada koordinat 3,484° Lintang Selatan dan 100,114° Bujur Timur dengan kedalaman 20,6 km di bawah dasar laut (USGS, 2010). Gempa bumi dangkal ini telah menghasilkan tsunami di sepanjang pantai Kepulauan Sipora, Pagai Utara, dan Pagai Selatan, Mentawai dan menewaskan 448 orang serta merusak fasilitas umum dan rumah penduduk (BNPB, 2010).

Selain mengguncang Kepulauan Mentawai, gempa bumi tersebut juga dirasakan di Bukit Tinggi, Sumatera Barat dan Bengkulu dengan skala intensitas III MMI. Bahkan guncangan gempa terasa hingga Singapura dan Thailand dengan intensitas yang lebih kecil, (USGS, 2010).

Berdasarkan tatanan tektoniknya, Gempa Mentawai 2010 terjadi akibat adanya penyesaran naik di permukaan pada batas lempeng subduksi Indo-Australia dan subduksi lokal Sunda. Pada lokasi ini, lempeng Indo-Australia bergerak ke arah utara-timurlaut terhadap lempeng Sunda dengan kecepatan 57-69 mm/tahun. Berdasarkan solusi mekanisme fokal dan kedalamannya, gempa ini memiliki mekanisme sesar naik, dan terjadi di sepanjang *plate interface*.

Gempa bumi yang pernah terjadi akibat tumbukan di zona subduksi wilayah ini adalah gempa berkekuatan Mw 8,5 dan 7,9 yang ber-

langsung pada 12 September 2007. Gempa Mentawai, 25 Oktober 2010 tampaknya terjadi di dekat zona yang pecah tersebut. Gempa Mentawai ini telah menambah urutan gempa bumi berskala besar di sepanjang *megathrust* Sunda. Dalam tahun 2004, terjadi gempa bumi berkekuatan Mw 9,3 mengambil tempat 800 km sebelah utara lokasi Gempa Mentawai, pada tahun 2005 wilayah ini kembali dilanda gempa berkekuatan Mw 8,6 berlokasi 700 km arah utara antara Nias dan Simeulue. Gempa yang terjadi pada tahun 2009 berpusat sekitar 300 km utara Padang berkekuatan Mw 7,5. Gempa Mentawai, 25 Oktober 2010 adalah perulangan dari kejadian yang sama yang pernah terjadi dalam tahun 1797 berkekuatan Mw 8,7-8,9 dan dalam jangkauan pecahnya terjadi pula gempa Mw 8,9 - 9,1 dalam tahun 1833 (Briggs dr., 2006).

Dalam rangka mempelajari dan mendokumentasikan jejak-jejak yang ditinggalkan oleh Tsunami 25 Oktober 2010, suatu tim yang terdiri dari gabungan berbagai instansi baik nasional maupun internasional yang tergabung dalam German-Indonesia Tsunami Survey Team (GITST) telah melakukan berbagai penelitian di Kepulauan Mentawai dan sekitarnya. Fakta yang diperoleh dari jejak tsunami tersebut, diharapkan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang dinamika dan evolusi tsunami serta dampaknya di daerah yang terlanda tersebut.

Maksud dan Tujuan

Maksud dari kegiatan ini adalah melakukan survei dalam rangka menyelidiki data-data tsunami dengan mengukur dan menganalisis jejak-jejak yang ditinggalkan oleh Tsunami

Mentawai yaitu pengukuran jarak genangan tsunami, ketinggian genangan, *run up* dan arah aliran tsunami di darat. Selain itu dilakukan juga pengukuran penampang pantai baik secara vertikal maupun horizontal, pengukuran endapan tsunami dan melakukan pengambilan contoh sedimen. Penelitian ini juga melakukan wawancara dengan masyarakat terutama yang bermukim di sepanjang pantai barat Pulau Sipora, Pagai Utara dan Pagai Selatan, Mentawai.

Sedangkan tujuannya adalah memperkirakan indikasi kenaikan (*uplift*) dan penurunan (*subsidence*) di lapangan, pengumpulan informasi mengenai kondisi serta jenis bangunan dan infrastruktur, serta wawancara dengan penduduk setempat yang berhasil menyelamatkan diri mengenai pengalaman dan kesaksiannya atas kejadian tsunami. Selain wawancara, para penduduk juga diberi daftar pertanyaan yang mengacu pada standar penyelidikan pasca-tsunami yang dikeluarkan oleh Unesco.

Data yang dikumpulkan tersebut akan dianalisis lebih jauh, untuk selanjutnya digunakan dalam meningkatkan pengetahuan kita pada karakter tsunami dan dampaknya. Temuan ini juga dapat dijadikan dasar untuk memberikan rekomendasi dalam rangka mitigasi bencana.

Waktu Pelaksanaan dan Personil

Kegiatan Survei Pasca-Tsunami Mentawai ini dilaksanakan pada tanggal 20 hingga 28 November 2010.

Pelaksana kegiatan tersebut terdiri dari berbagai disiplin ilmu yang berasal dari berbagai Instansi Pemerintah Indonesia bekerja sama dengan Pemerintah Jerman, yaitu BPPT, FI-

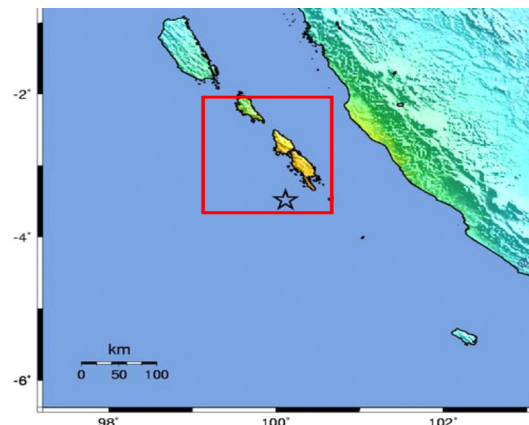
LUH Jerman, Universitas Hamburg Jerman, BDPD- BPPT, BRKP-KKP, PVMBG dan PPPGL (Gambar 1).



