

ANALISA NUMERIK TSUNAMI PANGANDARAN DAN IMPLIKASINYA TERHADAP MITIGASI BENCANA

NUMERICAL ANALYSIS OF PANGANDARAN TSUNAMI AND ITS IMPLICATIONS ON DISASTER MITIGATION

Lulut Alfaris*¹, Arif Baswantara¹ dan Suhernalis¹

¹Program Studi Teknologi Kelautan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Pangandaran, Jl. Raya Babakan KM. 02 Pangandaran, 46396-
Jawa Barat, Indonesia

Teregistrasi I tanggal: 30 Januari 2020; Diterima setelah perbaikan tanggal: 06 Februari 2020;
Disetujui terbit tanggal: 14 Februari 2020

ABSTRAK

Lempeng Eurasia adalah lempeng tektonik terbesar ketiga yang berada di daerah Eurasia, daratan yang terdiri dari benua Eropa dan Asia. Lempeng Sunda merupakan bagian dari Lempeng Eurasia yang rumit secara tektonik dan aktif secara seismik. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan karakteristik pola patahan akibat gempa bumi tanggal 17 Juli 2006 di Laut Selatan Jawa dengan sumber data dari katalog gempa bumi USGS. Analisis bola fokus bahwa gempa tanggal 17 Juli 2006 dengan koordinat 9.3° S dan 107.4° E adalah kombinasi sesar mendatar dan sesar naik atau jenis sesar ini disebut juga oblique. Hasil analisis 3D Focal Mechanism dan perhitungan rumus empiris menunjukkan bahwa terjadinya penjalaran gelombang tsunami (Tsunami Travel Time) ke daerah pantai dipesisir Jawa selatan mempunyai waktu sekitar 30 menit, sehingga diperlukan kesiapsiagaan dalam menghadapi bencana.

Kata Kunci: Lempeng tektonik; tsunami travel time; gempa bumi

ABSTRACT

The Eurasian Plate is the third largest tectonic plate in the Eurasia region, a land consisting of Europe and Asia. The Sunda Plate is part of the Eurasian Plate which is complicated by tectonics and seismically active. The purpose of this study is to determine the characteristics of the fault patterns due to the earthquake on 17 July 2006 in the South Sea of Java with data sources from the USGS earthquake catalog. Focus ball analysis that the earthquake on July 17, 2006 with coordinates 9.3° S and 107.4° E is a combination of horizontal faults and rising faults or this type of fault is also called oblique. The results of the 3D Focal Mechanism analysis and the calculation of empirical formulas indicate that the occurrence of tsunami wave propagation in the coastal areas of South Java approximately 30 minutes, so that preparedness is needed in the face of disasters.

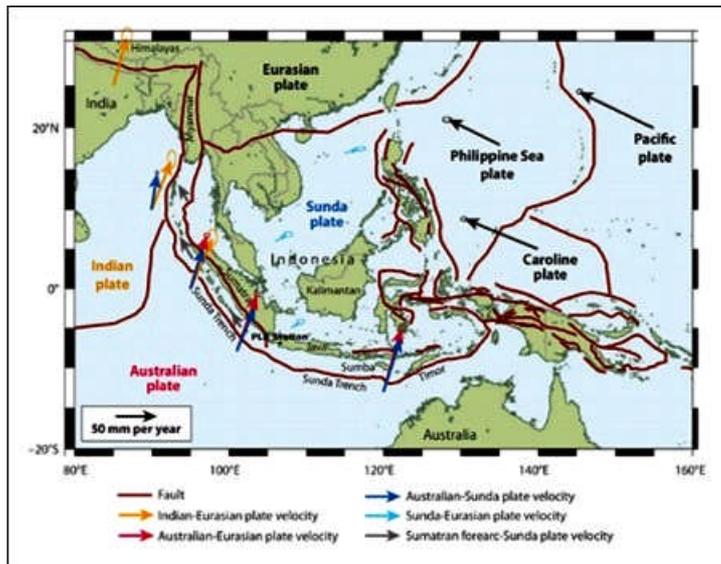
Keywords: Tectonic plate; tsunami travel time; earthquake

