



Analisis Sistem Peringatan Dini Tsunami di Zona Megathrust Selat Sunda Guna Mewujudkan Ketahanan Nasional



Wahyu Kurniawan^{1*}, Daryono², IDK Kerta³, Triwinugroho¹

¹ Mahasiswa Program Studi Manajemen Bencana, Fakultas Keamanan Nasional, Universitas Pertahanan, Jakarta.

² Koordinator Bidang Mitigasi Gempabumi dan Tsunami, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jakarta.

³ Dosen Program Studi Manajemen Bencana, Universitas Pertahanan, Jakarta.

*Email: wahyubintaro1985@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.33369/pendipa.6.2.457-464>

ABSTRACT

Earthquakes are natural phenomena that cannot be avoided, and cannot be prevented. Until now, earthquakes cannot be predicted accurately, although there have been many studies on earthquake precursors. Therefore, to reduce the risk posed by the threat of an earthquake, a fast and accurate earthquake information and tsunami early warning system is needed. The earthquake that occurred on August 2, 2019 at 19:03:21 WIB with a magnitude of 7.4 on the Richter Scale centered at sea at a direction of 147 km southwest in the Sumur area of Banten Province, and has a depth (hypocenter) of 10 km, has proven that the Sunda Strait Megathrust is an active seismic area. With the occurrence of the earthquake, the Indonesia Tsunami Early Warning System (InaTEWS) immediately responded by issuing a tsunami early warning 1 with an information delivery time of less than 4 minutes after the earthquake occurred. The tsunami early warning is declared to end (tsunami early warning 4) after 2 hours and 31 minutes from the earthquake event based on the confirmation obtained from tide gauge data located around the earthquake center. The rapid early warning information provided by InaTEWS to stakeholders and the community after the earthquake was a form of implementation of national resilience with the aim of creating a disaster-resilient society in accordance with the theory of resilient five.

Keywords: Precursor, magnitude, hypocenter, Indonesia Tsunami Early Warning System (InaTEWS), megathrust zone.

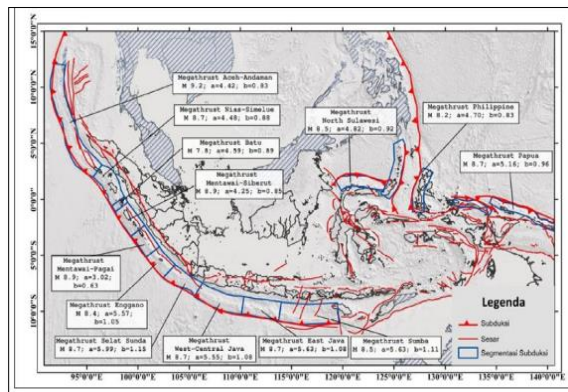
ABSTRAK

Gempabumi merupakan fenomena alam yang tidak dapat dihindari, dan tidak dapat dicegah. Gempabumi hingga saat ini belum dapat diprediksi secara akurat meskipun telah banyak penelitian mengenai prekursor gempabumi. Oleh karena itu, untuk mengurangi risiko yang ditimbulkan oleh ancaman gempabumi dibutuhkan sistem info gempabumi dan peringatan dini tsunami yang cepat dan akurat. Kejadian gempabumi yang terjadi pada tanggal 02 Agustus 2019 tepatnya pukul 19:03:21 WIB dengan kekuatan (magnitudo) 7,4 Skala Richter yang berpusat di laut pada arah 147 km Barat Daya Sumur Provinsi Banten, dan memiliki kedalaman (hiposenter) 10 km telah membuktikan bahwa zona megathrust selat sunda merupakan daerah seismik yang aktif. Dengan adanya kejadian gempabumi tersebut, *Indonesia Tsunami Early Warning System* (InaTEWS) langsung merespon dengan mengeluarkan peringatan dini tsunami 1 dengan waktu pengiriman informasi kurang dari 4 menit setelah gempabumi terjadi. Peringatan dini tsunami yang dinyatakan berakhir (peringatan dini tsunami 4) setelah 2 jam 31 menit dari kejadian gempabumi berdasarkan konfirmasi yang didapat dari data-data *tide gauge* yang lokasinya berada di sekitar pusat gempabumi. Dengan cepatnya informasi peringatan dini yang diberikan oleh InaTEWS kepada pemangku kepentingan dan masyarakat setelah kejadian gempabumi tersebut merupakan salah satu bentuk implementasi dari ketahanan nasional dengan tujuan untuk mewujudkan masyarakat yang tangguh bencana sesuai dengan teori panca daya tangguh.