Gambar 1. Tim Survei Pasca-Tsunami Kepulauan Mentawai dan Kru Kapal Melaleuca. Foto: GITST.

Lokasi Penelitian Dan Pencapaian Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah kawasan sepanjang pantai yang terlanda tsunami, mulai dari Pulau Sipora, Pulau Pagai Utara hingga Pulau Pagai Selatan. Kawasan tersebut berada dalam posisi geografis $2^{\circ}00' - 4^{\circ}00'$ LS dan $99^{\circ}00' - 101^{\circ}00'$ BT, (Gambar 2).



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian dihubungkan dengan intensitas gempa bumi. Daerah penelitian termasuk dalam skala VI hingga VII MMI (USGS, 2010).

Daerah penelitian dapat dicapai dengan menggunakan kapal laut mulai dari Pelabuhan Bungus, Padang hingga ke titik-titik pengamatan yang direncanakan. Perjalanan survei melalui laut menggunakan Kapal Wisata Melaleuca dengan spesifikasi 101 GT, panjang 22 m dengan kapasitas mengangkut 15 orang penumpang (10 orang *scientist* dan 5 orang anak buah kapal) (Gambar 3).

Berdasarkan rute yang dilalui, waktu perjalanan yang diperlukan dari titik keberangkatan hingga titik pengamatan pertama ditempuh selama 12 jam. Untuk menghubungkan antara kapal motor dengan titik penelitian digunakan motor boat berkapasitas 10 orang.



Gambar 3. Kapal Melaleuca yang digunakan selama survei Pasca-Tsunami. Foto: GITST.

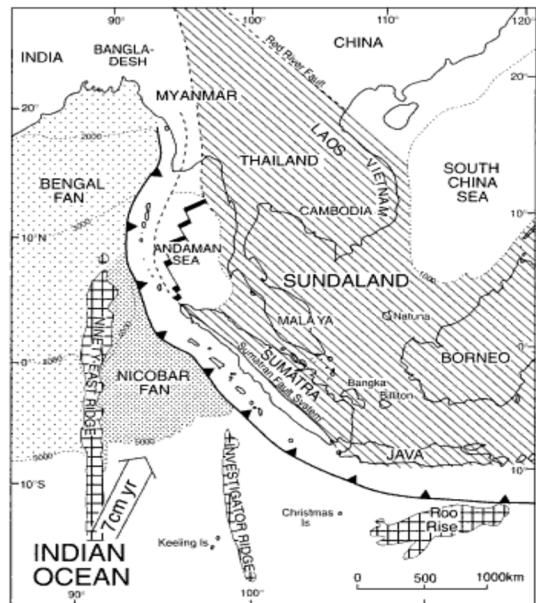


Gambar 4. Motor boat yang terbuat dari viber glass yang digunakan untuk operasional penghubung antara Kapal Survei Melaleuca dan lokasi penelitian di darat. Foto: GITST.

TINJAUAN PUSTAKA

Tatanan Tektonik Regional

Berdasarkan tatanan tektonik regional, Sumatera dan sekitarnya merupakan suatu tepian aktif di tenggara Kraton Sunda (*Sundaland*) yang memiliki pergerakan relatif ke arah timur-timur laut dengan kecepatan 7,7 cm/tahun (Gambar 5). Pergerakan tersebut telah menghasilkan subduksi miring (*oblique*) sekitar 45° di palung sunda, dan telah menghasilkan pergerakan ke arah baratdaya yang memisahkan lempeng Indo-Australia dengan lempeng Sundaland di sepanjang zona Benioff Wadati dengan kemiringan sekitar 30° . Akibat tunjaman miring tersebut Sistem Patahan Sumatera sepanjang Bukit Barisan dari Aceh hingga ke Selat Sunda, yang sejajar dengan jalur gunung api Kuarter di Pulau Sumatera, mengalami reaktifasi.



Gambar 5. Peta tatanan tektonik Sumatera (Barber drr., 2005).

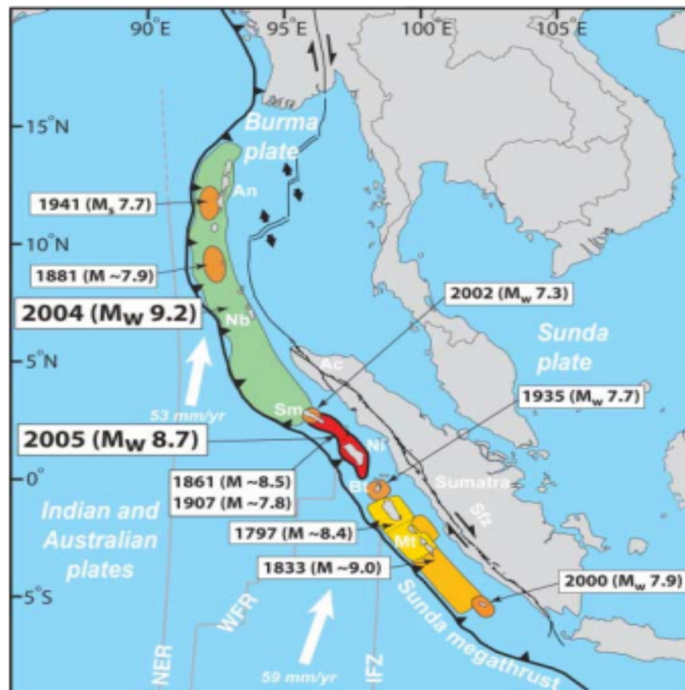
Kegempaan dan Tsunami

Berdasarkan sejarahnya, Perairan Barat Sumatera memiliki tingkat kegempaan yang sangat tinggi, hal ini dapat dilihat dari sebaran pusat gempa di wilayah tersebut dengan kedalaman pusat gempa yang semakin dalam ke arah timur. Gempa-gempa tersebut umumnya berasosiasi dengan Sistem Tunjaman Sunda yang menunjukkan adanya pergerakan relatif antara Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia.

