

Pemodelan Waktu Tiba Gelombang Tsunami di Wilayah Pesisir Provinsi Sulawesi Barat

¹Erwan Susanto, ²Muhammad Arsyad, ³Subaer, ⁴Akbar Rian Setyahagi

¹Stasiun Geofisika Gowa (BMKG), ^{2,3} Universitas Negeri Makassar, ⁴Stasiun Geofisika Nganjuk (BMKG)
Email: erwansusanto0305@gmail.com

Abstrak – Provinsi Sulawesi Barat merupakan provinsi baru yang wilayahnya berkembang dengan pesat dari segi pembangunan infrastruktur. Wilayah Sulawesi barat juga merupakan salah satu tujuan wisata khususnya wisata pantai karena memiliki pemandangan pantai yang bagus. Selain itu juga Sulawesi Barat memiliki beberapa pelabuhan yang fungsinya sangat sentral sebagai akses keluar masuknya barang-barang kebutuhan pokok. Ditinjau dari segi bencana, wilayah Sulawesi Barat sangat rawan terhadap bencana geologi salah satunya tsunami karena wilayahnya yang langsung menghadap ke laut dan dekat dengan sesar naik makassar. Sesar ini merupakan salah satu sesar aktif di Indonesia. Catatan sejarah menyebutkan bahwa sesar ini telah 3 kali menyebabkan gempa bumi besar yang memicu terjadinya tsunami. Untuk mengetahui travel time (waktu tiba) tsunami di wilayah Provinsi Sulawesi Barat dilakukan pemodelan dengan software TUNAMI-N2 Yanagisawa. Data yang digunakan berupa parameter sesar pembangkit tsunami, data batimetri dari GEBCO (*General Bathymetric Chart of The Ocean*) dan data lokasi observasi. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa *travel time* (waktu tiba) tsunami mencapai wilayah pesisir Provinsi Sulawesi Barat paling cepat adalah 7.17 menit yaitu di pantai Tapandulu Kabupaten Mamuju.

Kata kunci: pemodelan tsunami, TUNAMI-N2 Yanagisawa, run up, travel time

Abstract – West Sulawesi Province is a new provision whose territory is developing rapidly in terms of infrastructure development. West Sulawesi region is also one of the tourist destinations, especially beach tourism because it has a good beach view. In addition, West Sulawesi also has several ports whose function is very central as access to and out of staple goods. In terms of disasters, the area of West Sulawesi is very prone to geological disasters, one of which is the tsunami because its area directly faces the sea and is close to the Makassar fault. This fault is one of the active faults in Indonesia. Historical records say that this fault had caused a large earthquake three times which triggered a tsunami. To find out the tsunami travel time in the region of West Sulawesi Province, modeling was done with the Yanagisawa TUNAMI-N2 software. The data used are tsunami fault parameters, bathymetry data from GEBCO (*General Bathymetric Chart of the Ocean*) and observation location data. The modeling results show that the tsunami travel time reaches the coastal area of West Sulawesi Province, the fastest is 7.17 minutes, namely on the beach of Tapandulu, Mamuju Regency.

Keywords: tsunami modelling, TUNAMI-N2 Yanagisawa, run up, travel time

I. PENDAHULUAN

Provinsi Sulawesi Barat merupakan provinsi baru yang wilayahnya berkembang dengan sangat pesat dari segi pembangunan infrastruktur. Wilayah Sulawesi barat juga merupakan salah satu tujuan wisata khususnya wisata pantai karena memiliki pemandangan pantai yang bagus. Selain itu juga Sulawesi Barat memiliki beberapa pelabuhan yang fungsinya sangat sentral sebagai akses keluar masuknya barang-barang kebutuhan pokok.