Kata kunci: Prekursor, magnitudo, hiposenter, Indonesia Tsunami Early Warning System (InaTEWS), zona megathrust.

PENDAHULUAN

Sebagian besar wilayah Indonesia berada di antara pertemuan tiga lempeng tektonik aktif dunia yaitu lempeng Indo Australia di sebelah selatan, Lempeng Pasifik di sebelah Timur dan Lempeng Eurasia di sebelah Utara. Pergerakan relatif ketiga lempeng tektonik tersebut mengakibatkan terjadinya gempa bumi di daerah perbatasan pertemuan antar lempeng yang selanjutnya menjadi daerah pusat sumber gempa bumi /epicenter (Sunarjo, Gunawan, & Pribadi, 2012). Kondisi tersebut menyebabkan adanya zona penunjaman lempeng yang disebut dengan zona subduksi. Menurut Tim Pusat Studi Gempa Nasional (2017), wilayah Indonesia dikelilingi oleh 13 zona subduksi (zona Megathrust) yang dapat dilihat pada gambar 1 berikut ini:



Gambar 1. Peta Segmentasi dan Magnitudo Maximum Subduksi Indonesia

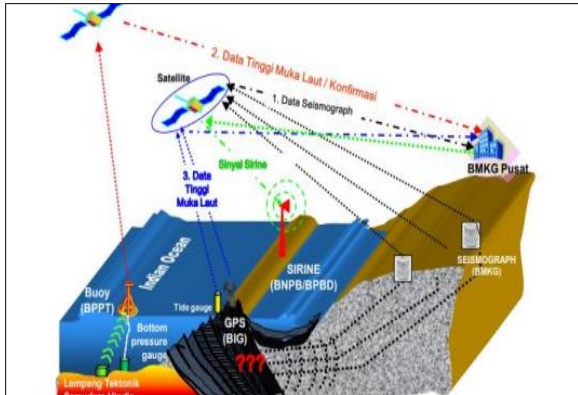
Dari gambar 1 di atas, dapat dilihat bahwa wilayah zona subduksi (zona megathrust) Selat Sunda memiliki potensi ancaman gempa bumi yang besar dengan magnitudo maksimum mencapai 8.7 SR (Tim Pusat Studi Gempa Nasional, 2017). Dengan adanya ancaman gempa bumi yang besar di Zona Megathrust Selat Sunda, maka pemerintah wajib menyediakan pelayanan meteorologi, klimatologi, dan geofisika yang terdiri atas: informasi publik, peringatan dini dan informasi khusus (*Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 31 Tahun 2009 Tentang Meteorologi, Klimatologi, Dan Geofisika*, 2009).

Berdasarkan informasi dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, pada tanggal 02 Agustus 2019 tepatnya pukul

19:03:21 WIB telah terjadi gempa bumi dengan kekuatan (magnitudo) 7,4 yang berpusat di laut pada arah 147 km BaratDaya Sumur Provinsi Banten dan memiliki kedalaman (*hypocenter*) 10 km. Guncangan gempa bumi tersebut dirasakan di wilayah bagian selatan Kabupaten Pandeglang dan Kabupaten Lebak sebesar IV-V MMI; Sukabumi, Bandar Lampung, Jakarta, Tangerang Selatan, Kota Tangerang, Bogor dan Bekasi sebesar IV-V MMI; Bandung, Purwakarta, Tanggamus, Krui, Garut, Cilacap, Kebumen, Semarang dan Bantul sebesar II-III MMI; Kediri, Kotabumi, Pesawaran, Malang dan Denpasar sebesar I-II MMI. Dengan adanya kejadian gempa bumi tersebut, maka dapat dinyatakan bahwa zona megathrust merupakan daerah yang rawan gempa bumi dengan kekuatan yang besar, dan gempa bumi tersebut dirasakan oleh seluruh masyarakat yang ada di Pulau Jawa serta sebagian masyarakat di Pulau Sumatera dan Pulau Bali. Oleh karena itu, peran Indonesia Tsunami Early Warning System (InaTEWS) sangat penting untuk mewujudkan ketahanan nasional.