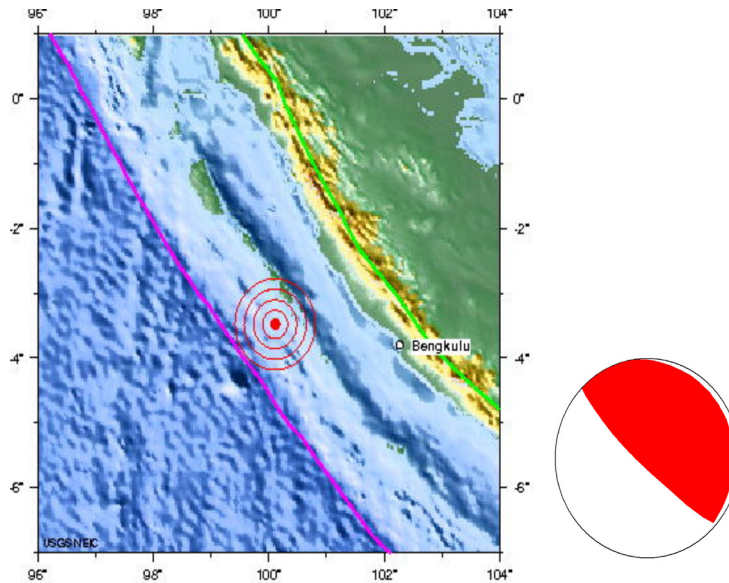
Gempa-gempa berkekuatan di atas Mw 7,0, karena Sistem Tunjaman Sunda sebagian telah menghasilkan tsunami yang cukup besar dan merusak. Berdasarkan data katalog gempa bumi menyebutkan gempa besar yang pernah terjadi dan menimbulkan tsunami di Perairan

Barat Sumatera antara lain, terjadi pada tahun 1797 (M~8,4); 1833 (M~9,0); 1861 (M~8,5); 1881 (Mw 7,3); 2004 (Mw 9,2); 2005 (Mw 8,7); dan 25 Oktober 2010 (gambar 6).

Gempa bumi Kepulauan Mentawai, 25 Oktober 2010, terjadi pukul 09:42:22 WIB, pada koordinat 3.484°LS, 100.114°BT, kedalaman 20,6 km di bawah dasar laut. Berdasarkan solusi mekanisme fokal yang dihitung dari momen tensor oleh Harvard CMT Catalog, gempa bumi ini memiliki mekanisme sesar naik, dengan arah bidang sesar relatif barat-laut-tenggara dengan arah jurus U319° T, dengan kemiringan 7° ke arah timurlaut, dan sudut rake 98°. Momen seismik yang dihasilkan oleh gempa tersebut adalah sebesar 6,66 x 10²⁷ dyne.cm (Nettles dr., 2010).



Gambar 6. Sejarah Kegempaan dan Tsunami di Perairan Barat Sumatera (Briggs dr., 2006).



Gambar 7. Solusi mekanisme gempa bumi 25 Oktober 2010 (Harvard CMT Catalog, 2010).

METODOLOGI

Metoda kegiatan survey meliputi studi literatur, penyiapan bahan dan peralatan, serta pengambilan data ke lapangan. Kegiatan lapangan antara lain meliputi:

- Penentuan posisi (lokasi titik pengamatan dan lintasan penelitian).
- Pengamatan karakteristik pantai daerah penelitian.
- Transek dan pengukuran penampang secara vertikal dan horisontal.
- Pengukuran parameter tsunami (ketinggian tsunami (*run up*), ketinggian genangan (*flow depth*), arah arus gelombang, jarak genangan).
- Pengambilan endapan tsunami (dimensi dan percontohan/sampling).

- Memperkirakan kenaikan (*uplift*), penurunan (*subsidence*) dan perubahan pantai.
- Pengukuran kedalaman dasar laut/batimetri perairan dekat pantai (pemeruman).
- Pengukuran topografi/transek secara vertikal dan horisontal.
- Inventarisasi jenis bangunan dan kerusakan infrastruktur.
- Wawancara dengan saksi mata.

Pengukuran topografi diperuntukkan untuk mengukur parameter tsunami antara lain; pengukuran tinggi *flow depth* tsunami, pengukuran maksimum *run up* tsunami, pengukuran maksimum inundation, pembuatan profil melintang *run up* tsunami, dan pembuatan profil lokasi pemukiman lama dan pemukiman relokasi.

Peralatan yang digunakan antara lain: seperangkat echosounder portable (gambar 9), RTKD GPS, handy GPS, total station, Kompas Geologi, Peralatan pengambilan contoh endapan (cangkul), kamera dan perlengkapan lainnya.