Ditinjau dari segi bencana, wilayah Sulawesi Barat sangat rawan terhadap bencana geologi salah satunya tsunami karena wilayahnya yang langsung menghadap ke laut dan dekat dengan sesar naik makassar. Sesar ini merupakan salah satu sesar aktif di Indonesia. Catatan sejarah menyebutkan bahwa sesar ini telah 3 kali menyebabkan gempa bumi besar yang memicu terjadinya tsunami. Pertama tsunami Tinambung pada 11 April 1967, tsunami ini terjadi akibat dari gempa bumi berkekuatan 6.3 SR. Dampak dari tsunami ini menyebabkan kerusakan pemukiman warga di pesisir pantai, 13 orang nelayan tenggelam di muara sungai Tinambung, 58 orang meninggal, 100 orang luka – luka dan 13 orang hilang di Teluk Mandar. Kedua adalah Tsunami

Majene 23 Februari 1969, tsunami ini disebabkan oleh gempa bumi berkekuatan 6.9 SR. Ketinggian tsunami majene mencapai 2-6 meter di pesisir Majene, 4 meter di Paletang dan 1.5 meter di Palipi. Dampak dari tsunami ini menyebabkan 600 orang meninggal dan 97 orang luka – luka. Ketiga adalah tsunami Mamuju pada 8 Januari 1984 yang disebabkan oleh gempa bumi berkekuatan 6.7 SR. Dampak dari tsunami ini menyebabkan 2 orang meninggal dan 107 orang luka – luka.

Rumusan masalah yang ingin dipecahkan dalam penelitian ini adalah berapa menit waktu yang dibutuhkan tsunami untuk sampai di bibir pantai beberapa wilayah di Sulawesi Barat?

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui berapa waktu yang dibutuhkan tsunami untuk sampai di bibir pantai beberapa wilayah di Sulawesi Barat.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu mampu untuk menjadi acuan bagi pemerintah Sulawesi Barat dalam menentukan metode evakuasi terhadap bencana tsunami untuk meminimalisir dampak yang ditimbulkan.

II. LANDASAN TEORI

A. Pengertian Tsunami

Istilah tsunami berasal dari bahasa Jepang yang artinya gelombang (*nami*) dan pelabuhan (*tsu*). Sehingga tsunami dapat diartikan sebagai rangkaian gelombang yang dibangkitkan secara tiba-tiba akibat pergerakan kolom air dalam arah vertikal. Penyebab dari terjadinya tsunami adalah aktifitas seismik, letusan gunung api, tanah longsor, benda jatuh dari luar angkasa, dan karena adanya fenomena meteorologi (Bryant, 2008). Gelombang tsunami merupakan salah satu gelombang yang kecepatan penjalaran gelombangnya bergantung pada kedalaman perairan dan tidak bergantung pada periode gelombang, seperti pada [1].

Kapal yang sedang berlayar di tengah laut tidak merasakan tsunami, karena ketinggian tsunami saat berada di laut lepas kurang dari 0,4 meter dan panjang gelombangnya berkisar antara 10 – 500 km. Tinggi tsunami saat mencapai pantai menjadi lebih besar karena, saat gelombang tsunami mencapai pantai mengalami transformasi gelombang dengan menurunnya kecepatan penjalaran dan terjadi pengurangan panjang gelombang, seperti pada [1].



Gambar 2. Ilustrasi istilah yang digunakan dalam pembahasan tsunami (Farreras, 2000)

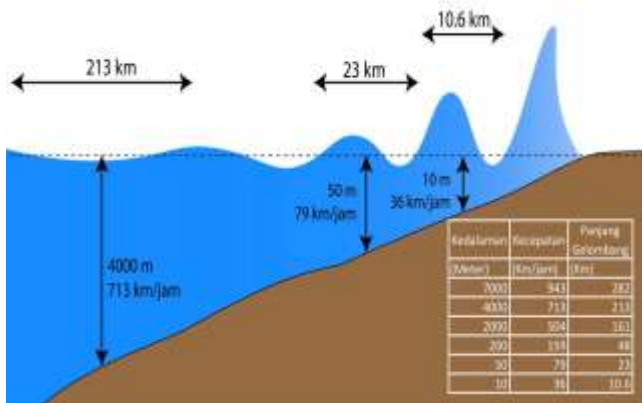
III. METODE PENELITIAN/EKSPERIMEN

Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa data berupa parameter sesar pembangkit tsunami, data batimetri dari *GEBCO (General Bathymetric Chart of The Ocean)* dan data lokasi observasi waktu tiba tsunami.

