

Potensi Tsunami Akibat Aktivitas Gunung Iliwerung dan Kesiapsiagaannya Masyarakat

Arif Nurokhim ^{a,c}, Masita Dwi Mandini Manessa ^b, Indra Gunawan ^c

^a Program Studi Ilmu Kelautan, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Depok, Jawa Barat

^b Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Depok, Jawa Barat

^c Direktorat Gempabumi dan Tsunami, Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Kemayoran-Jakarta

*Email: arif.nurokhim@ui.ac.id

Diterima (received) 26 Mei 2025; disetujui (accepted) 12 Juni 2025; tersedia secara online (available online) 10 Agustus 2025

Abstract

This research uses a landslide model as a potential tsunami source to map the risk impact of activities at the Iliwerung volcano. The model is assumed to consist of a single block of material that experiences a sudden and rapid landslide, directed toward the southeast of Iliwerung volcano. Using the TUNAMI (2019) code, the tsunami propagation was modeled and recorded, and the wave travel time from the source to the shore. The modeling results indicate that the tsunami could sweep across the entire southern region of Lembata Island within approximately 2-5 minutes, while the tsunami waves would reach the northern coast of Timor Island in about 8-10 minutes. This indicates that the time available for evacuation is extremely short, necessitating that the community be well-prepared to confront the potential tsunami threat. It is essential to have collaborative initiatives across different sectors, such as infrastructure, technology, and social community aspects. Institutions and communities play a crucial role in raising public awareness of the potential tsunami hazards, while the community must continuously enhance their knowledge and skills for self-evacuation.

Keywords: tsunami modeling; propagation; landslide; Iliwerung volcano; risk assessment

Abstrak

Penelitian ini menggunakan model longsoran sebagai sumber potensial tsunami untuk memetakan potensi dampak resiko aktivitas gunung Iliwerung. Model diasumsikan dengan satu blok material yang mengalami longsor secara tiba-tiba ke arah tenggara gunung Iliwerung. Dengan kode TUNAMI (2019), dilakukan pemodelan propagasi tsunami dan merekam perjalanan gelombang tsunami dari sumber hingga ke pantai. Hasil pemodelan menunjukkan tsunami dapat menyapu seluruh wilayah selatan pulau Lembata dalam waktu 2-5 menit, sementara gelombang tsunami mencapai pantai utara pulau Timor dalam waktu 8-10 menit. Hal ini menandakan waktu evakuasi sangat terbatas, menuntut kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi potensi bahaya tsunami. Diperlukan upaya kolaboratif dari berbagai sektor, termasuk infrastruktur, teknologi, dan sosial masyarakat. Pemerintah perlu mengembangkan dan memperbarui strategi kesiapsiagaan yang komprehensif, melibatkan pemahaman risiko, evakuasi efektif, dan sistem peringatan dini yang tepat. Lembaga dan komunitas memiliki peran penting dalam meningkatkan kesadaran masyarakat akan potensi bahaya tsunami, sementara masyarakat perlu terus meningkatkan pengetahuan dan keterampilan evakuasi mandiri.

Kata Kunci: pemodelan tsunami; gunung Iliwerung; potensi; resiko; propagasi

doi: <https://doi.org/10.24843/blje.2025.v25.i02.p06>

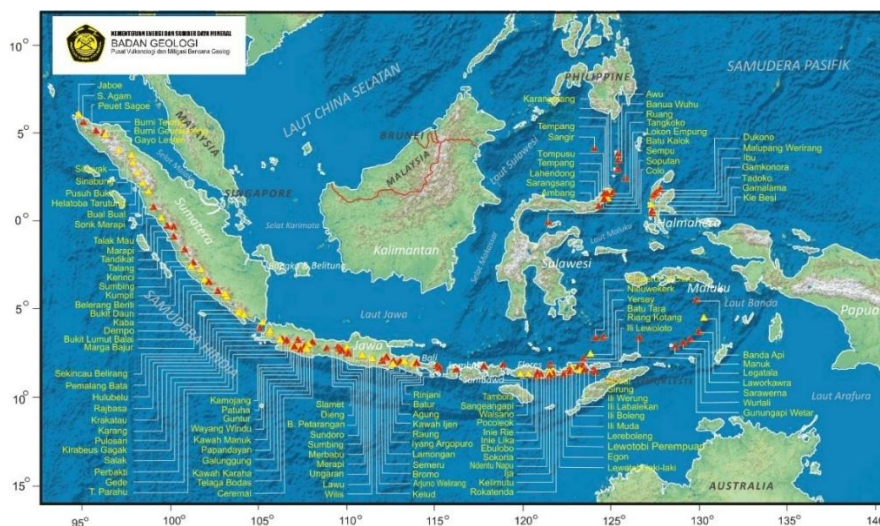


© 2019 by the authors; Content from this work may be used under the terms of the Creative Commons Attribution 3.0 licence. Any further distribution of this work must maintain attribution to the author(s) and the title of the work, journal citation and DOI. Published under licence by Udayana University, Indonesia.

1. Pendahuluan

Bencana alam berupa gempa bumi dan juga gunung berapi mungkin dapat diikuti oleh dampak lanjutan yaitu berupa tsunami. Bisa saja ini akan memberikan dampak yang sangat besar kepada seluruh manusia. Sesungguhnya sangat beralasan mengapa di Indonesia sangat sering sekali bencana mengingat letak Indonesia baik secara geografis, geologis dan tektonik. Secara geologis, Indonesia terletak di jalur gempa bumi dan gunung api besar di dunia (Bronto & Setianegara, 2011). Sebelah timur, Indonesia dilalui oleh jalur gempa bumi serta gunung api yang disebut *Pacific ring of fire*. Sebelah barat, dikenal dengan deret pegunungan Alpine.