PENDAHULUAN

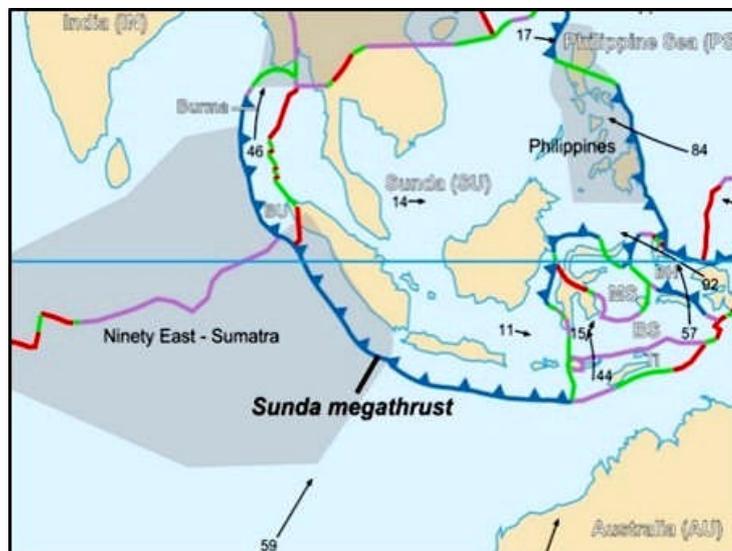
Indonesia terletak pada batas pertemuan tiga lempeng besar dunia yang sangat aktif yaitu lempeng Eurasia, lempeng Pasifik, dan lempeng Indo-Australia serta satu lempeng mikro yaitu lempeng mikro Filipina, karena itu maka wilayah Indonesia sangat rawan terhadap bencana gempa tektonik. Indonesia sebagai negara yang terletak di kawasan Zona Seismik Asia Tenggara, merupakan salah

satu negara dengan aktifitas seismik paling aktif bahkan teraktif di dunia (Aydan, 2008).

Lempeng laut Sunda merupakan lempeng bagian dari Lempeng Euraisa, yang merupakan lempeng diantara Eurasia dan Australia, kondisi ini mengakibatkan kegempaan daerah Jawa dan sekitarnya terkonsentrasi di sebagian besar wilayah selatan dari Pulau Jawa dimana aktivitas kegempaan sering terjadi.



Gambar 1. Zona Lempeng Indonesia.



Gambar 2. Subduksi Selat Sunda.

Gempabumi dengan magnitude 7.2 SR tanggal 17 Juli 2006 merupakan salah satu contoh gempa berskala besar yang terjadi di Laut Selatan Jawa dengan koordinat 9.3° S dan 107.4° E. Secara toritis, gempa yang terjadi sudah memenuhi kriteria gempa yang mengakibatkan tsunami. Dari kejadian tsunami ini telah menimbulkan banyak korban baik jiwa maupun materiil. Sehingga diperlukan untuk menganalisis gempa dan tsunami dalam konteks mitigasi bencana.

Pemodelan Sumber Gempa

Pemodelan sumber gempa bumi atau pembuatan model-model seismotektonik harus dilakukan dengan berdasarkan indikasi data geologi, geodesi, geofisika dan seismologi yang mengandung informasi struktur seismogenik menerus ataupun yang terpisah (*discrete*). Bertitik tolak dari data-data tersebut yang ada, Kertapati (2006) dan Irsyam *et al.* (2008) mengenali dan membedakan

ada tiga lajur sumber gempa bumi di Wilayah Indonesia, yaitu:

- a. Zona Penunjaman / Subduksi, yaitu jalur tempat terjadinya gempa bumi disekitar pertemuan antara dua lempeng dimana lempeng samudera menunjam ke dalam lempeng benua atau dua lempeng benua saling menempu.
- b. Zona patahan patahan kerak bumi dangkal “*shallow crustal fault zone*” tempat terjadinya gempa bumi di dalam kerak bumi dangkal.
- c. Zona menyebar (*diffuse*) yaitu jalur sumber gempa yang diasumsikan sebagai daerah yang mempunyai potensi kecepatan yang sama.