Pekerjaan yang dilakukan dalam survei topografi antara lain: *Remote Elevation*



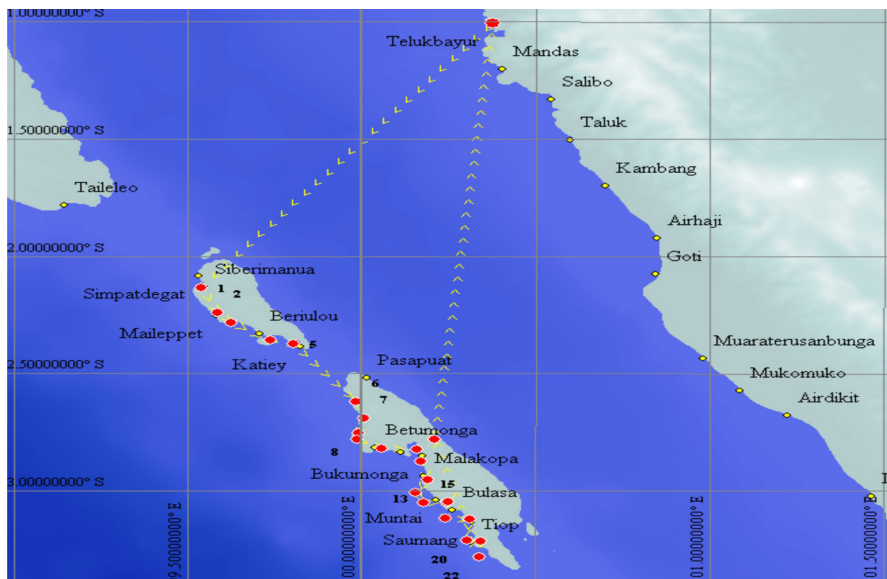
Gambar 9. Seperangkat alat pengukur kedalaman dasar laut (*echosounder*) dan pemasangan alat di perahu. Foto: GITST.

untuk pengukuran tinggi genangan tsunami; Pengukuran maksimum *run up* tsunami; Pengukuran maksimum pencapaian genangan tsunami di darat (inundasi); Pembuatan profil melintang *run up* tsunami; Pembuatan profil lokasi pemukiman lama dan pemukiman re-lokasi.

HASIL PENELITIAN

Arah lintasan dilakukan mulai dari Pelabuhan Bungus, Teluk Bayur, Padang berlanjut ke beberapa titik pengamatan di sepanjang pantai di Pulau Sipora, Pagai Utara dan Pagai Selatan (Gambar 10). Total jarak survei mencapai lebih dari 1000 km, dengan 26 titik pengamatan dan 23 kali lego jangkar. Pengambilan contoh sedimen tsunami terdiri dari 20 lokasi.

Berdasarkan jejak yang ditinggalkan oleh tsunami, diantaranya goresan pada batang pohon dan sisa genangan air pada dinding bangunan,



Gambar 10. Peta Lintasan Survei. (GITST, 2010).

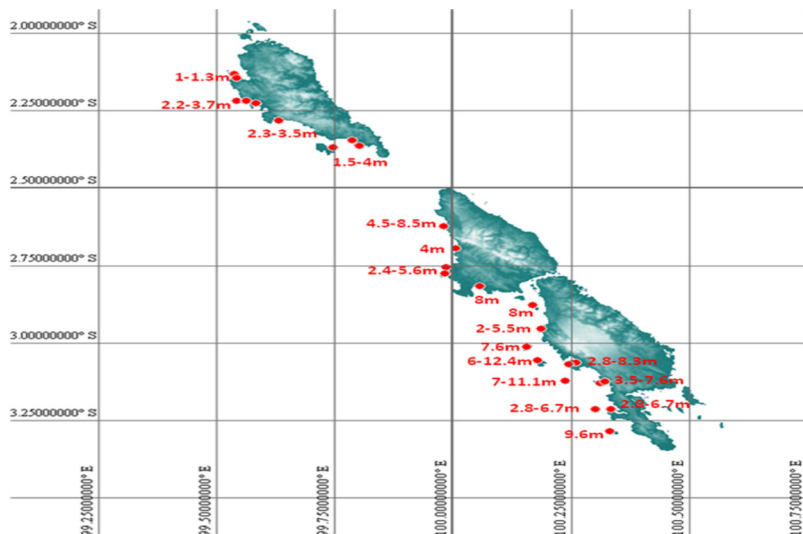
diperoleh ketinggian genangan tsunami dari permukaan tanah (*flow depth*). Hasil pengukuran ketinggian genangan tersebut, kemudian dikorelasikan dengan duduk tengah muka laut (*mean sea level / msl*) pada saat pengukuran dan nilai *msl* pada saat terjadinya, sehingga diperoleh nilai *run up* sesungguhnya. Nilai kisaran ketinggian *run up* di Pulau

Sipora adalah 1 - 4 m, di Pulau Pagai Utara 2,4 - 8 m, dan di Pulau Pagai Selatan 2,5 - 12,4 m (Gambar 12). Ketinggian tsunami *run up* maksimum dijumpai di Pulau Sibigou setinggi 12,4 meter.

Hasil pengukuran topografi secara lateral, diketahui bahwa jarak pencapaian genangan tsunami ke darat maksimum sejauh 450 m



Gambar 11. Indikasi ketinggian genangan (*flow depth*) berupa goresan pada batang pohon, kiri, dan jejak genangan air pada dinding bangunan, kanan.
Foto: GITST.



Gambar 12. Data ketinggian *run up* tsunami di Pulau Sipora dan Pagai (GITST, 2010).