Secara tektonik, Indonesia terletak pada subduksi 3 (tiga) lempeng tektonik yaitu Pasifik-Eurasia dan Indo-Australia, akibatnya negara Indonesia tumbuh banyak sekali gunung berapi aktif (Hariyono & Liliyasi, 2018). Sekitar 62 % dari jumlah gunung berapi di dunia tersebar didaerah ini dan 14% diantaranya berada di wilayah Indonesia (Kirianov, 2007). Berdasarkan data dari Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (Gambar 1), terdapat 127 gunung berapi aktif tersebar di seluruh Indonesia dan 70 diantaranya di pantau secara menerus oleh Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG), dikarenakan masuk dalam kategori sangat aktif dan beresiko tinggi. Dari sejumlah gunung aktif di Indonesia, terdapat 12 gunung api yang pernah atau terindikasi bisa menimbulkan tsunami jika erupsi terjadi (Permana, 2023).



Gambar 1. Peta Sebaran Gunung Api Indonesia (Geologi, 2016).

Tsunami vulkanik dihasilkan oleh proses erupsi, dikarenakan deformasi tanah terjadi secara tiba-tiba, dan ketidakstabilan lereng di gunung berapi (Paris *et al.*, 2014). Berdasarkan pengertian ini maka dari sekian gunung yang ada di Indonesia memiliki potensi sangat besar untuk mengakibatkan tsunami yang dapat merusak di daratan sekitarnya. Data tsunami global dari National Geophysical Data Center - NOAA <https://www.ngdc.noaa.gov/hazard/hazards.shtml> mencatat bahwa sejak 2100 BCE. Terdapat sebanyak 139 tsunami yang diakibatkan oleh aktivitas vulkanik, sebanyak 25 kali terjadi di Indonesia (Mutaqin *et al.*, 2019). Tsunami yang diakibatkan oleh letusan Krakatau pada 1883 merupakan tsunami terbesar yang diakibatkan oleh proses ini. Letusan Krakatau ini mengakibatkan tsunami setinggi lebih dari 30 meter, merusak pulau-pulau di Selat Sunda dan sepanjang Pantai Lampung Selatan dan Jawa Barat. Pada tahun 2018, terjadi kembali “tsunami senyap” akibat aktivitas Gunung Krakatau, disebut tsunami senyap dikarenakan tsunami yang terjadi tidak dirasakan sumbernya oleh masyarakat sekitar sebagaimana biasa diawali oleh gempa bumi.

Sesungguhnya tsunami senyap akibat aktivitas Krakatau pernah terjadi pula di Pulau Lembata, Nusa Tenggara Timur (NTT). Pada tahun 1979, tepatnya tanggal 18 Juli 1979, sekitar pukul 00.20 waktu

setempat, telah terjadi gelombang besar datang secara tiba-tiba dan menghantam pesisir Teluk Waiteba, yang berada di sebelah timur kompleks Gunung Iliwerung. Tsunami ini mengakibatkan sekitar 550 sampai 1200 orang menjadi korban (Paris *et al.*, 2014).

Sumber penyebab tsunami yang menenggelamkan masyarakat Teluk Waiteba ini hingga saat ini masih menyimpan beberapa perdebatan. Paris *et al.* (2014) mengungkapkan bahwa penyebab dari tsunami lembata ini adalah akibat longsoranya sebesar material gunung akibat aktivitas Gunung Ili Hobal yang berada di bawah laut (*submarine volcano*) yang terletak di sebelah selatan Gunung Iliwerung yang sekarang. Yudhicara *et al.* (2015) memberikan perspektif lain penyebab tsunami Lembata 1979. Dalam penelitiannya, beliau menyampaikan bahwa longsor dipengaruhi oleh sistem panas bumi aktif di daerah tersebut. Titik sumber air panas di sekitar lokasi longsor yang membuat tanah menjadi asam karena proses magmatisme di bawah, hal ini mengakibatkan tanah menjadi rapuh, kendur, tidak terkonsolidasi, dan mudah berpindah yang menjadikannya menjadi longsor material (Yudhicara *et al.*, 2015). Tidak menutup kemungkinan juga ada hal-hal lain yang mengakibatkan longsoranya material sekitar Gunung Iliwerung yang mengakibatkan tsunami diantaranya curah hujan tinggi, dan kemiringan lereng yang sangat curam yang berada di sekitar gunung.

Zorn *et al.* (2022), menempatkan Gunung Iliwerung dalam urutan ke 3 setelah Gunung Batutara, dan Krakatau (sebelum kejadian 2018) dalam rangking gunung api yang mempunyai potensi besar menimbulkan tsunami. Belajar dari sejarah beberapa kejadian tsunami akibat adanya aktivitas non-tektonik inilah, maka perlu dan penting untuk memetakan potensi tsunami akibat aktivitas non-tektonik yang dalam hal ini adalah akibat aktivitas gunung berapi. Tujuan penelitian ini untuk memodelkan penjalaran gelombang tsunami sehingga dapat diketahui waktu tiba gelombang tsunami, dan mengukur ketinggian di pantai. Hal ini diharapkan akan memunculkan kesiapan masyarakat jika kejadian ini benar terjadi, untuk meminimalkan jatuhnya korban dan kerugian material.