Indonesia Tsunami Early Warning System (InaTEWS) diresmikan oleh Presiden Susilo Bambang Yudhoyono pada tanggal 11 November 2008 di BMKG Pusat Jakarta (Daryono, 2020). InaTEWS mendapat berbagai bantuan mulai dari pengembangan alat-alat hingga membangun kapasitas masyarakat yang dilakukan oleh negara donor dan organisasi internasional. Negara Jerman dan organisasi-organisasinya menjadi pihak yang paling banyak berperan (Hapsari, 2020).

Target yang dimiliki oleh Indonesia Tsunami Early Warning System (InaTEWS) yaitu dapat mendeteksi secara cepat gempa bumi dan memberikan peringatan dini tsunami kepada stakeholder dan pemangku kepentingan. Konsep Indonesia Tsunami Early Warning System (InaTEWS) dapat dilihat pada gambar 2 berikut ini:



Gambar 2. Konsep Indonesia Tsunami Early Warning System (InaTEWS)

Dari gambar 2 diatas, sistem InaTEWS dapat langsung berfungsi setelah adanya kejadian gempa bumi, sistem monitoring gempa bumi yang terdiri dari seismograf dan jaringan satelit secara otomatis mengirimkan data gempa bumi ke ruang operasional InaTEWS di Jakarta, lalu data gempa bumi tersebut diolah sehingga menghasilkan parameter-parameter gempa bumi yang akan diteruskan informasinya kepada pemangku kepentingan dan komunitas masyarakat. Jika ada kejadian gempa bumi dengan kekuatan yang besar, maka sistem monitoring tinggi muka air laut akan berfungsi dan menghasilkan informasi peringatan dini tsunami yang akan disampaikan kepada pemangku kepentingan dan komunitas pantai.

Dengan adanya produk informasi peringatan dini tsunami yang dihasilkan oleh InaTEWS tersebut, maka tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis sistem peringatan dini tsunami dari sudut pandang ketahanan nasional agar dapat mewujudkan masyarakat yang tangguh terhadap bencana.

METODE PENELITIAN

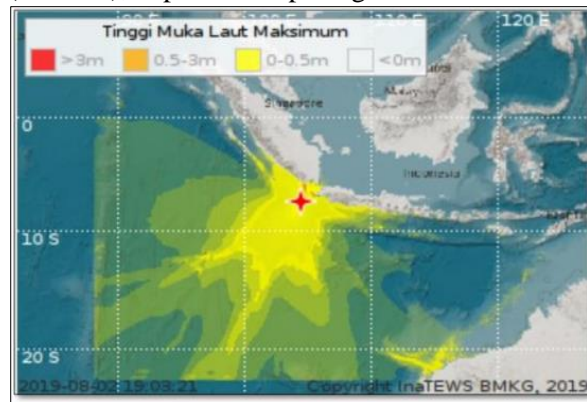
Dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode kualitatif dengan jenis deskriptif analitis. Untuk memperoleh data penelitian, penulis menggunakan teknik penyediaan data dengan studi pustaka dan observasi di lapangan (ruang operasional InaTEWS). Studi pustaka dilaksanakan dengan mengasosiasi seluruh referensi yang berkaitan dengan penelitian seperti peta-peta yang bersumber dari instansi pemerintah, jurnal ilmiah, data parameter gempa bumi, dan data-data yang bersumber dari situs web. Sementara itu, observasi di lapangan

yakni dengan mengoperasikan perangkat lunak (*software*) Tsunami Observation and Simulation System (TOAST).