Tabel 1. Data Parameter Sesar

Fault length (km)	Fault width (km)	Strike (°)	Dip (°)	Rake (°)	Depth (km)	Mw
170	85	170	45	90	55	7.3

Tabel 1. Adalah data parameter sesar naik makassar yang digunakan untuk melakukan pemodelan waktu tiba gelombang tsunami di wilayah Sulawesi Barat.



Gambar 1. Hubungan antara kecepatan dan panjang gelombang tsunami terhadap kedalaman laut (IOC, 2016)



Gambar 3. Lokasi Observasi Waktu Tiba Gelombang Tsunami

B. Istilah – Istilah dalam Tsunami

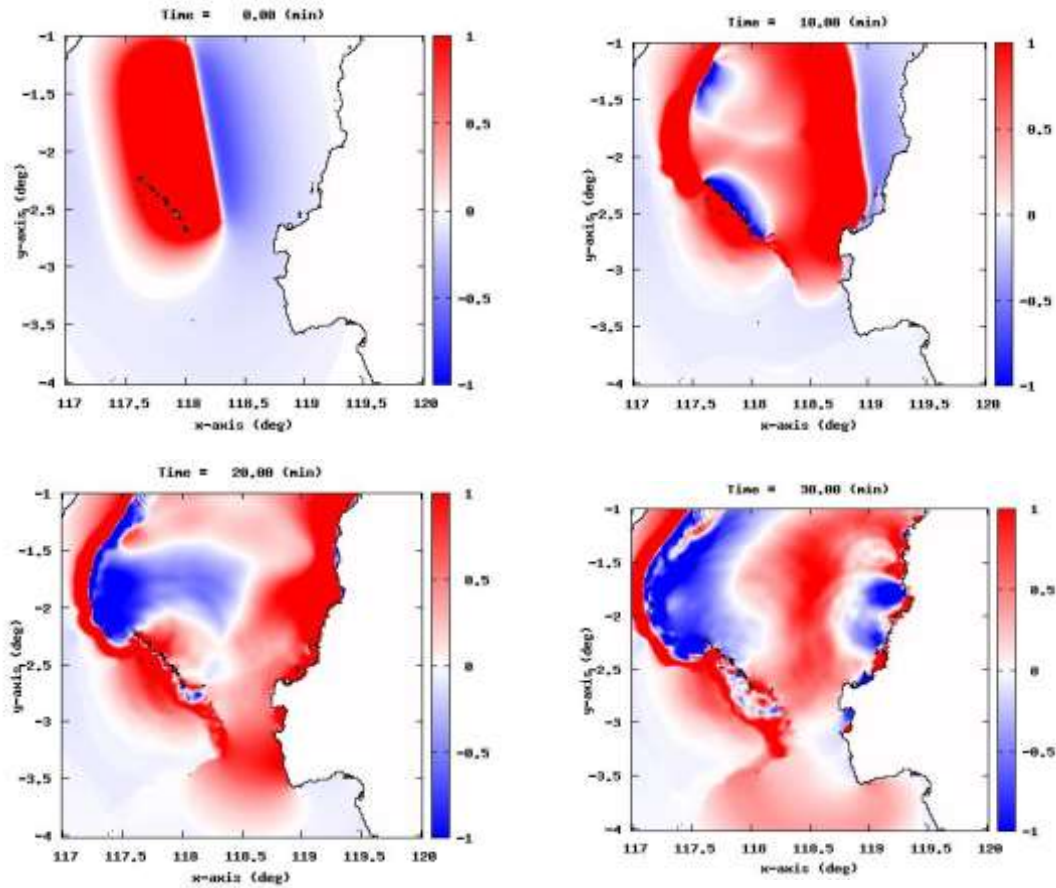
Studi paleotsunami, pemodelan tsunami dan pembuatan jalur evakuasi menggunakan catatan parameter istilah penting yang dihasilkan gelombang tsunami yang memasuki daratan. Beberapa istilah penting pada pemodelan *TUNAMI-N2 Yanagisawa*, seperti pada [2]:

1. Inundasi adalah jarak horizontal terjauh tsunami yang mencapai daratan ditarik dari garis pantai.
2. Tinggi *Run-up* adalah ketinggian tsunami pada titik inundasi maksimum di daratan dihitung dari referensi muka air laut.
3. *Flow depth* adalah ketinggian tsunami di atas daratan dihitung dari ketinggian topografi.
4. Tinggi Tsunami adalah ketinggian tsunami di atas daratan dihitung dari referensi muka air laut.
5. Referensi muka air laut atau *Mean Sea Level (MSL)* adalah rata-rata nilai tinggi muka air laut pada jangka waktu yang lama.
6. *Travel time* adalah waktu yang diperlukan gelombang tsunami pertama untuk bergerak dari sumber tsunami ke satu titik tertentu pada garis pantai.

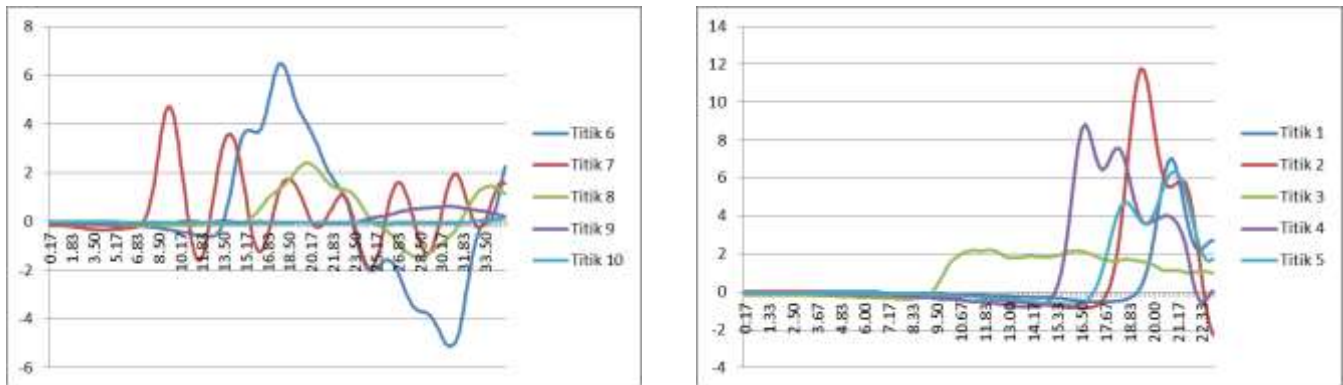
Gambar 3. adalah lokasi observasi waktu tiba gelombang tsunami di sepanjang pesisir pantai wilayah Sulawesi Barat. Lokasi pengamatan terdiri dari 10 titik tersebar di Kabupaten Mamuju Utara, Mamuju, Majene dan Polewali Mandar. Pemilihan lokasi titik observasi berdasarkan wilayah yang dianggap strategis di Provinsi Sulawesi Barat, yaitu obyek wisata pantai yang ramai dikunjungi masyarakat dan wilayah pelabuhan yang menjadi tempat vital.

Pemodelan penjalaran tsunami dilakukan dengan menggunakan bantuan software *TUNAMI-N2 (Tohoku University's Numerical Analysis Model Investigation of Tsunami No 2)* yang telah dimodifikasi oleh *Yanagisawa 2012*. Dalam pemodelannya *TUNAMI-N2 Yanagisawa* menggunakan skema numerik *leap-frog* dalam menyelesaikan persamaan persamaan dasar perambatan gelombang linear di laut dalam dan laut dangkal. Sedangkan dalam penentuan resolusi wilayah yang lebih tinggi digunakan skema *grid* bersarang (*nested grid*) Pemodelan dari *TUNAMI-N2 Yanagisawa* menghasilkan waktu tiba tsunami. Dalam proses pemetaan dibutuhkan software *GMT (General Mapping Tool)* yang prosesnya dilakukan di Windows melalui *Cygwin Terminal 32 bit*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 4. Pemodelan penjarangan tsunami (a) menit ke-0, (b) menit ke-10, (c) menit ke-20 dan (d) menit ke-30



Gambar 5. Grafik waktu tiba gelombang tsunami

Setelah dilakukan pemodelan, diperoleh beberapa gambaran (*snapshot*) pola penjarala gelombang tsunami setelah terjadi gempa bumi pada setiap periode waktu. Pada gambaran hasil pemodelan, area laut yang berwarna biru menunjukkan adanya penurunan muka air laut sedangkan area laut yang berwarna merah menunjukkan terjadinya kenaikan permukaan air laut.