Pemodelan Tsunami

Tsunami dapat dituliskan dalam bentuk model matematika. Model Matrix Tsunami ditulis dalam berbagai bentuk persamaan massa dan momentum

$$\begin{aligned} \frac{\partial n}{\partial t} + \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} &= 0 \\ \frac{\partial n}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} \right) &= 0 \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} \right) &= 0 \\ g + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial z} &= 0 \dots\dots\dots(1) \end{aligned}$$

Dimana :

- x dan y = horizontal axis
- z = vertikal axis
- t = waktu
- h = aliran air
- n = tinggi gelombang diatas permukaan
- u, v dan w = kecepatan arah dari x, y dan z
- g = kecepatan gravitasi

Berdasarkan catatan Latief *et al.* (2000), kejadian tsunami yang pernah terjadi di Indonesia sampai pada tahun 1999 sebanyak 105 kali kejadian tsunami, dimana 90 % terjadi karena gempa tektonik, 9 % oleh letusan gunung berapi, dan 1 % karena tanah longsor. Menurut Kaharuddi *et al.* (2011) jenis gempabumi di dasar laut yang berpotensi menimbulkan tsunami memiliki sifat dan kondisi:

1. Kekuatan gempa diatas 6 SR.
2. Gempa bumi dangkal yaitu gempabumi di kedalaman lebih kecil dari 60 km dari permukaan laut.
3. Kedalaman air yang cukup (500 – 5000 m).
4. Letak fokus gempa berada pada bagian luar tebing laut yang curam terhadap daratan (luar zona subduksi).
5. Terjadi pola pergerakan sesar secara vertikal.

Menurut Sutrisno (2007) episenter gempabumi adalah tempat asal mula terbentuknya tunami di laut. Kecepatan tsunami berbeda untuk setiap kedalaman laut yang

berbeda, sehingga kecepatan tsunami yang menuju pantai berubah.

Non-linear Shallow Water Model (NSWM) umumnya dipakai oleh peneliti untuk simulasi run-up tsunami dan genangan tanah karena menawarkan kemampuan komputasi yang efisien dan kuat tanpa mengorbankan akurasi terlalu banyak dibandingkan dengan BTM. Olabarieta *et al.* (2011) mengembangkan model Cantabria-Comcot-Tsunami-Claw (C3) dengan menyelesaikan bentuk konservatif dari persamaan Non-linier Shallow Water Equations (NSWEs) untuk mensimulasikan perambatan tsunami dan run-up. Ha & Cho (2015) mengusulkan model beda hingga dimodifikasi berdasarkan persamaan air dangkal dan menerapkannya untuk mensimulasikan propagasi tsunami di atas kawatan yang terendam.

Penentuan pola patahan gempa dalam penelitian ini menggunakan mekanisme bola focus. Dengan menentukan pola patahan, hasil yang diperoleh diharapkan berupa pola patahan yang dominan di daerah laut selatan Jawa. Penentuan pola patahan dominan Laut Selatan Jawa dikaitkan dengan gempa 7.7 SR tanggal 17 Juli 2006 untuk melihat proyeksi bola fokus yang didapat kemudian akan diketahui penyebab terjadinya tsunami pada gempa besar tersebut.

METODE PENELITIAN

Data kejadian gempa bumi dengan batas daerah penelitian yaitu 9.3° S dan 107.4° E, kedalaman 12 Km (gempa dangkal). Parameter gempa bumi yang digunakan dalam penelitian ini berupa lokasi episenter (sumber gempa bumi), serta parameter bola focus berupa data polarisasi awal gelombang gempa. Metode penelitian yang digunakan adalah metode analisis deskriptif.

Penelitian tentang analisis tingkat seismisitas dan periode ulang gempa bumi dengan metode kuadrat terkecil. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder, yaitu parameter gempa bumi, yang terdiri dari: *event* kejadian, letak episenter (*latitude* dan *longitude*), kedalaman, magnitudo gempa bumi. Data tersebut diperoleh dari portal data seismologi *USGS (United States Geological Survey)*, dengan magnitudo 7,7 SR dan kedalaman 12 km. Dengan daerah penelitian berlokasi di 9.3° S dan 107.4° E.

Tahapan pengolahan data adalah sebagai berikut:

1. Menghimpun data parameter gempa bumi dari *USGS* sesuai dengan kriteria data (magnitudo, kedalaman, letak astronomis wilayah, dan *event* kejadian gempa bumi)
2. Mengkonversi seluruh magnitudo gempa bumi menjadi momen magnitude (*Mw*), karena magnitudo momen tidak mengalami saturasi.

3. Memfilter data gempa bumi dengan tujuan untuk menghilangkan pengaruh foreshock dan aftershock. gempa bumi
4. Menghitung koefisien Gutenberg-Richter, nilai indeks seismisitas, serta periode ulang gempa bumi dengan metode kuadrat terkecil.
5. Mensimulasikan tsunami travel time yang menerjang pantai.