Studi pustaka dilakukan pada bulan Agustus 2021 dan observasi di lapangan dengan menggunakan perangkat lunak (*software*) Tsunami Observation and Simulation System (TOAST) pada tanggal 18 Maret 2021 di ruang operasional InaTEWS BMKG Pusat Jakarta.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kejadian gempa bumi pada tanggal 02 Agustus 2019 pukul 19:03:21 WIB dengan kekuatan (magnitudo) 7,4 yang berpusat di laut pada arah 147 km BaratDaya Sumur Provinsi Banten langsung direpson oleh Indonesia Tsunami Early Warning System (InaTEWS) yakni dengan mengeluarkan peringatan dini tsunami tahap 1 yang waktu pengiriman informasinya kurang dari 4 menit setelah gempa bumi terjadi (pukul 19:07:25 WIB). Peringatan dini tsunami tahap 1 berisi informasi daerah yang berpotensi tsunami berdasarkan pemodelan dari perangkat lunak (*software*) Tsunami Observation and Simulation System (TOAST), dapat dilihat pada gambar 3 berikut:



Gambar 3. Peta Perkiraan Tinggi Muka Laut Maksimum

Dari gambar 3 diatas, didapatkan informasi daerah-daerah yang berpotensi tsunami dengan berbagai status peringatan, antara lain:

- a. Status peringatan siaga tsunami di Pandeglang bagian Selatan dan Pulau Panaitan Provinsi Banten.
- b. Status peringatan waspada tsunami di Lebak, Pandeglang bagian utara dan Serang bagian barat (Provinsi Banten); Pulau Tabuan, Tanggamus bagian timur, Kepulauan

Krakatau, Kepulauan Legundi, Kepulauan Sebuku, Pesisir Tengah dan Pesisir Utara Kab. Lampung Barat (Provinsi Lampung); Bengkulu Selatan, Kaur dan Pulau Enggano (Provinsi Bengkulu); Ujung Genteng Sukabumi (Provinsi Jawa Barat) (BMKG, 2019).

Peringatan dini tsunami tahap 4 yang berisi “peringatan dini tsunami yang disebabkan oleh gempa bumi Magnitudo 7.4, 02 Agustus 2019, pukul 19:03:25 WIB, dinyatakan telah berakhir” (BMKG, 2019b). Informasi ini diberikan oleh InaTEWS setelah 2 jam 31 menit (21:35:00 WIB) dari kejadian gempa bumi berdasarkan konfirmasi bahwa tidak ada anomali ketinggian air laut yang data-datanya didapat dari tide gauge yang lokasinya berada di sekitar pusat gempa bumi.

Dengan cepatnya informasi peringatan dini yang diberikan oleh InaTEWS kepada pemangku kepentingan dan masyarakat setelah kejadian gempa bumi tersebut merupakan salah satu bentuk implementasi dari ketahanan nasional. Ketahanan nasional diartikan sebagai sebuah kondisi dinamis suatu bangsa, berisikan keuletan dan ketangguhan, yang membentuk kekuatan nasional yang mampu menghadapi dan mengatasi setiap macam ancaman, tantangan, hambatan dan gangguan, baik yang datang dari luar maupun dari dalam negeri, secara langsung atau tidak langsung membahayakan kelangsungan hidup bangsa serta pencapaian tujuan nasionalnya (Suryohadiprojo, 1997). Dengan adanya kemampuan nasional yang telah dimiliki, maka akan terjamin pencapaian tujuan nasional.

