

Rekonstruksi Tsunami Mentawai dengan Menggunakan COMCOT v1.7

Reconstruction of Tsunami Mentawai Using COMCOT v1.7

Eva S. Ratuluhain^{1*}, Yunita A. Noya¹, Eko Pradjoko², Rahman¹, Ronald D. Hukubun¹

¹Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Pattimura, Maluku 97233, Indonesia.

²Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, NTB, 636133, Indonesia

Info Artikel:

Diterima: 06/10/2022

Disetujui: 24/10/2022

Dipublikasi: 26/10/2022

Kata Kunci:

COMCOT v1.7, kepulauan Mentawai, parameter Aida, tsunami.

Keywords:

COMCOT v1.7, Mentawai archipelago, Aida parameter, tsunami.

*Korespondensi:

evasusanratuluhain@gmail.com



Copyright © 2022 Author(s)

<https://ojs.poltesa.ac.id/index.php/nekton>

Abstrak. Penelitian tentang tsunami Mentawai sudah banyak dilakukan namun belum banyak yang mengulas tentang validasi tinggi *run-up* dibandingkan dengan hasil studi lapangan di tahun yang sama dengan tahun terjadinya tsunami Mentawai 25 Oktober 2010. Studi tentang rekonstruksi tsunami Mentawai dengan menggunakan COMCOT v1.7 bertujuan untuk memvalidasi tinggi *run-up* tsunami keluaran model dibandingkan dengan hasil studi lapangan oleh Tim GITST tahun 2010. Validasi model dilakukan dengan menggunakan parameter Aida, dengan menghitung rasio perbandingan antara hasil keluaran model dengan hasil studi lapangan. Lokasi kajian model dibagi menjadi 3 layer, yaitu layer01 mencakup Pulau Sipora, Pulau Pagai Utara dan Pagai Selatan, layer02 mencakup Pulau Pagai Utara dan Pagai Selatan, dan layer03 dengan fokus pengamatan di Pulau Sibigau, dengan resolusi batimetri yang digunakan masing-masing layer 464 m, 232 m, dan 77 m agar penalaran di lokasi pengamatan dapat terlihat dengan jelas. Tinggi tsunami hasil model berkisar antara 2,5 – 11,2 meter, dengan tinggi maksimum *run-up* teramati di Pulau Sibigau 11,2 meter, serta kisaran waktu tiba tsunami di darat adalah 5 – 15 menit. Rasio perbandingan antara hasil model dan studi lapangan adalah $K = 0,9$ dan k (standar deviasi) = 0,16. Berdasarkan rasio perbandingan, hasil keluaran model mendekati hasil sebenarnya.

Abstract. Many studies on the Mentawai tsunami have been carried out but not many have reviewed the validation of run-up height compared to the results of field studies in the same year as the Mentawai tsunami on October 25, 2010. The study on the Mentawai tsunami reconstruction using COMCOT v1.7 aims to validate the tsunami run-up height of the model output was compared with the results of the field study by the GITST Team in 2010. Validation of the model was carried out using the Aida parameter, by calculating the ratio of the comparison between the model output and the results of the field study. The study location of the model is divided into 3 layers, namely layer01 covering Sipora Island, North Pagai Island and South Pagai Island, layer02 covering North Pagai Island and South Pagai Island, and layer03 with the focus of observation on Sibigau Island, with bathymetric resolution used for each layer. 464 m, 232 m, and 77 m so that the propagation at the observation site can be seen clearly. The height of the modeled tsunami ranged from 2.5 – 11.2 meters, with a maximum run-up height observed on Sibigau Island of 11.2 meters, and the time range for the tsunami arriving on land was 5 – 15 minutes. The comparison ratio between the model results and the field study is $K = 0.9$ and k (standard deviation) = 0.16. Based on the comparison ratio, the model output is close to the actual result.