Global CMT (*Centroid momen Tensor*) berupa data *strike*, *dip* dan *slip*. Data yang digunakan bisa diakses langsung ketika akan menggunakan software mirone dengan koneksi data internet. Hasil dari keluaran Mirone berupa gambar bola fokus yang dapat di plot otomatis ketika dimasukkan data *strike* 290°, *dip* 10°, dan *rake* 102°. Berdasarkan hasil dari USGS mekanisme bola focus yakni *oblique* naik sehingga gempa tanggal 17 Juli 2006 menyebabkan tsunami.

HASIL DAN BAHASAN

Hasil

Focal Mechanism

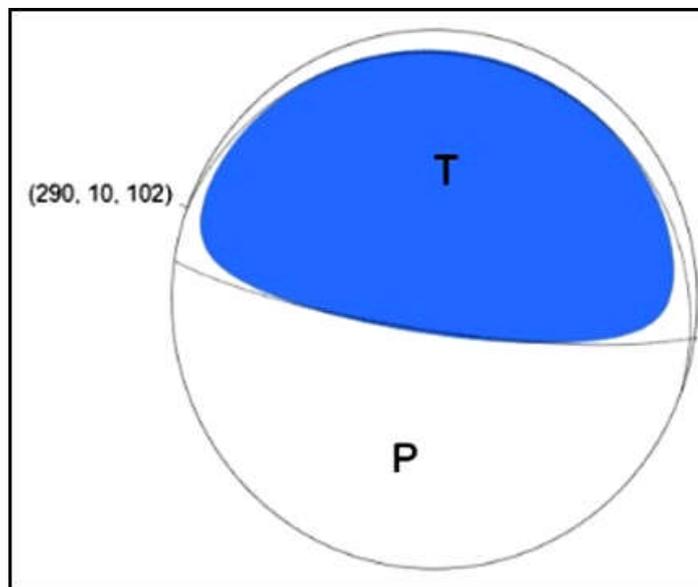
Memproyeksikan magnitudo dan kedalaman gempa bidang sesar berupa bola fokus untuk kejadian gempa bumi secara otomatis dengan menggunakan data katalog

Perhitungan Magnitudo dan Kedalaman Gempa

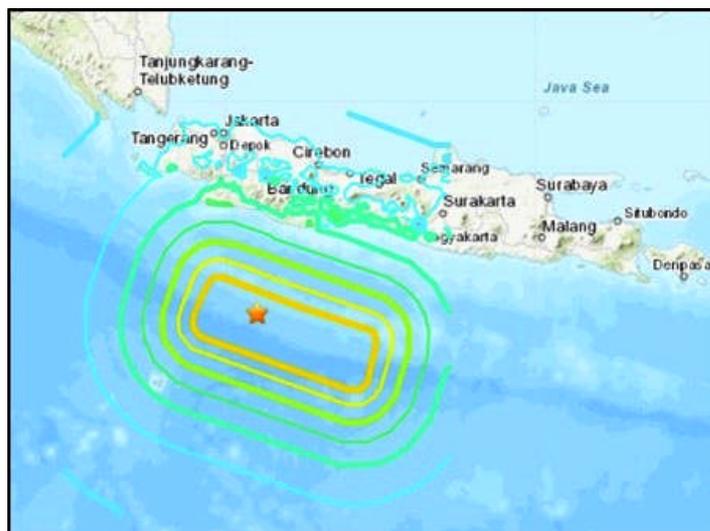
Perhitungan menggunakan yang digunakan untuk menghitung parameter patahan (Wells dan Coppersmith, 1994). Dengan hasil sebagai berikut :

Magnitudo Gempa : 7.7 SR

Kedalaman : 12 Km



Gambar 3. Hasil mekanisme fokal USGS.