2. Metode Penelitian

Untuk mengetahui potensi tsunami akibat adanya aktivitas Gunung Iliwerung ini, digunakan metode pemodelan numerik tsunami dengan sumber berupa bongkahan volume longsor material padat yang meluncur dari puncak gunung. Material padat ini meluncur dengan kecepatan tertentu dan dari jarak tertentu dari sumber hingga mendorong volume air, menyebabkan gelombang kejut yang merambat sebagai tsunami. Berdasarkan penelitian Zorn *et al.* (2022), potensi volume longsor sebesar 2,05 km³. Data dari batimetri nasional (Batnas) dengan resolusi 6 arc-sec (183 meter) digunakan sebagai data kedalaman laut (batimetri) yang dapat diakses di link <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/>. Untuk mengoptimalkan pemodelan, data batimetri ini diproyeksikan menjadi resolusi 9 arc-second dengan pertimbangan optimalisasi perhitungan model numerik dan waktu penjalaran.

Dalam studi kasus ini digunakan code model TUNAMI (Yanagisawa, 2019; Nurokhim *et al.*, 2020) dengan persamaan gelombang permukaan dispersi non-linier (*Dispersive Non-Linear Shallow Water Equation*) mempertimbangkan gesekan dasar (*bottom friction terms*) dalam koordinat sferis (*spherical*). Model ini merupakan pengembangan dari TUNAMI (*Tohoku University's Numerical Analysis Model for Investigation*), untuk dapat digunakan sebagai *code* pemodelan tsunami dengan sumber selain gempa bumi, misalnya *landslide* (longsor) atau *debris avalanche*. Persamaan yang mengatur adalah sebagai berikut: (Dao & Tkalich, 2007; Shigihara & Fujima, 2014).

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{1}{R \cos \phi} \left[\frac{\partial M}{\partial \lambda} + \frac{\partial (N \cos \phi)}{\partial \phi} \right] = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{1}{R \cos \phi} \frac{\partial}{\partial \lambda} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial \phi} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{gD}{R \cos \phi} \frac{\partial \eta}{\partial \lambda} + \frac{\tau_x}{\rho} = \frac{gD}{R \cos \phi} \frac{\partial h}{\partial \lambda} + \frac{1}{R \cos \phi} \frac{\partial D\psi}{\partial \lambda} \quad (2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{1}{R \cos \phi} \frac{\partial}{\partial \lambda} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial \phi} \left(\frac{N^2}{D} \right) + \frac{gD}{R} \frac{\partial \eta}{\partial \phi} + \frac{\tau_y}{\rho} = \frac{gD}{R} \frac{\partial h}{\partial \phi} + \frac{1}{R} \frac{\partial D\psi}{\partial \phi} \quad (3)$$

dimana ψ adalah fungsi potensial dalam *dispersive terms*,

$$\psi = \frac{h^2}{3} \left(\frac{1}{R \cos \phi} \frac{\partial^2 u}{\partial \lambda \partial t} + \frac{1}{R} \frac{\partial^2 v}{\partial \phi \partial t} \right) \quad (4)$$

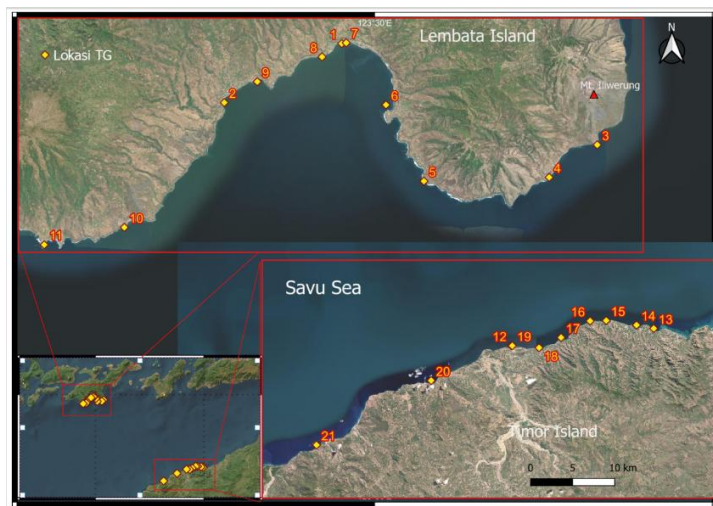
dimana λ dan ϕ merupakan longitude dan latitude, M dan N adalah flux velocity air dalam arah x- dan y-, R radius bumi dengan kecepatan angular (ω), τ_x dan τ_y menunjukkan *bottom frictions terms*, g merupakan percepatan gravitasi, D merupakan total kedalaman air ($h + \eta$), h merupakan kedalaman air tenang, dan η adalah kenaikan elevasi permukaan laut.