PENDAHULUAN

Kepulauan Mentawai diterjang tsunami pada tanggal 25 Oktober 2010 silam, dengan nilai *run-up* tertinggi mencapai 12 meter di Pulau Sibigau (Yudichara et al., 2010). Menurut hasil observasi lapangan oleh TIM GITST, penalaran tsunami telah mencapai Pulau Sipura yang merupakan jarak terjauh dari episenter gempa bumi pembangkit tsunami. Gempa bumi berkekuatan 7 Mw mengakibatkan adanya getaran yang lemah dengan durasi yang lama, namun

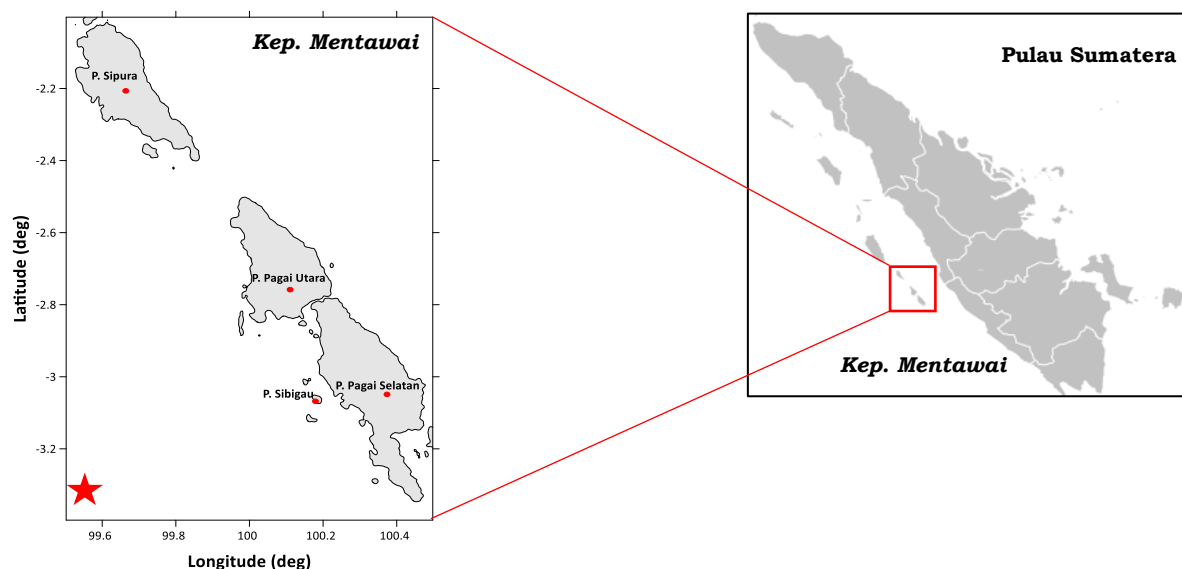
menghasilkan gelombang tsunami yang besar dengan 2 sampai 4 puncak gelombang hingga mencapai bibir pantai. Kepulauan Mentawai merupakan wilayah yang berhadapan dengan zona subduksi hasil tunjaman Lempeng Indo-Australia ke arah Lempeng Eurasia.

Studi tentang tsunami di Mentawai sudah banyak dilakukan seperti Damayanti (2020); Khoiridah et. al. (2017); Mutmainah et. al. (2016); Ibad & Santosa (2014); Setyonegoro et. al. (2012), namun belum ada diantaranya yang membuat validasi tinggi *run-up* tsunami dengan hasil studi lapangan pada tahun yang sama menggunakan Aida Parameter yang merupakan rasio perbandingan untuk validasi hasil model dengan kejadian sebenarnya. Tujuan dari penelitian ini adalah merekonstruksi ulang kejadian tsunami Mentawai untuk memvalidasi tinggi *run-up* tsunami dibandingkan dengan hasil studi lapangan oleh TIM GITST tahun 2010, khususnya *run-up* maksimum yang terjadi di Pulau Sibigau yakni 12 meter dengan menggunakan hasil keluaran model COMCOT v1.7. Hasil *output* model selanjutnya digunakan untuk menganalisa waktu penjalaran tsunami di Pulau Sipura, Pulau Pagai Utara dan Pagai Selatan.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kepulauan Mentawai, dengan wilayah yang dikaji sebagai daerah model berada pada posisi -2.002 – -4.898 LS dan 98.50 – 100.79 BT. Lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi kajian model (episenter ditandai dengan bintang merah)