Jika InaTEWS lambat memberikan informasi kepada masyarakat, maka kerentanan sosial bisa saja terjadi setelah adanya kejadian gempa bumi yang berpotensi tsunami tersebut. Kesimpangsiuran mengenai informasi parameter-parameter gempa bumi yang diterima oleh masyarakat akan mengakibatkan keretakan sosial. Respon cepat InaTEWS yang memberikan informasi gempa bumi dan peringatan dini tsunami kepada pemangku kepentingan dan masyarakat telah sesuai dengan teori panca daya tangguh (Ma'arif, 2015), sebagai berikut:

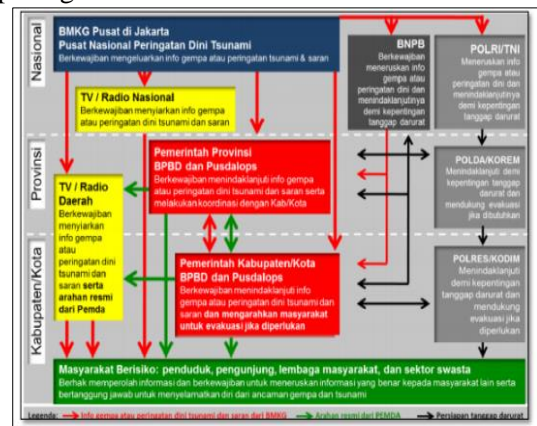
a. Daya Tangguh Informasi

Salah satu bentuk daya tangguh informasi yakni masyarakat mempunyai kemudahan

untuk mengakses dan menyerap informasi yang resmi dari pemerintah. Dalam hal ini, masyarakat mudah mendapatkan informasi gempa dan peringatan dini tsunami yang diberikan oleh pemerintah pusat (InaTEWS) melalui situs web, media sosial, sms, dan aplikasi info BMKG.

b. Daya Tangguh Antisipasi

Salah satu bentuk daya tangguh antisipasi yakni pengorganisasian masyarakat untuk siaga dan bertindak (respons) terhadap bencana. InaTEWS telah membentuk rantai peringatan dini tsunami yang dapat dilihat pada gambar 4 berikut ini:



Gambar 4. Peran dan Tanggung Jawab Lembaga dan Masyarakat Dalam Rantai Peringatan Dini Tsunami.

Dari gambar 4 diatas, dapat disimpulkan bahwa media massa merupakan sarana informasi bagi publik dan peran media sangat penting dalam kondisi apapun, khususnya dalam kondisi darurat (Rachmawati, 2015).

c. Daya Tangguh Proteksi

Salah satu bentuk daya tangguh proteksi yakni menolak ancaman, berupa pembangunan struktural. Salah satu contoh nyata pembangunan struktural yang dilakukan oleh BPBD Pusdalops Provinsi Bali yakni dengan membangun sirine tsunami pada 9 lokasi yang dapat dilihat pada gambar 5 berikut:



Gambar 5. Lokasi Sirine Tsunami di Provinsi Bali.

Pada gambar 5 di atas, menunjukkan bahwa pembangunan sirine tsunami merupakan salah satu pembangunan struktural untuk mewaspadaai adanya ancaman tsunami. Adanya kegiatan aktivasi sirine tsunami pada tanggal 26 setiap bulan yang dilakukan oleh Pusdalops Provinsi Bali yang berkoordinasi dengan BMKG digunakan untuk pengecekan alat peringatan dini tsunami, dan juga dimanfaatkan sebagai sarana sosialisasi kepada masyarakat terkait upaya mitigasi bencana tsunami (Indonesia, 2019).

Upaya mitigasi tsunami di Bali diperkuat oleh Peraturan Gubernur Bali Nomor 34 Tahun 2012, yang menjelaskan bahwa petugas Pusdalops PB dapat mengambil keputusan berdasarkan informasi dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Setiap keputusan yang diambil, arahan evakuasi atau tidak, kemudian didiseminasikan kepada masyarakat dan harus ditembuskan kepada Gubernur Bali dan/atau Musyawarah Pimpinan Daerah (Sanjaya, S.A.P; Budiana, 2020).

c. Daya Tangguh Adaptasi

Salah satu bentuk daya tangguh adaptasi yakni adanya penguatan pada Early Warning System (EWS). Dasar kebijakan pemerintah dalam rangka penguatan terhadap Early Warning System (EWS) gempabumi dan tsunami yakni dengan diterbitkannya Peraturan Presiden (Perpres) tentang