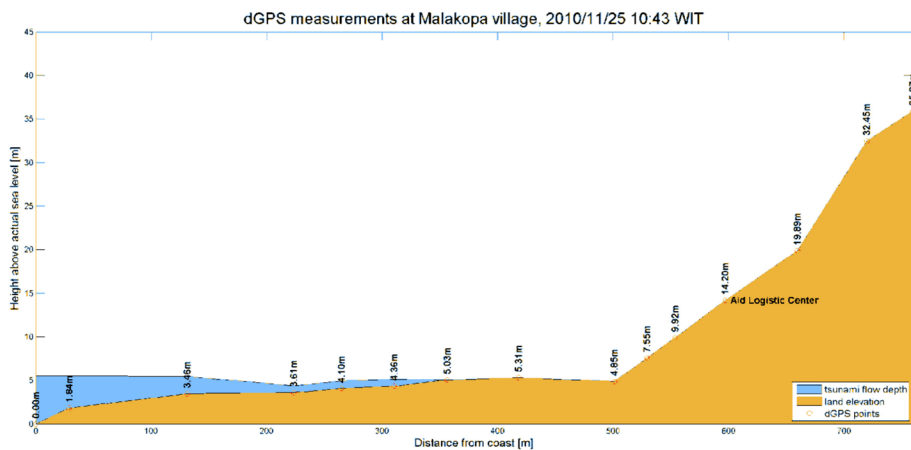
dari garis pantai dijumpai di Desa Malakopa, Pagai Utara. Berikut ini adalah hasil transek yang dilakukan di Desa Malakopa (Gambar 13), dimana penampang ketinggian topografi di atas permukaan laut memperlihatkan, bahwa lokasi logistik yang dipersiapkan untuk evakuasi masyarakat di desa ini sangat aman dari jangkauan gelombang tsunami, yaitu setinggi 14,2 m di atas duduk tengah muka laut (MSL).

Hasil pengukuran penampang topografi tersebut juga menemukan beberapa lokasi relokasi

pemukiman yang telah disiapkan oleh pemerintah setempat yang ternyata berada di lokasi yang aman dari jangkauan tsunami, seperti yang dijumpai di Dusun Asahan, Desa Bula-sat.

Berdasarkan hasil pengukuran kedalaman laut (batimetri), yang dilakukan di 7 teluk diperoleh kisaran kedalaman di masing-masing lokasi pengukuran yang ada dalam tabel 1.

Pengukuran kedalaman dasar laut lokal yang dilakukan di perairan dekat pantai ini, akan



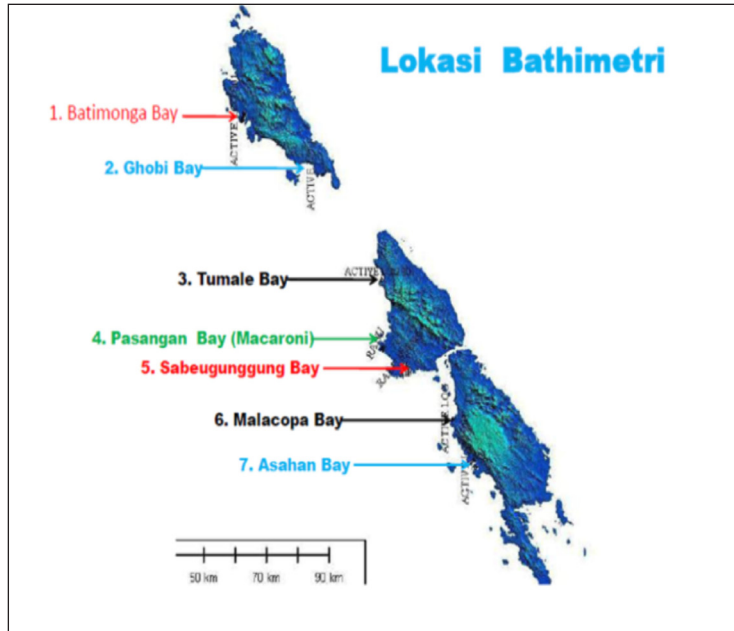
Gambar 13. Penampang lateral topografi daerah Malakopa, pusat logistik berada pada jarak aman jangkauan tsunami. (GITST, 2010).

Tabel 1. Kedalaman Dasar Laut di Beberapa Teluk di Daerah Penelitian (GITST, 2010)

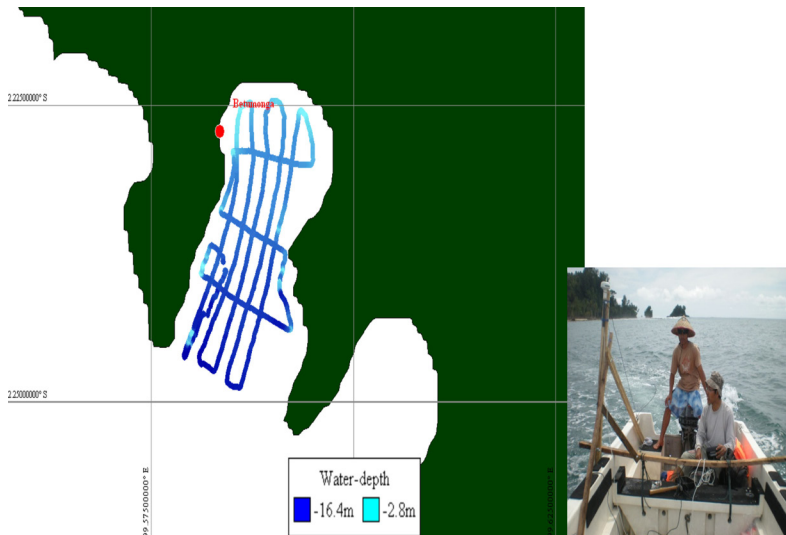
No.	Nama Teluk	Kedalaman minimum (m)	Kedalaman maksimum (m)
1.	Asahan	1,7	15,2
2.	Betumonga	2,8	16,4
3.	Bosua	2,2	22,3
4.	Malakopa	2,4	16,5
5.	Makaroni	1,2	16
6.	Sabeugunggung	3,9	30,4
7.	Tumalei	2,1	13,4

sangat berguna untuk mengetahui perubahan topografi dasar laut setelah kejadian tsunami, maupun keperluan pemodelan untuk studi lebih lanjut.