Data dan Sumber Data

Data parameter sesar yang digunakan mengacu pada Setyonegoro et. al. (2012) dan Mutmainah et. al. (2016), dengan kedalaman sumber gempa 20,6 km, luas patahan 180 x 110 km, dislokasi 12,09 m, dan parameter *strike*, *dip*, *slip*

masing-masing 325°, 11,62°, 101,46°. Layer simulasi dibagi menjadi 3 layer dengan resolusi masing-masing 464 m, 232 m, dan 77 m. Data batimetri diperoleh dari situs GEBCO dengan resolusi spasial 15-arcsec. Data resolusi grid untuk tiap layer disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data Resolusi Grid Tiap Layer Simulasi

Layer	Posisi	Rasio	Resolusi grid (m)
Layer01	-4.898° – -2.002°LS 98.502° – 100.79°BT	-	464
Layer02	-3.37° – -2.50°LS 99.905° – 100.48°BT	2	232
Layer03	-3.18° – -2.90°LS 100.09° – 100.23°BT	6	77

Metode Analisis Data

COMCOT v1.7 digunakan untuk mensimulasikan penjalaran tsunami di Kepulauan Mentawai. *Output* model akan dipakai untuk menganalisis tinggi tsunami dan waktu penjalaran. Dalam memetakan penjalaran tsunami pada titik fokus pengamatan, maka layer domain untuk simulasi perlu untuk dibagi menjadi tiga, dengan pembagian sebagai berikut, layer domain disebut sebagai layer01, dan sub layer02 dan sub layer03. Layer01 mencakup keseluruhan wilayah di pulau Mentawai, sub layer02 mencakup pulau Pagai Utara dan Pagai Selatan, sedangkan sub layer03 hanya mencakup Pulau Sibigau yang memiliki tinggi *run-up* maksimum. Durasi *running model* diatur selama 1.800 detik (30 menit) dengan interval perekaman data setiap 60 detik (1 menit).

Dalam menyelesaikan persamaan pada perairan dangkal (*shallow water equation*) dalam koordinat *Spherical* dan *Cartesian*, COMCOT v1.7 mengunakan skema numerik *leap-frog*. Simulasi model pada penelitian ini menggunakan persamaan nonlinear dalam koordinat *Spherical* dengan melibatkan faktor gesekan dasar untuk menggambarkan Gerakan aliran saat menjalar memasuki perairan dangkal (Kajiura & Shuto, 1990; Liu et al., 1994; An et al., 2014). Persamaan nonlinear dalam koordinat *Spherical* serta persamaan gesekan dasar dapat ditulis sebagai berikut (Wang, 2009):

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \left\{ \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial y} \right\} = - \frac{\partial h}{\partial t}$$

$$\frac{\partial P}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \frac{P^2}{H} \right\} + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ \frac{PQ}{H} \right\} + gH \frac{\partial \eta}{\partial x} + F_x = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \frac{PQ}{H} \right\} + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ \frac{Q^2}{H} \right\} + gH \frac{\partial \eta}{\partial y} + F_y = 0$$