Beberapa titik pengamatan ditempatkan sepanjang pantai sekitar Gunung Iliwerung (Gambar 2). Titik ini merupakan pengukur tinggi gelombang (*wave gauge*) sehingga dapat diketahui potensi tinggi maksimum tsunami di titik pengamatan. Tidak hanya di pantai terdekat dengan gunung, akan tetapi ditempatkan pula di pantai yang berada di seberang Gunung Iliwerung di pulau Timor, dengan arah tegak lurus penjalaran gelombang tsunami.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Parameter sumber pembangkit tsunami

Dengan penyederhanaan sumber tsunami, sebuah volume longsoran material dalam bentuk semi-ellipsoid yang meluncur menuju lautan menyebabkan pergerakan gelombang laut dari sumber menyebar ke segala arah penjalaran menuju ke pesisir pantai di Pulau Lembata dan Timor. Untuk menghitung waktu tiba dan perkiraan tinggi gelombang, daerah simulasi cukup *1-layer* dengan metode total refleksi, dimana gelombang yang mencapai pantai akan dipantulkan sempurna kembali ke lautan dan menyebabkan interferensi gelombang. Data dari *google earth* digunakan untuk menentukan dimensi panjang dan lebar dari *landslide* sebagai masukan sumber tsunami. Dari hasil ini kemudian diproyeksikan kedalam *grid size* batimetri sehingga didapatkan hasil berupa *line-flow input* sumber (Gambar 3). Total volume *landslide* digunakan volume sebesar $2,05 \text{ km}^3$ merujuk pada (Zorn *et al.*, 2022). Dengan skenario seluruh badan gunung mengalami longsor, mungkin agak terlalu berlebihan, akan tetapi ini perlu dilakukan untuk menggambarkan potensi tsunami maksimum yang dapat terjadi untuk peningkatan kewaspadaan.



Gambar 2. Sebaran lokasi tide gauge virtual untuk perekaman ketiggian dan waktu tiba gelombang tsunami. Persegi warna kuning merupakan lokasi tide gauge. Penomoran digunakan untuk mengetahui posisi lokasi tide-gauge. Plot peta menggunakan perangkat lunak QGIS dengan tampilan peta ESRI Imagery.

Faktor utama parameter masukan model sumber pembangkit berupa panjang blok longsor, lama durasi longsoran dan total volume longsor yang masuk kedalam air (Satake, 2007). Parameter ini dapat diestimasi

dari *google earth* dan juga merujuk kepada penelitian sebelumnya. Lama durasi longsoran dihitung dengan membagi panjang jalur longsor terhadap kecepatan longsor. Kecepatan longsoran diasumsikan nilainya konstan selama proses longsor. Dengan merujuk pada (Satake, 2007), untuk memodelkan tsunami akibat erupsi Oshima-oshima1741, digunakan kecepatan gelincir 70 m/s.

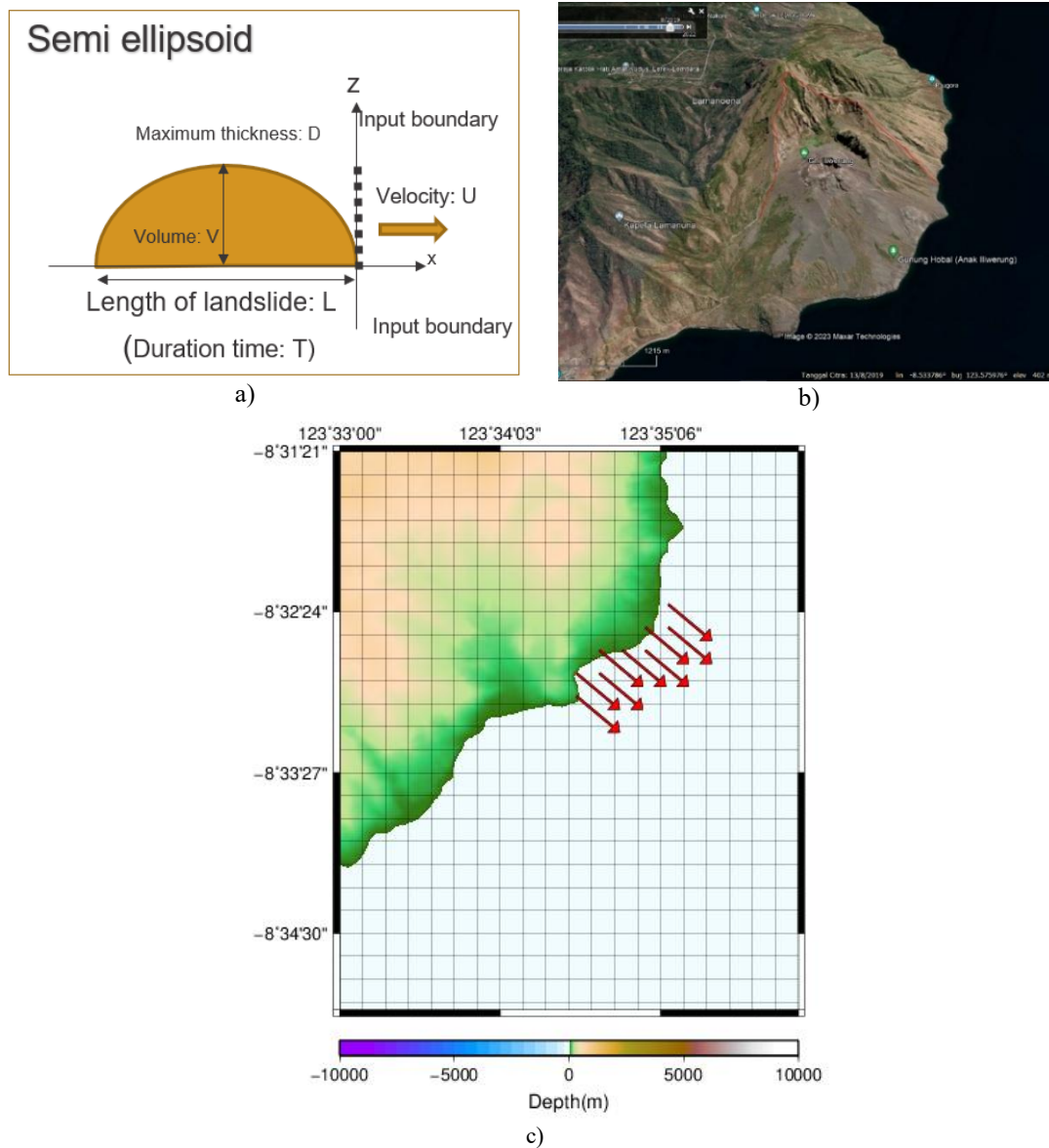
3.2. Hasil pemodelan penjalaran gelombang tsunami