Litologi penyusun pantai umumnya disusun oleh hamparan batugamping terumbu, sebagian disusun oleh pasir berwarna putih, hanya di Malakopa yang tersusun oleh enda-



Gambar 14. Lokasi pengukuran kedalaman dasar laut. (GITST,2010).



Gambar 15. Contoh lintasan pengukuran batimetri di Teluk Betumonga. Foto: GITST.

pan pasir pantai berwarna abu-abu. Fragmen koral secara umum terdapat pada endapan penyusun pantai. Terdapat dua jenis material yang dibawa oleh gelombang tsunami, yaitu bongkah terumbu koral dan endapan pasir halus hingga kasar.

Berdasarkan hasil pengukuran di 20 lokasi pengamatan, ketebalan endapan tsunami berkisar antara 1,5 hingga 12 cm, secara umum tersusun oleh pasir berukuran halus hingga kasar yang terendapkan di atas lingkungan darat, dimana batas antara lapisan endapan tsunami dengan tanah yang mendasarnya adalah bidang erosional. Ketebalan endapan tsunami maksimum di beberapa lokasi ditampilkan pada Tabel 2.

Di beberapa tempat ditemukan bongkah terumbu koral, dimana bongkah-bongkah paling besar dan berat dijumpai Pulau Kasi (> 80 ton) (Gambar 17). Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa bagian atas dan bawah dari batu gamping terumbu telah terbalik. Berdasarkan bukti-bukti yang terdapat di sekitar batu gamping yang terangkut tersebut ditemukan goresan yang memperlihatkan adanya arah arus yang memindahkan bongkah tersebut dengan arah 350° . Adapun dimensi paling besar yang ditemukan di lokasi ini adalah sebesar $4 \times 5 \times 4$ m.

Kerusakan yang dialami oleh masyarakat di wilayah bencana, antara lain adalah kerusakan infrastruktur berupa hancurnya pemu-



Gambar 16. Endapan tsunami yang dijumpai di Sabeugunggung (kiri) dan Malakopa (kanan). Foto: GITST.



Gambar 17. Terumbu koral yang terangkut dan diendapkan di atau dekat pantai, contoh di Pulau Kasi, Pagai Utara. Foto: GITST.

Tabel 2. Ketebalan Endapan Tsunami Maksimum di beberapa Lokasi Penelitian (GITST, 2010)

No.	Lokasi	Posisi Koordinat		Ketebalan endapan maksimum (cm)
		Bujur Timur	Lintang Selatan	
1.	Tjg Betumonga	99.5838056	-2.22402778	2
2.	Dusun Matubtuman	99.6230833	-2.27347222	2
3.	Dusun Bosua	99.8027778	-2.36711111	2
4.	Dusun Tumalei	99.97975	-2.62516667	2
5.	Silabu-labu	99.98565	-2.75596667	12
6.	Makaroni Bay	99.9833889	-2.776	12
7.	Sabeugungung	100.056472	-2.98352778	7
8.	Dusun Malakopa	100.191194	-2.96027778	10
9.	Bitojat Besar	100.155444	-3.01147222	10
10.	Pulau Sibigou	100.17965	-3.05633333	1.5
11.	Pulau Kasi	100.2452	-3.06851667	5, 6
12.	Dusun Asahan	100.251167	-3.03752778	1.5
13.	Pulau Siumang	100.314306	-3.11975	6
14.	Dusun Limosua	100.334944	-3.21463889	1.3
15.	Pulau Sibaru-baru	100.332472	-3.286	6.3



Gambar 18. Pengerukan akibat tsunami di Pulau Libuat, Pagai Selatan
Foto: GITST.

kiman penduduk baik sebagian maupun hancur secara total. Saat dilakukan survei, sudah terhitung hampir satu bulan setelah kejadian, masyarakat masih tinggal di lokasi-lokasi pengungsian. Mereka khawatir akan terjadi gempa bumi susulan dan akan terjadinya

gempa bumi yang lebih besar, seperti diinformasikan oleh suatu lembaga penelitian.

Hasil wawancara dengan masyarakat di sepanjang daerah survei, diperoleh informasi dasar sebagai berikut:



Gambar 19. Kerusakan pemukiman hancur total di Dusun Tumalei, kiri dan kerusakan bangunan pemukiman sebagian, tampak bangunan bergeser dari pondasinya, kanan. Foto: GITST.

1. Masyarakat baik di Pulau Sipora, Pagai Utara dan Pagai Selatan, mayoritas bermata pencaharian sebagai petani.
2. Sumber listrik berasal dari diesel (generator) yang dimiliki perorangan, sel tenaga matahari dan minyak tanah.
3. Bangunan untuk rumah kebanyakan terbuat dari kayu dan batu bata.
4. Masyarakat masih merasakan trauma dan ketakutan akibat gempa dan tsunami 25 Oktober 2010, dan mengkhawatirkan gempa bumi berikutnya yang diisukan berkekuatan 8,9 Skala Richter, yang diramalkan akan terjadi di Kepulauan Siberut.