$$F_x = \frac{gn^2}{H^{7/3}} P(P^2 + Q^2)^{1/2}$$

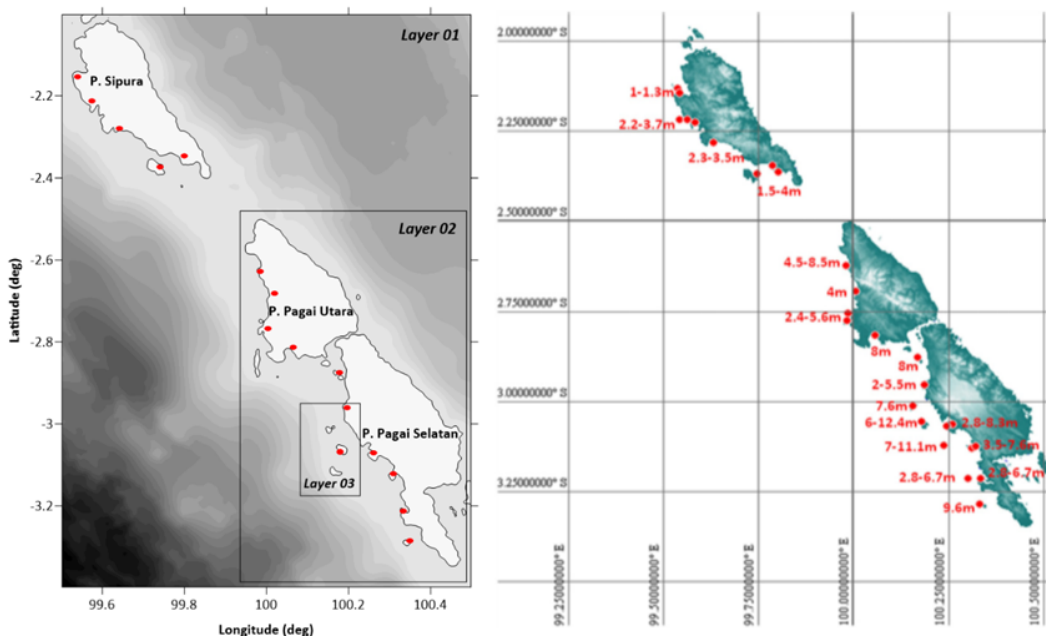
$$F_y = \frac{gn^2}{H^{7/3}} Q(P^2 + Q^2)^{1/2}$$

Keterangan :

- $H(h + \eta)$: total kedalaman air (m)
- P dan Q : volume fluks dalam arah x dan y (m^2/s)
- g : percepatan gravitasi (m/s^2)
- $F_x F_y$: gesekan dasar arah x dan y
- n : koefisien gesekan dasar

Nilai koefisien gesekan dasar yang dipakai merujuk pada nilai *Manning’s roughness formula* yakni 0,0013 untuk semua layer simulasi. Koefisien gesekan dasar yang dipilih dapat bervariasi untuk setiap layer simulai atau nilai tunggal untuk mewakili seluruh area pada wilayah kajian (Li et al., 2012; Prasetya et al., 2011).

Pengamatan tinggi *run-up* dilakukan pada 15 titik acuan dari hasil observasi lapangan yang tersebar pada 3 wilayah di Kepulauan Mentawai yaitu pulau Sipura 4 titik, pulau Pagai Utara 4 titik, dan pulau Pagai Selatan 7 titik. Sebaran titik pengamatan tinggi *run-up* disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Sebaran titik pengamatan tinggi *run-up* untuk perbandingan hasil model COMCOT (kiri) dan observasi Tim GITST (kanan)

Metode Validasi Data Model

Validasi terhadap hasil keluaran model COMCOT dilakukan dengan menghitung tingkat akurasi dari rasio antara tinggi tsunami maksimum di darat (*run-up*) dengan hasil observasi oleh Tim GITST (Yudhicara et al., 2010). Tingkat akurasi perbandingan hasil model terhadap kejadian sebenarnya, dihitung dengan menggunakan parameter Aida K dan k (Aida, 1978). Persamaan ini dapat ditulis sebagai berikut :

$$= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log K_i$$

$$\log k = \left[\frac{1}{n} \left\{ \sum_{i=1}^n (\log K_i)^2 - n(\log K)^2 \right\} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$K_i = \frac{R_i}{H_i}$$

K_i adalah rasio antara tinggi tsunami observasi (R_i) pada lokasi I , H_i adalah tinggi tsunami hasil model pada lokasi yang sama, dan n merupakan jumlah data untuk evaluasi. Jika rasio perbandingan tsunami pada nilai rerata $K = 1.0$ atau mendekati “1” dan standar deviasi yang dihitung semakin kecil, maka nilai tinggi tsunami dikatakan mendekati kejadian sebenarnya (Komata, 2019). Kisaran nilai K dan standar deviasi k untuk mengevaluasi penerapan model simulasi tsunami telah banyak diaplikasikan, dan direkomendasikan oleh *The Japan Society of Civil Engineering* (JSCE) dengan kisaran nilai $0.95 < K < 1.05$ dan $k < 1.45$ (Gusman et al., 2014; Pakoksung et al., 2018).