Penguatan dan Pengembangan Sistem Informasi Gempabumi dan Peringatan Dini Tsunami (*Perpres No.93 Tahun 2019 Tentang Penguatan Dan Pengembangan Sistem Informasi Gempabumi Dan Peringatan Dini Tsunami*, 2019). Peraturan Presiden (Perpres) tersebut diterbitkan dengan pertimbangan bahwa sistem informasi gempa bumi dan peringatan dini tsunami mempunyai peran strategis untuk mengantisipasi dan memitigasi sehingga perlu dilakukan upaya penguatan dan pengembangan yang berkelanjutan guna meningkatkan keselamatan jiwa dan harta masyarakat Indonesia dari gempa bumi dan tsunami.

d. Daya Tangguh Melenting Kembali

Salah satu bentuk daya tangguh melenting kembali yakni adanya kreativitas dan inovasi. Pada tahun 2020 telah terjadi kejadian gempabumi sebanyak 8.264 kali (“BMKG: Sebanyak 8.264 Kali Gempa Terjadi Sepanjang 2020,” 2020). Oleh karena itu, diperlukan kreativitas dan inovasi dalam memberikan informasi gempabumi kepada masyarakat yang tepat dan cepat. Beberapa kreativitas dan inovasi yang telah dilakukan oleh InaTEWS antara lain:

- 1) Diluncurkannya aplikasi Warning Receiver System (WRS-BMKG) yang dapat didownload di Play Store. Aplikasi WRS-BMKG bertujuan untuk menyebarluaskan informasi gempabumi $M \geq 5.0$, tsunami, dan gempabumi dirasakan yang terjadi khususnya di wilayah Indonesia. Aplikasi WRS dapat dilihat pada gambar 6 berikut ini:



Gambar 6. Logo aplikasi WRS BMKG

2) Dipasanginya Warning Receiver System (WRS-NewGen)

Warning Receiver System (WRS-NewGen) adalah peralatan penerima informasi gempa bumi dan peringatan dini tsunami yang berupa layar pintar (*smart display*). Warning Receiver System (WRS-NewGen) dilengkapi beberapa layanan seperti alarm yang mengeluarkan suara khusus saat sistem menerima informasi gempa bumi atau peringatan dini tsunami (Purwania, I.B.G; Hartati, R.S; Divayana, 2020). WRS-NewGen dapat dilihat pada gambar 7 berikut ini:



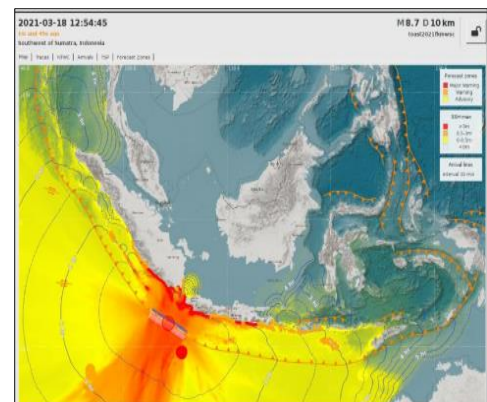
Gambar 7. Warning Receiver System New Gen InaTEWS.

Sebanyak 95 unit Warning Receiver System telah dipasang di Pulau Jawa diantaranya di Pusat Pengendalian Operasi BNPB (“BMKG Berikan Pelatihan Panduan Penggunaan WRS New Generation Kepada Jajaran Pustalops BNPB,” 2020), Kantor Pusat

KKP (Kepala Pusat Gempabumi dan Tsunami, n.d.), dan kantor-kantor BPBD tingkat kota/kabupaten di Jawa Tengah (“BMKG Pasang WRS Newgen Di Boyolali, Klaten, & Wonogiri, Ini Fungsinya,” 2020). Pemasangan WRS NewGen diharapkan meningkatkan performa penyebaran informasi gempa bumi dan peringatan dini tsunami dari BMKG Pusat Jakarta ke kantor unit pelaksana teknis BMKG, pemerintah daerah, lembaga/kementerian, media, dan lembaga lain yang terkait dengan penanganan bencana. Dengan adanya percepatan penyebaran informasi gempa bumi dan peringatan dini tsunami, maka akan dapat mempercepat respons dalam penanganan bencana, sehingga dapat memberikan manfaat nyata dalam menyelamatkan masyarakat dari bencana.