Gambar 20. Wawancara dengan masyarakat di Tumalei (kiri) dan Malakopa (kanan). Foto: GITST.

Banyak informasi yang diperoleh menjelang datangnya tsunami, misalnya perilaku burung, suara yang datang dari tengah laut dan sebagainya. Informasi tersebut diperoleh dari kesaksian penduduk yang sempat menyelamatkan diri sebelum bencana berlangsung.

Beberapa keterangan penduduk yang merasakan dan menyaksikan gempa bumi dan tsunami, adalah sebagai berikut:

- Guncangan gempa bumi yang dirasakan relatif tidak terlalu besar dibandingkan dengan Gempa bumi Bengkulu, tahun 2007, tetapi lamanya (durasi) gempa dirasakan cukup lama, berlangsung sekitar 3 menit.
- Antara 5-10 menit setelah guncangan gempa mereda, terdengar suara gemuruh dari arah laut. Gemuruh itu bagaikan suara pesawat terbang atau puluhan truk yang sedang menanjak. Akibat suara gemuruh itu beberapa burung camar tampak berperilaku aneh dan mengeluarkan suara yang gaduh.
- Sebanyak 3 atau 4 puncak gelombang laut yang menghampiri daratan selama tsunami berlangsung. Gulungan gelombang kedua adalah yang tertinggi dan terbesar.

Kesiapan dan kendala masyarakat Mentawai terhadap gempa bumi dan tsunami:

- Secara umum, kesiapan dan pengetahuan masyarakat mengenai bencana gempa bumi dan tsunami sudah memadai. Mereka telah mendapatkan sosialisasi dan pelatihan dari Lembaga Swadaya Ma-

syarakat (LSM), seperti SurfAid, CDRM dan lain sebagainya.

- Sudah ada rute-rute evakuasi untuk penyelamatan diri terhadap tsunami
- Kendala yang dialami oleh penduduk adalah kurang memadainya sarana transportasi dan komunikasi. Hal ini menjadi tantangan yang berat bagi penyebaran peringatan dini bencana, khususnya bencana gempa bumi maupun tsunami.
- Indikasi kemungkinan berlangsungnya tsunami menyusul gempa bumi diperoleh dari alam. Penduduk mendengar berupa bunyi/suara gemuruh dan pekikan burung dari arah laut.
- Waktu tiba tsunami di darat berlangsung sangat singkat, antara 5 hingga 10 menit, sehingga sebagian penduduk tidak sempat menghindar.

Saat dilaksanakan survei ini, beberapa pemuka desa meminta untuk dilakukan sosialisasi berupa penyampaian pengetahuan mengenai gempa bumi dan tsunami kepada masyarakat desa, karena isu akan adanya gempa menjadi sumber kekhawatiran bagi masyarakat desa, sehingga umumnya mereka meninggalkan rumah dan ternak di kampung, sedangkan mereka berbondong-bondong pergi menyelamatkan diri ke tempat tinggi.

DISKUSI

Gempa bumi yang mengguncang Kepulauan Mentawai, Sumatera Barat pada 25 Oktober 2010, pukul 21.09 WIB berkekuatan Mw 7,7 menghasilkan tsunami. Gempa yang ter-

golong besar itu dirasakan oleh penduduk lemah dibanding dengan gempa tahun 2007. Meskipun terasa lemah, tetapi berlangsung lama sekitar 3 menit. Pada umumnya indikasi serupa itu adalah ciri dari fenomena tsunami gempa (tsunami earthquake). Gelombang yang dihasilkan lebih besar daripada momen gempa yang menjadi penyebabnya.

Berdasarkan Bilek dan Engdahl, 2007, tsunami gempa ditandai dengan tinggi tsunami yang dihasilkan lebih besar dari pada magnitudo gempa yang menyebabkannya.

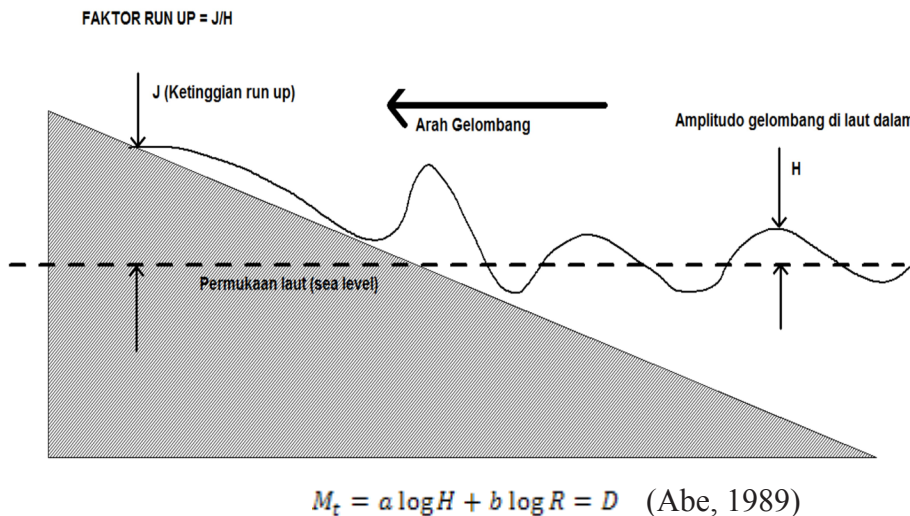
Tsunami earthquake dapat diketahui dengan membandingkan magnitudo tsunami M_t dengan magnitudo gempa bumi (moment magnitude M_w). Magnitudo tsunami (M_t) adalah angka yang digunakan untuk membandingkan ukuran tsunami yang dihasilkan oleh gempa bumi yang berbeda dan dihitung menggunakan logaritma dari amplitudo maksimum suatu gelombang tsunami yang terekam di stasiun pasang surut yang jauh dari sumber

tsunami (USGS, 2010) (Gambar 21).