HASIL DAN PEMBAHASAN

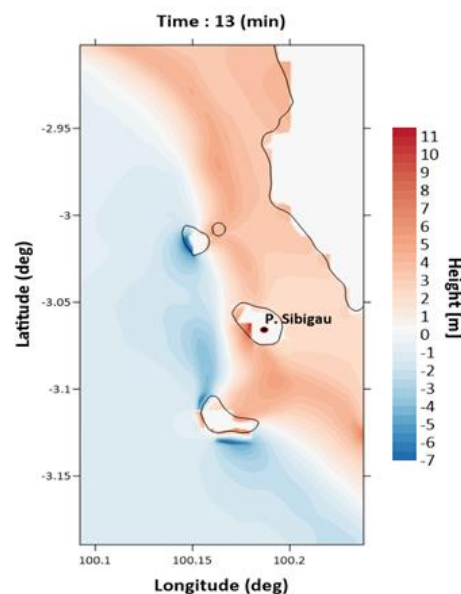
Validasi Hasil Keluaran Model COMCOT

Validasi terhadap hasil keluaran model COMCOT dilakukan dengan menghitung rasio perbandingan antara tinggi tsunami maksimum di darat (*run-up*) dengan nilai sebenarnya. Hasil perhitungan rasio antara tinggi *run-up* tsunami Mentawai hasil observasi GITST dengan keluaran model COMCOT disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rasio tinggi tsunami Mentawai antara hasil observasi Tim GITST dengan keluaran model COMCOT v.17

Titik pengamatan	H_{\max} Obs. GITST 2010 (m)	H_{\max} Model COMCOT (m)	K
Pulau Sipura	Titik 1	1,3	0,6
	Titik 2	3,7	0,7
	Titik 3	3,5	0,9
	Titik 4	4	0,8
	Titik 5	8,5	0,9
Pulau Pagai Utara	Titik 6	4	0,7
	Titik 7	5,6	0,9
	Titik 8	8	0,9
	Titik 9	8	0,9
	Titik 10	5,5	0,9
Pulau Pagai Selatan	Titik 11	8,3	1,1
	Titik 12	7,6	0,8
	Titik 13	6,7	0,7
	Titik 14	9,6	0,9
	Titik 15	12,4	1,0
<i>Rata-rata</i>			0,9

Tinggi *run-up* keluaran model berkisar antara 2,4-11,2 m, sedangkan tinggi *run-up* hasil observasi GITST berkisar 1,3-12,4 m. Secara keseluruhan tinggi *run-up* keluaran model dan observasi menunjukkan bahwa Pulau Pagai Selatan memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan Pulau Pagai Utara dan Pulau Sipura (Tabel 2). Tinggi tsunami maksimum teramati pada lokasi yang sama yaitu Pulau Sibigau dengan nilai 11,2 m (Titik 15, Tabel 2). Resolusi peta batimetri dan nilai koefisien gesekan dasar (*Manning's roughness coefficient*) yang digunakan dalam menjalankan simulasi model sangat mempengaruhi nilai *run-up* yang dihasilkan. Nilai *run-up* dapat lebih mendekati kejadian sebenarnya atau sebaliknya (Satake et al., 2013; Setyonegoro et al., 2012). Nilai rata-rata rasio perbandingan (K) antara tinggi *run-up* hasil observasi dan keluaran model COMCOT adalah 0,9 dengan standar deviasi (k) 0,16. Hasil validasi terhadap tinggi *run-up* maksimum di darat di Pulau Sibigau, ditampilkan pada Gambar 3.