Gambar 4. adalah hasil pemodelan penjarangan gelombang tsunami. Menit ke-0 mengambarkan kondisi sesaat setelah terjadi gempa bumi, menunjukkan terjadi deformasi bidang patahan di dasar laut yang menyebabkan turunnya muka air laut bagian timur patahan, kenaikan di bagian barat patahan.

Hasil pemodelan menunjukkan bahwa pola penjarangan

tsunami di wilayah sesar naik makassar di dominan ke arah barat dan timur dari patahan sesuai dengan *slip angle (rake)* atau sudut pergerakan patahan yang tegak lurus terhadap arah *strike*.

Gambar 5. Merupakan grafik waktu tiba tsunami pada 10 lokasi observasi. Sumbu x merupakan waktu dan sumbu y adalah tinggi tsunami. Pada gambar tersebut terlihat bahwa waktu tiba gelombang tsunami ditunjukkan dengan adanya perubahan amplitudo.

Tabel 2. Lokasi Observasi dan Waktu Tiba Gelombang Tsunami

No	Longitude	Latitude	Lokasi	Waktu Tiba (menit)
1	119.348	-1.169	Pantai Tanjung Babia, Mamuju Utara	18.83
2	119.284	-1.685	Pelabuhan Cinoka, Mamuju Utara	16.58
3	119.202	-2.060	Kelurahan Kire, Mamuju	14.25
4	119.101	-2.488	Pelabuhan Belang-belang, Mamuju	16.50
5	118.898	-2.603	Dermaga Pulau Ujung Bulu	8.42
6	118.889	-2.670	Pantai Manakarra, Mamuju	13.00
7	118.791	-2.666	Pantai Tapandulu, Mamuju	7.17
8	118.849	-3.313	Pelabuhan Palipi, Majene	15.33
9	119.006	-3.551	Pantai Barene, Majene	24.00
10	119.449	-3.482	Pelabuhan Tanjung Silopo, Polewali Mandar	31.83

Pada tabel 2. menunjukkan beberapa variasi waktu tiba gelombang tsunami di beberapa titik observasi wilayah pesisir pantai Sulawesi Barat. Pada wilayah Kabupaten Mamuju utara waktu tiba gelombang tsunami yaitu pada menit ke-18.83 di titik observasi obyek wisata Pantai Tanjung Babia dan di Pelabuhan Cinoka pada menit ke-16.58. Untuk dermaga Pulau Ujung Bulu gelombang tsunami sampai pada menit ke-8.42. Pada wilayah Kabupaten Mamuju waktu tiba gelombang tsunami berkisar antara 7 s.d 17 menit dan pertama kali sampai adalah di titik observasi Obyek Wisata Pantai Tapandulu pada menit ke-7.17. Untuk wilayah Kabupaten Majene gelombang tsunami pertama mencapai titik observasi di wilayah Pelabuhan Palipi pada menit ke-15.33. Sedangkan untuk wilayah Kabupaten Polewali Mandar gelombang tsunami mencapai titik observasi Pelabuhan Tanjung Silopo pada menit ke-31.83.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemodelan tsunami yang dibangkitkan oleh sesar naik makassar dapat diperoleh kesimpulan bahwa waktu tiba gelombang tsunami sampai di wilayah pesisir pantai Sulawesi Barat sangat bervariasi tergantung pada jarak lokasi dari sumber pembangkit tsunami. Gelombang tsunami pertama sampai di wilayah pesisir Sulawesi barat adalah pada menit ke-7.17 di obyek wisata Pantai Tapandulu Kabupaten Mamuju.