Penjalaran gelombang tsunami dari sumber Gunung Iliwerung dari waktu awal, dimana material longsoran menyentuh air memunculkan tsunami setinggi ratusan meter seperti yang disajikan pada Gambar 4.. Dapat dilihat dengan cepat air merambat ke segala arah terutama menuju ke laut yang lebih dalam, hal ini dikarenakan kecepatan pergerakan atau penjalaran tsunami tergantung dari kedalaman laut (Heidarzadeh *et al.*, 2020).) Semakin mendekati pantai, kecepatan gelombang air laut bagian bawah semakin lambat, sedangkan kecepatan gelombang bagian atas masih tetap tinggi, maka tinggi gelombang laut atau amplitudo semakin tinggi dan panjang gelombang semakin pendek (Androsoy *et al.*, 2013). Warna merah dalam model mengisyaratkan gelombang naik dan warna biru menggambarkan gelombang turun.

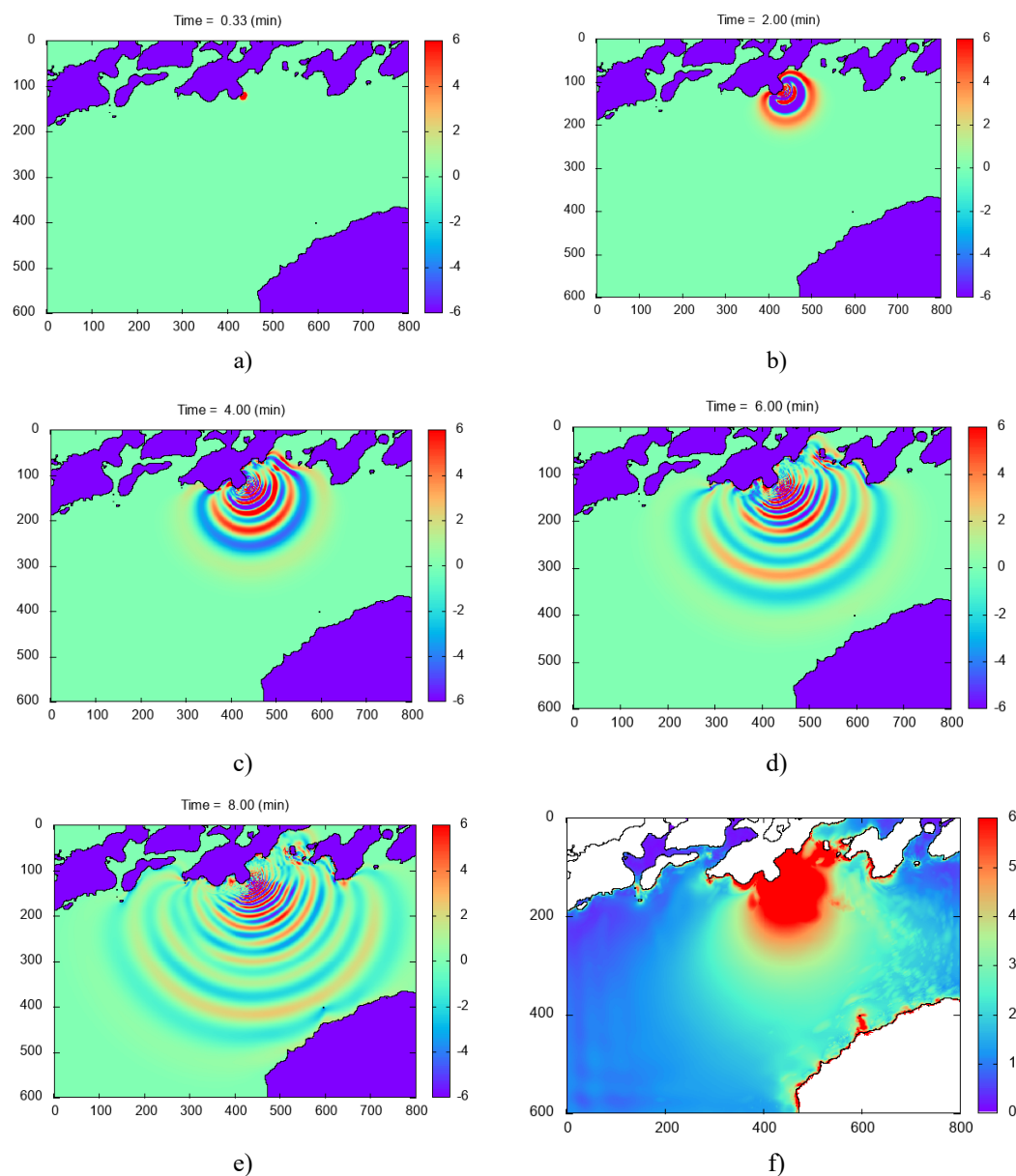
Hasil pemodelan penjalaran gelombang, tsunami hanya membutuhkan sekitar 2-5 menit untuk menyapu seluruh wilayah selatan Pulau Lembata yang berada paling dekat dengan Gunung Iliwerung. Sedangkan hanya dibutuhkan sekitar 8-10 menit gelombang tsunami telah mencapai wilayah pantai utara Pulau Timor yang berjarak sekitar 100 km jika ditarik garis lurus. Ini menandakan bahwa waktu evakuasi sangat singkat bagi masyarakat untuk menyelamatkan diri dari tsunami. Perkiraan waktu tiba gelombang untuk masing-masing lokasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perkiraan waktu tiba gelombang tsunami di masing-masing stasiun pencatat gelombang dan perkiraan pengukuran tinggi maksimum tsunami.