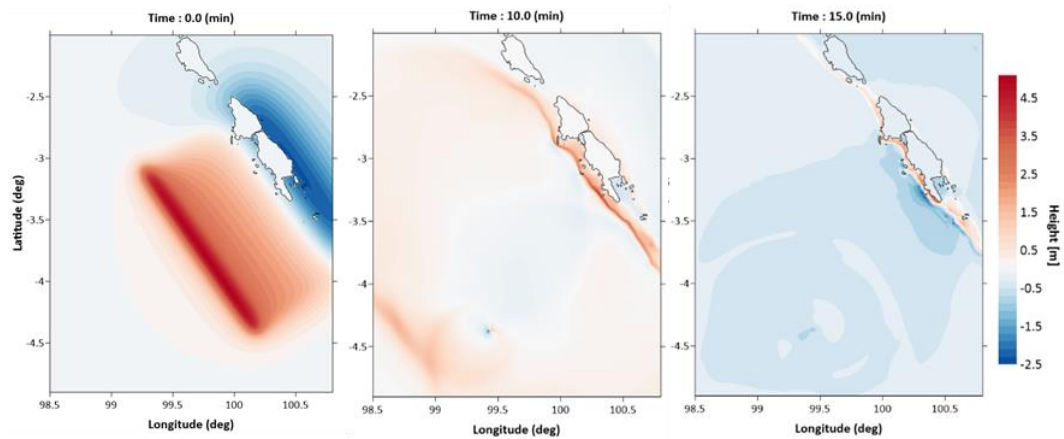


Gambar 3. Snapshot model penjalaran tsunami layer03 di Pulau Sibigau pada menit ke 13.

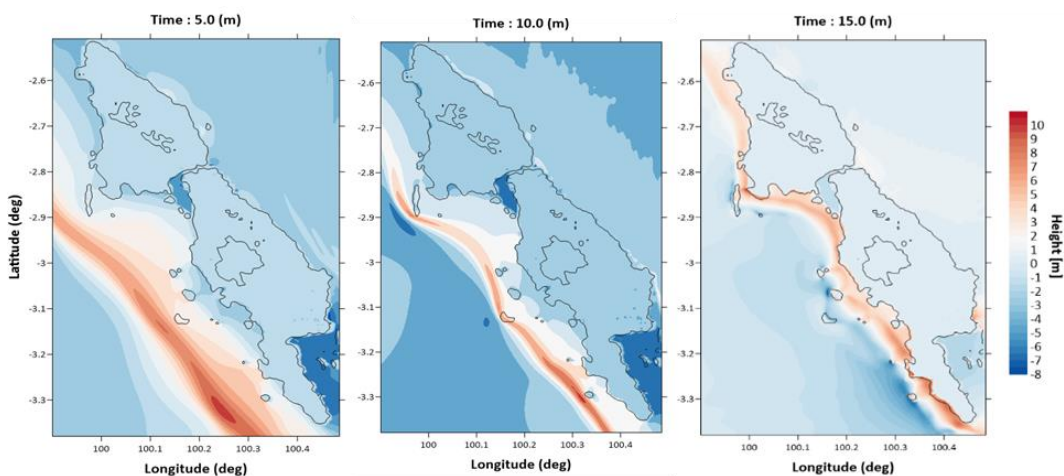
Tinggi tsunami ketika mencapai daratan sangat bervariasi dikarenakan jarak yang bervariasi dari masing-masing titik pengamatan dengan episenter gempa bumi. Nilai tinggi tsunami pada Pulau Sipura (Tabel 2) lebih rendah dibandingkan Pulau Pagai Utara dan Selatan karena memiliki jarak yang lebih jauh. Pada menit ke-13, rayapan gelombang yang tiba pada pesisir pantai Pulau Sibigau meningkat hingga mencapai 11,2 m dan merupakan tinggi *run-up* maksimum pada Kepulauan Mentawai. Tinggi gelombang akan meningkat seiring dengan penjalarnya ketika mencapai lokasi yang lebih dekat dengan episenter dan ketika memasuki perairan dangkal dengan topografi yang landai (Pradjoko 2014; Sugianto et al., 2017). Tinggi awal tsunami sebesar 5 meter yang terbentuk sangat dipengaruhi oleh besarnya kekuatan gempa, dislokasi serta luas patahan yang terjadi, dan akan meningkat saat mencapai pantai. Hal ini dipengaruhi oleh efek *shoaling* dan pengaruh gesekan dasar (IOC, 2006; Pradjoko et al., 2014; Wang, 2009).