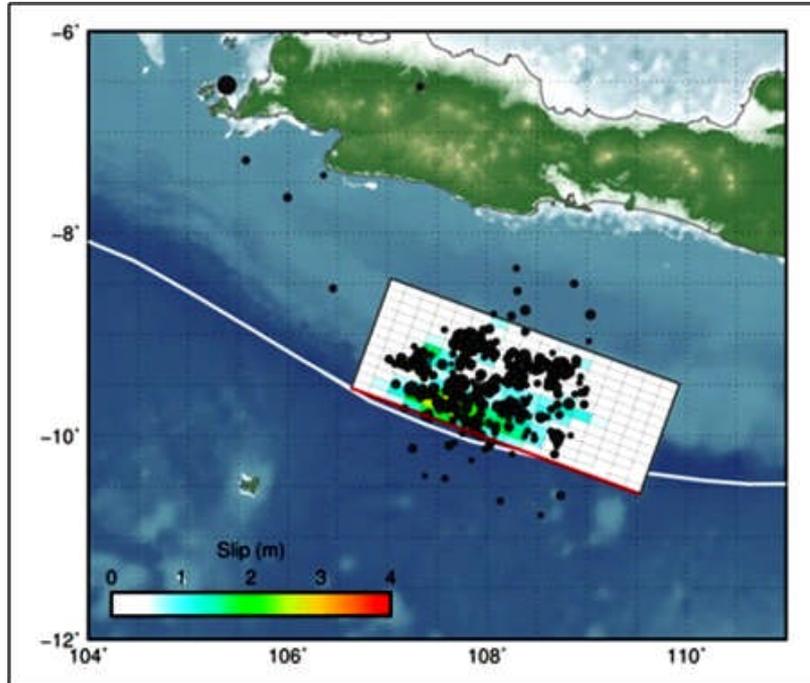
Gambar 4. Lokasi Gempa Bumi.

Simulasi Tsunami

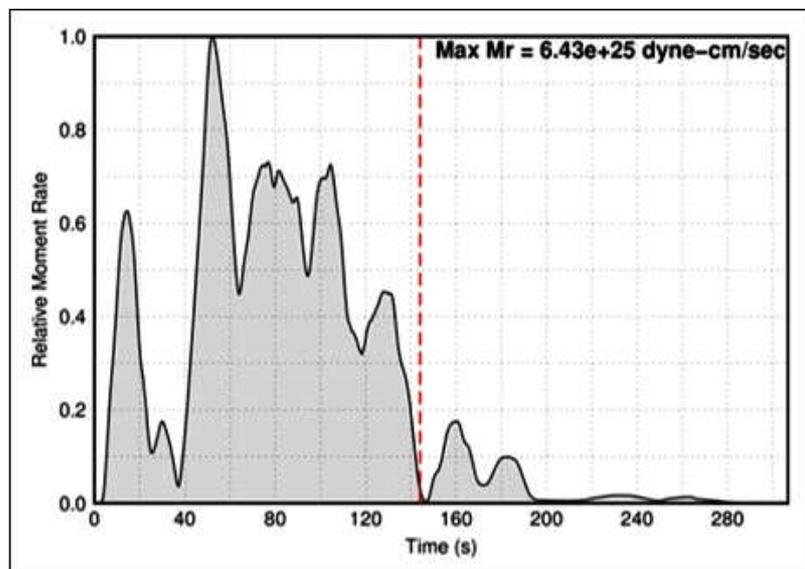
Langkah pertama yang dilakukan untuk membuat simulasi Tsunami yaitu menyiapkan data yaitu data sumber gempa berupa lintang, bujur daerah tunjangan tsunami, hasil perhitungan panjang patahan, lebar patahan,

deformasi vertikal tanggal 17 Juli 2006. Data yang ditulis dalam *source* parameter selanjutnya akan digunakan sebagai data utama untuk pembuatan simulasi Tsunami.

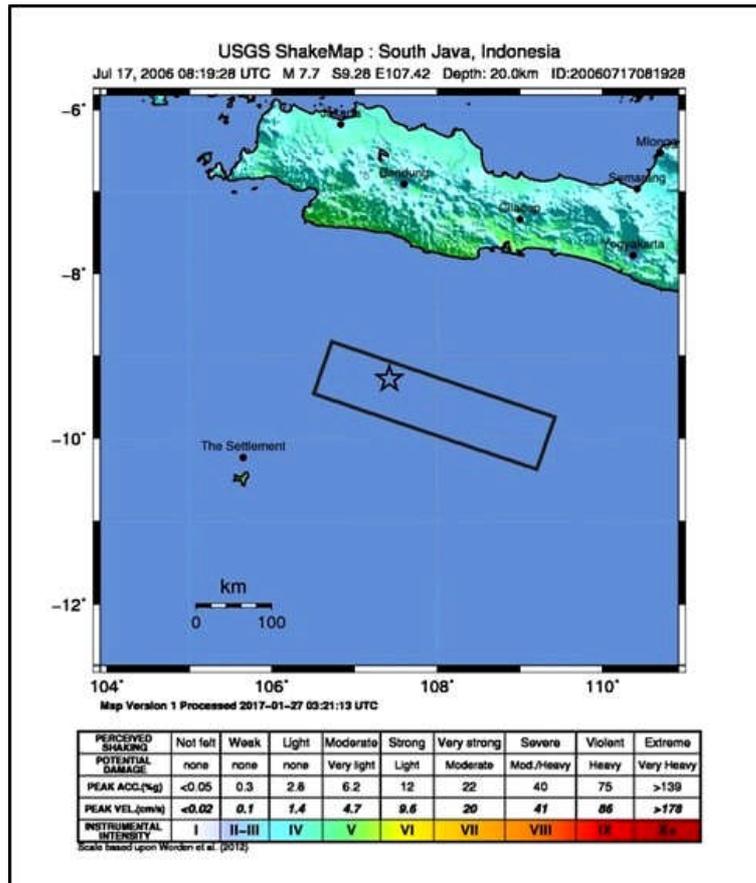
Hasil perhitungan digunakan dalam proses pembuatan simulasi Tsunami menggunakan sebagai berikut.