No.	Lon	Lat	Waktu tiba (Menit)	Tinggi maksimum (m)	Keterangan Lokasi
1	123.4888	-8.51561	9.7	30.8	P. Lembata
2	123.4489	-8.53587	7.4	27.1	P. Lembata
3	123.5757	-8.55039	0.3	97.1	P. Lembata
4	123.5593	-8.56155	1.3	60.2	P. Lembata
5	123.5167	-8.56287	4.5	22.4	P. Lembata
6	123.5039	-8.53666	6.3	19.9	P. Lembata
7	123.4903	-8.51535	9.8	31.3	P. Lembata
8	123.4821	-8.52018	9.1	25.2	P. Lembata
9	123.4601	-8.5287	7.4	20.5	P. Lembata
10	123.4149	-8.57875	6.4	20.3	P. Lembata
11	123.3877	-8.58471	7.1	13.9	P. Lembata
12	124.3389	-9.19484	18	8.5	P. Timor
13	124.4926	-9.17605	18.2	9.1	P. Timor
14	124.474	-9.17229	19.7	12.2	P. Timor
15	124.4413	-9.16741	33.9	7.3	P. Timor
16	124.4239	-9.16785	21.1	5.2	P. Timor
17	124.3925	-9.18595	16.6	10.9	P. Timor
18	124.3687	-9.19709	29	11	P. Timor
19	124.3397	-9.19491	18	8.5	P. Timor
20	124.2521	-9.23295	16.2	12.1	P. Timor
21	124.1281	-9.30333	33.3	7	P. Timor



Gambar 3. Penentuan parameter pembangkit tsunami. (a) Penyederhanaan sumber berupa volume longsoran dengan material berbentuk parabola semi elipsoid, sebagai gambaran seluruh badan gunung longsor. (b) Penampakan Gunung Iliwerung dari Google Earth. Garis merah menunjukkan batas material badan gunung yang mengalami longsoran. (c). Tanda panah merupakan skenario arah material longsor, dimana lebar longsoran diwakili sejumlah grid material dalam kartesian.



Gambar 43. Hasil pemodelan penjalaran gelombang tsunami dari sumber. Proses penjalaran diambil setiap 2 menit untuk menunjukkan proses penjalaran gelombang dari menit ke 0, ke-2, 4, 6, 8 dan seterusnya. a. saat terjadi letusan/longsoran Gunung Iliwerung; b. gelombang tsunami setelah 2 menit; c. gelombang tsunami setelah 4 menit; d. gelombang tsunami setelah 6 menit; e. gelombang tsunami telah sampai di P. Timor; f. ketinggian maksimum tsunami setelah pemodelan selama satu jam. Warna merah menunjukkan gelombang naik dan warna biru menunjukkan gelombang turun.

3.3. Kesiapsiagaan pemerintah dan masyarakat dalam menghadapi bahaya tsunami

Langkah-langkah yang memungkinkan pemerintah, lembaga, masyarakat, komunitas, dan perorangan untuk merespons situasi bencana dengan cepat dan efektif disebut sebagai kesiapsiagaan (Rahayu *et al.*,

2007). Hal ini mencakup penyusunan rencana penanggulangan bencana, menjaga sumber daya, dan melatih personel untuk menghadapi bencana tersebut (LIPI-UNESCO/ISDR., 2006). Dari pengertian tersebut maka diperlukan upaya yang mencakup pemahaman mendalam terhadap risiko tsunami di wilayah tertentu, termasuk penyebabnya dan wilayah yang berpotensi terkena dampak. Sistem peringatan dini menjadi kunci dalam kesiapsiagaan ini, dengan pengembangan teknologi dan infrastruktur yang memungkinkan notifikasi cepat kepada masyarakat saat ancaman tsunami terdeteksi (BMKG, 2013).