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Ucapan terima kasih selanjutnya penulis sampaikan kepada kedua Orang Tua, tim penelitian, instansi BMKG dan Stasiun Geofisika Kelas II Gowa

PUSTAKA

- [1] Setyahagi A. R., Pemodelan Tsunami di Pantai Sendang Biru Kabupaten Malang, *Skripsi*, STMKG, Tangerang, 2017.
- [2] Muqoddas M. M., Pengaruh Kekasaran Manning Terhadap Pemodelan Inundasi di Cilacap, *Skripsi*, STMKG, Tangerang, 2018.
- [3] British Oceanographic Data Center, The General Bathymetric Chart of the Oceans, http://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/gebco_30second_gr_id, diakses 10 Agustus 2019.

- [4] Budiarta, 2013 *Tsunami Simulation of the 1994 Java Earthquake for Tsunami Hazard Assessment Along the Southern Coast Of East Java, Indonesia*, IISEE, Tsukuba, Japan.
- [5] Farreras, S. F., 2000, Post-Tsunami Field Survey Procedures: An Outline, *Natural Hazards*, pp. 207-214.
- [6] Fujii, Y., dan Satake, K., 2008. *Tsunami sources of the November 2006 and January 2007 great Kuril earthquakes*, Bulletin of the Seismological Society of America, vol. 98(3), pp. 1559-1571.
- [7] Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC), 2016, *Tsunami Glossary, IOC Technical Series*, 85.
- [8] Kanamori, H., 1972, Mechanism of tsunami earthquakes, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, vol. 5, 6, pp. 346 - 359.
- [9] Kongko, W., dan Schlurmann, T., 2011, The Java Tsunami Model: Using Highly- Resolved Data to Model the Past Event and to Estimate the Future Hazard, *Coastal Engineering Proceedings*, 32, 1, 25.
- [10] Leschka, S., Pederse, C., dan Larsen, O., 2009, *on the requirements for data and methods in tsunami inundation modelling – Roughness map and uncertainties*, Penang, Malaysia.
- [11] Pribadi, S., Afnimar, A., Puspito, N. T., dan Ibrahim, G., 2013, Characteristics of Earthquake-Generated Tsunamis in Indonesia Based on Source Parameter Analysis, *Journal of Mathematical and Fundamental Sciences*, vol 2, 45, pp. 189 -207.
- [12] PUSGEN. (2017). Peta sumber dan bahaya gempa Indonesia tahun 2017. (M. Irsyam, S. Widiyantoro, D. H. Natawidjaja, I. Meilano, A. Rudyanto, S. Hidayati, ... S. Sunarjito, Eds.) (1st ed.). Bandung: Puslitbang Perumahan dan Permukiman, Balitbang Kementerian PUPR.
- [13] Satake, K. dan Tanioka, Y., 1999 Sources of Tsunami and Tsunamigenic Earthquakes in Subduction Zones, *Pure Appl. Geophys.*, vol. 154, pp. 467483,0033–4553:99:040467–17.
- [14] Satake, K., 2012, *Earthquakes and Tsunamis*, Earthquake Research Institute University of Tokyo, Tokyo.
- [15] Satake, 2006, *Tsunami and Earthquake*, Geological Survey of Japan, National Institute of Advance Industrial Science and Technology, IISEE (International Institute of Seismology and Earthquake Engineering), Tsukuba.
- [16] Sriyanto S. P. D, Nurfitriani, M. Zulkifli, Sandi N. E. W., Pemodelan Inundasi dan Waktu Tiba Tsunami di Kota Bitung, Sulawesi Utara Berdasarkan Skenario Gempabumi aut Maluku, *Geomatika*, vol. 24 N0.1 Mei 2019, pp. 47-54.
- [17] Shahasrakiranna, 2017, Pemodelan Rendaman Tsunami di Kota Padang Dengan Mempertimbangkan Variasi Koefisien Kekasaran Manning Secara Spasial, *Tesis*, Magister Sains Kebumihan, ITB, Bandung.
- [18] Yanagisawa, H., 2011, *Numerical Simulation of Tsunami and its Application*, Tohoku-Gakuin University, Tohoku.