Dimana H merupakan amplitudo maksimum di stasiun pasang surut, dan R adalah jarak stasiun terhadap sumber gempa.

Untuk gempa normal M_w relatif sama dengan M_t . Gempa Pangandaran dengan $M_w=7,7$ menghasilkan $M_t=8,1$. Sehingga gempa Pangandaran merupakan tsunami earthquake atau slow earthquake, hampir tidak terasa getarannya, namun tsunami yang dihasilkan cukup besar.

Mekanisme tsunami earthquake adalah disebabkan lokasi gempa tersebut berada di ujung trench dengan "fault plane" (bidang sesar) tidak perlu panjang tapi sudah dapat menyebabkan tsunami dengan amplitudo yang tinggi (Satake and Tanioka, 1999). Ditambah kemungkinan terangkatnya juga endapan sedimen laut di atasnya yang ikut menjadi katalisator untuk semakin tingginya amplitudo tsunami (dalam Ginanjar, 2010).



Gambar 21. Persamaan Tsunami earthquake.

Mekanisme tsunami earthquake antara lain, adalah sebagai berikut:

- Gempa bumi dengan proses rupture yang lambat dan panjang (Kanamori, 1972).
- Sumber gempa bumi terdapat di dalam lapisan sedimen dangkal (Fukao, 1979; Okal, 1988).
- Sumber gempa bumi terdapat pada batas lempeng dekat palung (Pelayo and Wien, 1992; Satake and Tanioka, 1999).
- Longsor yang dipicu oleh gempa bumi juga bisa menjadi penyebab "tsunami earthquake".

Tsunami earthquake yang terjadi di Banyuwangi dan Pangandaran dihasilkan oleh gempa bumi yang mempunyai magnitudo Mw 7,8 dan Mw 7,7 secara berurutan, dan keduanya telah menyebabkan ketinggian gelombang tsunami yang cukup besar ($> 8\text{m}$) dan menimbulkan kematian ratusan jiwa manusia. Gempa bumi susulan yang dihasilkan oleh kedua gempa tersebut didominasi oleh mekanisme gempa normal, yang menunjukkan hal yang tidak biasa untuk suatu gempa besar yang bermekanisme sesar naik. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh lemahnya bidang sesar yang tidak mampu menghasilkan gempa susulan dengan mekanisme sesar naik.

Gempa bumi yang menghasilkan tsunami pada tanggal 25 Oktober 2010 di Kepulauan Mentawai, termasuk ke dalam kasus tsunami earthquake yang fenomenal ini, namun perbedaan yang dihasilkan oleh gempa ini adalah, bahwa gempa-gempa susulannya didominasi

oleh mekanisme gempa sesar naik.

KESIMPULAN

1. Tsunami Mentawai 25 Oktober 2010 adalah tsunami gempa (tsunami earthquake).
2. Sebelum gelombang laut menerjang daratan terdengar suara gemuruh dari arah laut disertai dengan suara gaduh burung camar.
3. Tinggi *run up* maksimum mencapai 12,4 m di Pulau Sibigou, sedangkan jarak genangan maksimum 450 m di Dusun Malakopa.

Ucapan Terimakasih

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memungkinkan kegiatan survey pasca-tsunami Kepulauan Mentawai ini dapat terlaksana. Pimpinan di Badan Geologi, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, dan BRKP-Kementerian Kelautan dan Perikanan yang telah memberikan ijin mengikuti kegiatan ini. Ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada *German Research Center for Geosciences (GFZ)*, yang telah membiayai seluruh operasional kegiatan ini. Terima kasih kepada Bapak Ade Edward atas kerjasamanya, dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas bantuannya sehingga kegiatan ini dapat berjalan dengan baik dan lancar.

ACUAN

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), 2010, <http://www.bnpb.go.id/irw/beritapascabencana.asp?id=5>.

Barber, A.J., Crow, M.J., Milsom, J., (Editors), 2005, *Sumatra: geology, resources and tectonic evolution*, a book of Geological Society Memoir No. 31, Geological Society of London.

Briggs, R.W., Sieh, K., Meltzner, A.J., Natawidjaja, D.H., Galetzka, J., Suwargadi, B., Hsu, Y.-J., Simons, M., Hananto, N., Suprihanto, I., Prayudi, D., Avouac, J-P, Prawirodirdjo, L., dan Bock, Y., 2006, *Deformation and slip along the Sunda Megathrust in the Great 2005 Nias-Simeulue Earthquake*, Science, Vol. 311, No. 5769, hal. 1897-1901, DOI: 10.1126/Science.1122602.

Ginjar, G., 2010, "*Tsunami Earthquake*" di *Indonesia*, www.bmkg.go.id, ditulis pada minggu, November, 2010.

Harvard CMT Catalog, 2010, *Global CMT Catalog for Mentawai*, <http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html>.

Nettles, M., Ekstrom, G., dan Koss, H., 2010, *Global CMT Project Moment Tensor Solution of October 25, 2010, Kep. Mentawai Region, Indonesia Mw=7.8*, http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqinthenews/2010/usa00043nx/neic_a00043nx_gcmt.php.

United State of Geological Survey (USGS), 2010, 2010, *Magnitude 7.7 - KEPULAUAN MENTAWAI REGION, INDONESIA*, Significant earthquake and news headlines archive, Earthquake Hazards Program, <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqinthenews/2010/usa00043nx/#scitech>.