Waktu tiba tsunami

Snapshot pola penjalaran tsunami Mentawai keluaran model pada menit ke 0, 10, dan 15 layer01 disajikan pada Gambar 4, sedangkan snapshot pola penjalaran menit ke 9, 13, dan 15 layer02 disajikan pada Gambar 5.



Gambar 4. Snapshot model penjalaran tsunami layer01 di Kepulauan Mentawai pada menit ke 0, 10 dan 15.



Gambar 5. Snapshot model penjalaran tsunami layer02 di Kepulauan Mentawai pada menit ke 10, 13, dan 15.

Pola penjalaran pada Gambar 4 dan Gambar 5 memperlihatkan bahwa tsunami memasuki daerah pantai dengan jarak terdekat pada kisaran waktu antara 5 – 10 menit dan kisaran sampai 15 menit mencapai Pulau Sipora. Hasil model menunjukkan waktu tiba tsunami tergantung dari jarak antara episenter dengan titik pengamatan (Yudichara et al., 2010; Ibad & Santosa, 2014). Estimasi waktu ini sesuai dengan hasil wawancara Tim GITST dengan masyarakat setempat bahwa gelombang tiba di pantai sekitar 5 - 10 menit setelah guncangan gempa terjadi. Gelombang tiba terlebih dahulu pada menit ke-10 di beberapa lokasi seperti Pulau Sibigau dan pulau-pulau kecil lainnya yang berada dekat dengan sumber pembangkitan tsunami. Jarak titik pengamatan dengan episenter sangat mempengaruhi variasi waktu tiba tsunami (Disposaptono, 2006; Pradjoko et al., 2018).

KESIMPULAN

Berdasarkan rasio perbandingan nilai K dan k (standar deviasi) serta waktu tiba tsunami yang diperoleh, maka dapat disimpulkan bahwa keluaran model COMCOT dapat dipakai untuk merepresentasikan kejadian sebenarnya dari peristiwa tsunami di Kepulauan Mentawai.

DAFTAR PUSTAKA

- Aida, I. (1978). Reliability of a tsunami source model derived from fault parameters. *J. Phys. Earth*, 26, 57–73.
- An, C., Ignacio, S., & Liu, P. L. F. (2014). Tsunami Source and It's Validation of The 2014 Iquique, Chile Earthquake. *Geophysical Research Letters*, 41, 3988–3994. <https://doi.org/10.1002/2014GL060567>
- Damayanti, C., Yamko, A. K., Souisa, C. J., Barends, W., & Naroly, I. L. P. T. (2020). Pemodelan Segmentasi Mentawai-Pagai: Studi Kasus Gempa Megathrust di Indonesia. *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing*, 1(2), 105–110. <https://doi.org/10.23960/jgrs.2020.v1i2.56>
- Disposaptono, B. S. (2006). *Tsunami*. Buku Ilmiah Populer. Bandung. 300 hlm.
- Gusman, A. R., Tanioka, Y., MacInnes, B. T., & Tsushima. H. (2014). A methodology for near-field tsunami inundation forecasting: Application to the 2011 Tohoku tsunami, *J. Geophys. Res. Solid Earth*, 119, 8186–8206. <https://doi.org/10.1002/2014JB010958>
- Ibad, M. I., & Santosa, B. J. (2014). Pemodelan tsunami berdasarkan parameter mekanisme sumber gempa bumi dari analisis *waveform* tiga komponen gempa bumi Mentawai 25 Oktober 2010. *J. Sains dan Seni Pomits*, 3(2), 2337–3520.
- Intergovernmental Oceanographic Commission. (2006). Tsunami Glossary. Paris, UNESCO. *IOC Technical Series*, 85.
- Kajiura, K., & Shuto, N. (1990). Numerical modeling of free-surface flows that are two-dimensional in plan. *Tsunami in the sea*, number 9 part B. pp 395–420. John Wiley and Sons, Inc.
- Khoiridah, S., Ibad, M. I., & Swtyonegoro, W. (2017). Validasi Potensi Tsunami Berdasarkan Estimasi Durasi Patahan dan Pemodelan Tsunami di Wilayah Barat Sumatera (Studi Kasus : Gempa Bumi Nias 2005 dan Mentawai 2010). *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 2(1), 39–54. <http://dx.doi.org/10.14203/oldi.2017.v2i1.17>
- Komata, R. (2019). Evaluation of Tsunami Scouring on Subsea Pipelines. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci*, 326, 6th International Conference on Coastal and Ocean Engineering 25–28 April, Bangkok, Thailand. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/326/1/012010>
- Li, L., Qiu, Q., & Huang, Z. (2012). Numerical modeling of the morphological change in Lhok Nga, West Banda Aceh, during the 2004 Indian Ocean