3) Adanya teknologi 4.0 dalam InaTEWS yakni dipasanginya perangkat lunak (*software*) Tsunami Observation and Simulation System (TOAST)

TOAST merupakan bagian dari sistem InaTEWS untuk memberikan potensi peringatan dini tsunami secara cepat. TOAST telah memiliki 18.000 skenario tsunami di wilayah Indonesia. Salah satu hasil simulasi dengan menggunakan TOAST dapat dilihat pada gambar 8 berikut ini:



Gambar 8. Hasil simulasi dengan menggunakan TOAST

Dari gambar 8 di atas, dapat dilihat hasil simulasi tsunami yang dilakukan oleh penulis dengan menggunakan skenario gempa bumi yang berpusat di zona subduksi selatan Jawa berkekuatan 8,7 dan kedalaman 10 km. berkeluk seperti teluk atau muara sungai. Hasil simulasi tersebut menunjukkan bahwa Pulau Jawa, Pulau Sumatera, Pulau Bali, Pulau Sumbawa, dan Pulau Sumba berpotensi terdampak oleh tsunami. Tinggi gelombang tsunami di daerah-daerah tersebut selain dipicu oleh magnitudo gempa, lokasi gempa, dan besarnya deformasi vertikal dasar laut, juga disebabkan oleh bentuk batimetri, topografi, dan geomorfologi pantai. Tinggi tsunami akan mencapai nilai maksimum pada pantai dengan morfologi landai dan berkeluk seperti teluk atau muara sungai (Purnama, A.A.D.S; Paramarta, I.A.B; Rahman, 2019).

KESIMPULAN

Kejadian gempa bumi yang terjadi pada tanggal 02 Agustus 2019 tepatnya pukul 19:03:21 WIB dengan kekuatan (magnitudo) 7,4 yang berpusat di laut pada arah 147 km BaratDaya Sumur Provinsi Banten, dan memiliki kedalaman (*hypocenter*) 10 km telah membuat Indonesia Tsunami Early Warning System (InaTEWS) mengeluarkan peringatan dini tsunami tahap 1 dengan waktu pengiriman informasi kurang dari 4 menit setelah gempa bumi terjadi. Peringatan dini tsunami dinyatakan telah berakhir (peringatan dini tsunami tahap 4) setelah 2 jam 31 menit dari kejadian gempa bumi berdasarkan konfirmasi yang didapat dari data tide gauge yang lokasi berada di sekitar pusat gempa bumi. Respons cepat yang dilakukan oleh InaTEWS untuk

memberikan informasi peringatan dini tsunami yang diberikan oleh kepada pemangku kepentingan dan masyarakat merupakan salah satu bentuk implementasi dari ketahanan nasional dengan tujuan untuk mewujudkan masyarakat yang tangguh bencana sesuai dengan teori panca daya tangguh

Dengan semakin meningkatnya kesadaran mengenai pengurangan risiko bencana, dan adanya kerentanan dalam menghadapi bencana gempa bumi dan tsunami, diperlukan upaya untuk membangun hubungan baru dan berkelanjutan antara ilmu pengetahuan dan teknologi (InaTEWS) dengan pengetahuan lokal yang dimiliki masyarakat berdasarkan kekuatan masing-masing pengetahuan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Bapak Daryono sebagai ahli mitigasi gempa bumi dan tsunami BMKG Pusat dan juga kepada Bapak IDK Kerta Widana atas pemberian masukan demi terciptanya karya ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- BMKG: Sebanyak 8.264 kali gempa terjadi sepanjang 2020. (2020). Retrieved January 6, 2022, from <https://nasional.kontan.co.id/news/bmkg-sebanyak-8264-kali-gempa-terjadi-sepanjang-2020>
- BMKG. (2019). Peringatan Dini Tsunami-1. Retrieved January 10, 2022, from <https://inatews.bmkg.go.id/>
- BMKG Berikan Pelatihan Panduan Penggunaan WRS New Generation Kepada Jajaran Pusdalops BNPB. (2020). Retrieved from 28 November 2020 website: <https://web.bnpb.go.id/pusdalops/detailpost/bmkg-berikan-pelatihan-panduan-penggunaan-wrs-new-generation-kepada-jajaran-pusdalops-bnpb>
- BMKG Pasang WRS Newgen di Boyolali, Klaten, & Wonogiri, Ini Fungsinya. (2020). Retrieved from 15 Juli 2020 website:

- <https://www.solopos.com/bmkg-pasang-wrs-newgen-di-boyolali-klaten-wonogiri-ini-fungsinya-1070834>
- Daryono. (2020). Peringatan Dini Tsunami di Selatan Jawa. Retrieved January 10, 2022, from [https://kkp.go.id/an-component/media/upload-gambar-pendukung/DitJaskel/publikasi-materi/pvmbg-25/WebinarPVMBG25_Materi2_Peringatan-Dini-Tsunami\(BMKG\).pdf](https://kkp.go.id/an-component/media/upload-gambar-pendukung/DitJaskel/publikasi-materi/pvmbg-25/WebinarPVMBG25_Materi2_Peringatan-Dini-Tsunami(BMKG).pdf)
- Hapsari, D. R. P. (2020). Peran Negara Donor dan Organisasi Internasional Melalui InaTEWS dalam. *Journal of International Relations*, 6(1), 156–163.
- Indonesia, U. P. (2019). Kesiapan Sistem Peringatan Dini Tsunami di Bali. *Seminar Hasil Kuliah Kerja Dalam Negeri*, (November), 47–53.
- Kepala Pusat Gempabumi dan Tsunami. (n.d.). *Peran BMKG Sebagai “Pintu” Dalam Menyampaikan Status Bencana Tsunami dan Gempa Di Indonesia*. Retrieved from https://kkp.go.id/an-component/media/upload-gambar-pendukung/DitJaskel/publikasi-materi-2/pumma/REV04_WEBINAR KPG SUMBAR_30082020.pdf
- Perpres No.93 tahun 2019 tentang Penguatan dan Pengembangan Sistem Informasi Gempabumi dan Peringatan Dini Tsunami*. (2019).
- Purnama, A.A.D.S; Paramarta, I.A.B; Rahman, M. S. S. (2019). Estimasi Run Up dan Waktu Tiba Tsunami di Daerah Bali Berdasarkan Simulasi TOAST. *Buletin Fisika*, 20(1), 29–35. Retrieved from <https://ojs.unud.ac.id/index.php/buletinfisika/article/download/43654/29208>
- Purwania, I.B.G; Hartati, R.S; Divayana, Y. (2020). Rancang Bangun Aplikasi Peringatan Dan Mitigasi Gempa Bumi Berbasis Mobile Hybrid. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 19(2). Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/6a03/4dd7407ff71ba619ececadd367675146df87.pdf>
- Rachmawati, D. (2015). Pemberitaan Media Penyiaran Terkait Peristiwa Bencana Gempa Bumi Berpotensi Tsunami. *Journal Communication*, 6(1), 19–35. Retrieved from <https://journal.budiluhur.ac.id/index.php/comm/article/view/2/18>
- Sanjaya, S.A.P; Budiana, I. (2020). Implementasi kebijakan sistem peringatan dini tsunami di Provinsi Bali. *Jurnal Ilmu-Ilmu Sosial*, 15(1), 1–11.
- Sunarjo, Gunawan, M. T., & Pribadi, S. (2012). *Gempabumi Edisi Populer*.
- Tim Pusat Studi Gempa Nasional. (2017). *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Pemukiman. Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 31 Tahun 2009 Tentang Meteorologi, Klimatologi, Dan Geofisika*. (2009).