Jika melihat dari prakiraan waktu tiba gelombang mencapai pantai pada Tabel 1, akan sangat riskan jika peringatan dini tsunami hanya mengandalkan pada sistem yang telah terbangun. Berdasarkan pemodelan, waktu tiba gelombang tsunami diperkirakan hanya membutuhkan waktu 2 menit untuk mencapai pesisir wilayah tempat tinggal masyarakat (Gambar 4). Hal ini akan sangat mustahil untuk mengeluarkan peringatan dini yang berbasis pada pencatatan gelombang sebagaimana yang saat ini telah eksis. Belajar dari tsunami yang melanda wilayah Selat Sunda akibat adanya aktivitas longsoran Gunung Anak Krakatau, dimana tsunami tidak terdeteksi oleh sistem pencatat gelombang, maka mustahil untuk menggunakan peringatan dini berbasis teknologi untuk deteksi tsunami akibat tsunami Gunung Iliwerung ini, meskipun teknologi yang terkini sekalipun. Teknologi deteksi tsunami paling cepat berdasarkan radar tsunami yang akan menembakkan gelombang radar sejauh 60 km ke laut, akan tetapi prediksi waktu tiba gelombang yang hanya 2-5 menit akan sangat menyulitkan untuk memberikan informasi peringatan dini terlebih pada evakuasi masyarakat.

Pemerintah baik pusat maupun daerah provinsi dan kabupaten serta jajaran dibawahnya memainkan peran penting dalam kesiapsiagaan tsunami. Salah satu tugas utama pemerintah adalah mengembangkan dan memperbarui rencana kesiapsiagaan yang komprehensif (PDC Global, 2020). Hal ini melibatkan identifikasi rute evakuasi yang efektif, lokasi yang aman, dan penerapan sistem peringatan dini. Selain itu, pemerintah harus mengalokasikan sumber daya untuk berinvestasi pada infrastruktur tahan gempa dan tsunami, seperti tempat perlindungan khusus tsunami dan sistem komunikasi darurat. Upaya-upaya ini harus didukung dengan pelatihan berkala bagi personel manajemen bencana dan simulasi evakuasi untuk memastikan bahwa rencana kesiapsiagaan dapat dilaksanakan dengan baik bila diperlukan.

Organisasi dan komunitas lokal memainkan peran penting dalam memberikan pendidikan tsunami dan memobilisasi komunitas untuk bersiap menghadapi potensi bencana. Mereka dapat menyelenggarakan kampanye pendidikan, seminar, dan lokakarya untuk memberikan informasi yang jelas tentang bahaya tsunami, tanda-tanda peringatan dan apa yang harus dilakukan dalam keadaan darurat. Selain itu, organisasi pemantau lingkungan yang bermitra dengan masyarakat dapat membantu mendeteksi perubahan yang dapat menjadi tanda awal terjadinya tsunami. Kolaborasi antara organisasi/masyarakat dan pemerintah untuk menyelenggarakan latihan dan simulasi bersama merupakan langkah proaktif untuk meningkatkan kesiapsiagaan secara keseluruhan.

Dengan perkiraan waktu yang sangat singkat ketika terjadi tsunami dan juga tinggi gelombang mencapai puluhan meter, maka peran masyarakat merupakan hal terpenting dalam persiapan tanggap bencana tsunami. Mengedukasi masyarakat mengenai tanda-tanda awal terjadinya tsunami, jalur evakuasi, dan lokasi tempat aman merupakan langkah penting. Masyarakat harus berpartisipasi aktif dalam latihan dan simulasi evakuasi yang diselenggarakan oleh pemerintah dan organisasi/masyarakat setempat. Kesiapan pribadi, seperti persiapan bahan-bahan yang disiagakan untuk tanggap darurat pribadi menghadapi bencana dan menyiapkan persediaan makanan darurat, juga merupakan tanggung jawab masyarakat. Partisipasi aktif ini membantu menciptakan budaya kesiapsiagaan yang kuat di tingkat masyarakat, sehingga mereka dapat merespons ancaman tsunami dengan cepat dan efektif. Pengetahuan tentang kearifan lokal dapat membantu masyarakat terpencil mengakses peringatan dini secara efektif. Menurut Kepala BMKG, Dwikorita, kolaborasi antara teknologi dan kearifan lokal dapat memperkuat sistem peringatan dini gempa bumi dan tsunami (BMKG, 2023)

4. Simpulan

Penyederhanaan model longsoran digunakan sebagai sumber tsunami untuk melakukan pemetaan terhadap potensi tsunami yang dapat terjadi di akibatkan oleh aktivitas Gunung Iliwerung. Satu blok material yang menghadap ke arah tenggara Gunung Iliwerung diasumsikan longsor dengan durasi sangat

singkat dan secara tiba-tiba. Dengan menggunakan TUNAMI *code* Yanagisawa (2019), kami melakukan pemodelan propagasi tsunami dan merekam perambatan gelombang tsunami dari sumber menuju pesisir pantai.

Pemodelan waktu tiba gelombang tsunami di titik pengamatan menunjukkan bahwa gelombang tsunami menyapu seluruh wilayah selatan Pulau Lembata yang berada paling dekat dengan Gunung Iliwerung hanya dalam waktu sekitar 2-5 menit. Sedangkan sekitar 8-10 menit gelombang tsunami telah mencapai wilayah pantai utara Pulau Timor yang berjarak sekitar 100 km jika ditarik garis lurus. Ini menandakan bahwa waktu evakuasi sangat singkat bagi masyarakat untuk menyelamatkan diri dari tsunami.

Kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi resiko potensi bahaya tsunami ini membutuhkan kolaborasi dari semua bidang dan semua unsur baik dari sisi infrastruktur, teknologi dan juga sosial kemasyarakatan. Pemerintah perlu mengembangkan dan memperbaharui kesiapsiagaan yang komprehensif baik pemahaman resiko, evakuasi yang efektif dan peringatan dini yang tepat. Lembaga dan komunitas turut berperan dalam edukasi masyarakat untuk meningkatkan kesiapsiagaan, serta masyarakat pesisir perlu untuk terus menanamkan pemahaman dan peningkatan kapasitas dalam rangka evakuasi mandiri untuk meningkatkan keselamatan nyawa dan harta benda. Kolaborasi antara teknologi dan kearifan lokal dapat memperkuat sistem peringatan dini gempa bumi dan tsunami.

Daftar Pustaka

- Androsov, A., Harig, S., Fuchs, A., Immerz, A., Rakowsky, N., Hiller, W., & Danilov, S. (2013). Tsunami Wave Propagation. In Zheng, Y. (Ed.). *Wave Propagation Theories and Applications*. Rijeka: InTech, pp. 43-72.
- BMKG. (2013). *Pedoman Pelayanan Peringatan Dini Tsunami*. Jakarta, Indonesia: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- BMKG. (2023). Perkuat sistem peringatan dini, BMKG kolaborasikan teknologi dan kearifan lokal. [online] (<https://www.bmkg.go.id/siaran-pers/perkuat-sistem-peringatan-dini-bmkg-kolaborasikan-teknologi-dan-kearifan-lokal>).
- Bronto, S., & Setianegara, R. (2011). Ancaman bahaya letusan gunung api skala besar dan monogenesis di Indonesia. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 21(1), 29-40.
- Dao, M. H., & Tkalich, P. (2007). Tsunami propagation modelling—a sensitivity study. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 7(6), 741-754.
- BPPTKG. (2016). Peta Sebaran Gunung Api Indonesia. [online]. <https://bpptkg.esdm.go.id/pub/page.php?idx=122>
- Hariyono, E., & S, L. (2018). The Characteristics of Volcanic Eruption in Indonesia. In Aiello, G. (Ed.). *Volcanoes - Geological and Geophysical Setting, Theoretical Aspects and Numerical Modeling, Applications to Industry and Their Impact on the Human Health*. London: IntechOpen.
- Heidarzadeh, M., Ishibe, T., Sandanbata, O., Muhari, A., & Wijanarto, A. B. (2020). Numerical modeling of the subaerial landslide source of the 22 December 2018 Anak Krakatoa volcanic tsunami, Indonesia. *Ocean Engineering*, 195, 106733.
- Kirianov, V. Y. (2007). Geography of volcanic zones and distribution of active volcanoes. *Natural and Human Induced Hazards*, 1, 1-21.
- LIPI-UNESCO/ISDR. (2006). *Laporan Kajian Kesiapsiagaan Masyarakat*. Jakarta, Indonesia: Deputi Ilmu Pengetahuan Kebumihan-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Mutaqin, B. W., Lavigne, F., Hadmoko, D. S., & Ngalawani, M. N. (2019, April). Volcanic eruption-induced tsunami in Indonesia: A review. In *Proceedings of International Conference on Environmental Resources Management in Global Region*. Yogyakarta, Indonesia, 22-23 October 2018 (pp. 012023).
- Nurokhim, A., Yanagisawa, H., & Shibazaki, B. (2020). *Tsunami Modeling Of The Anak Krakatau Volcano For Development Of Tsunami*. 1–6.

- Paris, R., Switzer, A. D., Belousova, M., Belousov, A., Ontowirjo, B., Whelley, P. L., & Ulvrova, M. (2014). Volcanic tsunami: a review of source mechanisms, past events and hazards in Southeast Asia (Indonesia, Philippines, Papua New Guinea). *Natural Hazards*, **70**(1), 447-470.
- PDC Global. (2020). *Penilaian Dasar Kesiapsiagaan Bencana Nasional di Indonesia*. Jakarta, Indonesia: Pacific Disaster Center.
- Permana, A. (2023). Tsunami Anak Krakatau 2018: Menyediakan Tolak Ukur yang Dibutuhkan untuk Pemodelan Tsunami Secara Akurat. [online]. Institut Pertanian Bogor, (<https://itb.ac.id/berita/tsunami-anak-krakatau-2018-menyediakan-tolak-ukur-yang-dibutuhkan-untuk-pemodelan-tsunami-secara-akurat/59311>).
- Rahayu, H. P., Wahdiny, I. I., & Mariany, A. (2007). *Pedoman Pelaksanaan Latihan Kesiapsiagaan Menghadapi Bencana Tsunami Untuk Kota dan Kabupaten*. Jakarta, Indonesia: Kementerian Negara Riset dan Teknologi
- Satake, K. (2007). Volcanic origin of the 1741 Oshima-Oshima tsunami in the Japan Sea. *Earth, planets and space*, **59**(1), 381-390.
- Shigihara, Y., & Fujima, K. (2014). An adequate dispersive wave scheme for tsunami simulation. *Coastal Engineering Journal*, **56**(1), 1450003.
- Yudhicara, Y., Bani, P., & Darmawan, A. (2015). Geothermal system as the cause of the 1979 landslide tsunami in Lembata Island, Indonesia. *Indonesian Journal on Geoscience*, **2**(2), 91-99.
- Zorn, E. U., Orynbaikyzy, A., Plank, S., Babeyko, A., Darmawan, H., Robbany, I. F., & Walter, T. R. (2022). Identification and ranking of subaerial volcanic tsunami hazard sources in Southeast Asia. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, **22**(9), 3083-3104.