- Tsunami: Understanding tsunami deposits using a forward modeling method. *Nat. Hazards*, 64, 1549-1574.
- Liu, L. F. P., Cho, S. Y., Yoon, B. S., & Seo, N. S. (1994). Numerical simulations of the 1960 Chilean tsunami propagation and inundation at Hilo, Hawaii. *Recent Development in Tsunami Research*. pp99-115. Kluwer Academic Publishers.
- Mutmainah, H., Christiana, D.W., & Kusumah, G. (2016). Tsunami Mentawai 25 Oktober 2010 (simulasi COMCOT v1.7) dan dampaknya kini terhadap pantai barat Mentawai. *Jurnal Kelautan: Indonesia J. of Marine Science and Technology*, 9(2): 175-187. <https://doi.org/10.21107/jk.v9i2.1917>
- Pradjoko, E., Kusuma, T., Setyandito, O., Suroso, A., & Harianto, B. (2014). The tsunami run-up assessment of 1977 Sumba earthquake in Kuta Center of Lombok, Indonesia. *Procedia Earth and Planetary Science*, 14: 9-16. <http://doi.org/10.1016/j.proeps.2015.07.079>
- Pradjoko, E., Wadani, L., Hartana., Sulistiyono, H., Syamsidik. (2018). International Conference on Disaster Management 2018 (ICDM 2018). <https://www.researchgate.net/publication/234647824>
- Prasetya, G., Wang, X., Palmer, N., & Grant, G. (2011). Tsunami Inundation Modelling For Riverton and New River Estuary Southland. *GNS Science Consultancy Report*, 150, 87 p.
- Pakoksung, K., Suppasri, A., & Imamura, F. (2018). Systematic evaluation of different infrastructure systems for tsunami defense in Sendai City. *Geosciences*, 8(173), 1-25. <http://doi.org/10.3390/geosciences8050173>
- Satake, K., Nishimura, Y., Putra, P. S., Gurman, A. R., Sunender, H., Fujii, Y., Tanioka, Y., Latief, H., & Yulianto, E. (2013). Tsunami source of the 2010 Mentawai, Indonesia earthquake inferred from tsunami field survey and waveform modelling. *Pure Appl. Geophys*, 170, 1567-1582. <http://doi.org/10.1007/s00024-012-0536-y>
- Setyonegoro, W., Sunardi, B., Sulastrri, J., Nugraha., & Susilanto, P. (2012). Analisis Sumber Gempa bumi Pada Segmen Mentawai (Studi Kasus:Gempa bumi 25 Oktober 2010). *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 13(2), 139-148.
- Sugianto, D., Nurjaya, W. I., Natih, N. M. N., & Pandoe, W. W. (2017). Potensi rendaman tsunami di wilayah Lebak Banten. *J. Kelautan Nasional*. 12(1): 9-18. <https://doi.org/10.15578/jkn.v12i1.6241>
- Wang, X. (2009). User manual for COMCOT version 1.7 (First Draft). http://ceeserver.cee.conell.edu./phllgroup/comcot_down.htm
- Yudhicara, W., Kongko, V., Asvaliantina., Suranto, S., Nugroho, Ibrahim, A., Pranowo, S. W., Kerpen, B. N., Framer, F. K., & Kunst, O. (2010). Jejak tsunami 25 Oktober 2010 di Kepulauan Mentawai berdasarkan penelitian kebumian dan wawancara. *J. Lingkungan dan Bencana Geologi*, 1(3): 65-181. <https://doi.org/10.34126/jlbg.v1i3.19>