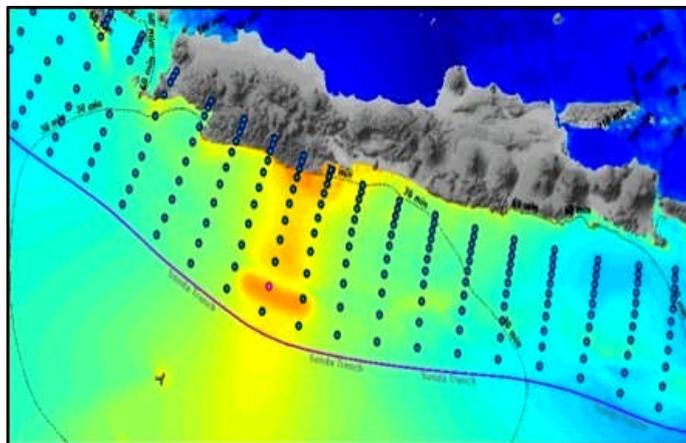
Gambar 5. Surface projection.



Gambar 6. Moment relative.



Gambar 7. Shake Map (USGS).



Gambar 8. Simulasi Tsunami.

Bahasan

Dari hasil simulasi yang dilakukan terlihat bahwa waktu yang ditempuh gelombang tsunami untuk mencapai pantai selatan Jawa Barat adalah 30 menit dari kejadian gempa.

Gambar diatas menjelaskan kondisi ekstrim gempa 7 Juli 2006 dengan kedalaman 12 km dibawah permukaan. Dilihat dari syarat terjadinya tsunami, gempa 7.7 SR ini menimbulkan Tsunami yang cukup besar, dan menimbulkan korban jiwa yang tidak sedikit, adanya kombinasi sesar

yang terbentuk yaitu kombinasi sesar naik dan sesar mendatar.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis mekanisme bola fokus, menunjukkan bahwa gempa tanggal 17 Juli 2006 dengan koordinat 9.3° S dan 107.4° E adalah kombinasi sesar mendatar dan sesar naik atau jenis sesar ini disebut juga *oblique*. Gelombang tsunami pertama kali mencapai pantai pada waktu 30 menit setelah kejadian gempa, dalam hal

ini yang pertama kali diterjang tsunami adalah pantai selatan Jawa Barat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aydan, O. (2008). Seismic and tsunami hazard potential in indonesia with a specialempphasis on Sumatra Island. *Journal of The School of Marine Science and Technology*. 6, 19- 38.
- Ha, T., Cho, Y.S. (2015). Tsunami propagation over varying water depths. *Ocean. Eng.* 101, 67–77.
- Olabarrieta, M., Medina, R., Gonzalez, M., & Otero, L., (2011). C3: a finite volume-finite difference hybrid model for tsunami propagation and runup. *Comput. Geosci.* 37 (8), 1003–1014.
- Kaharuddin, Hutagalung, R., & Nurhamdan. (2011). Perkembangan tektonik dan implikasinya terhadap potensi gempa dan tsunami di Kawasan Pulau Sulawesi. *Proceedings JCM Makassar*. Makassar.
- Sutrisno. (2007). Penentuan waktu datang gelombang tsunami di beberapa Kota Pantai Selatan Jawa Barat Sebagai Informasi Penting Dalam Usaha Penyelamatan secara Preventif Menghadapi Bencana Tsunami. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Latief, H., Puspito, N.T., & Imamura, F. (2000). Tsunami catalog and zones in Indonesia. *Journal of Natural Disaster Science*. 22(1), 25–43.