

# **KARAKTERISTIK GEMPABUMI DI SELATAN JAWA TIMUR DAN POTENSI BENCANA TSUNAMINYA**

**Oleh :**  
Muhajir Anshori

**Penanggung jawab :**  
Kepala Stasiun Geofisika Kelas II Tretes

**Homepage :** [stageof.tretes.bmkg.go.id](http://stageof.tretes.bmkg.go.id)

**Institution :** [www.bmkg.go.id](http://www.bmkg.go.id)

**Contact Us :** [tremors@yahoo.co.id](mailto:tremors@yahoo.co.id)

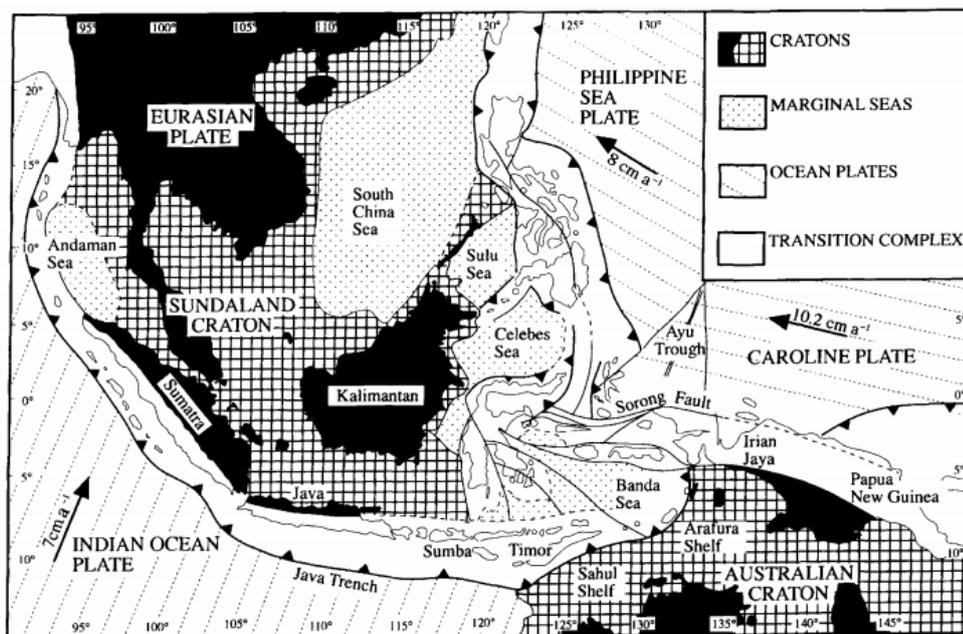


KELOMPOK PENELITIAN  
STASIUN GEOFISIKA KELAS II TRETES  
BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA  
Pasuruan | Februari 2019

## KARAKTERISTIK GEMPABUMI DI SELATAN JAWA TIMUR DAN POTENSI BENCANA TSUNAMINYA

### 1. Kegempaan di Selatan Jawa Timur

Gempabumi dan tsunami merupakan bencana utama yang kerap melanda wilayah Indonesia karena lokasi Indonesia yang terletak pada zona *ring of fire* dimana terdapat 3 lempeng tektonik besar dunia yang saling bertemu yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia dan Lempeng Pasifik (Gambar 1). Kondisi tersebut menyebabkan Indonesia sangat rawan akan terjadinya bencana gempabumi dan tsunami dimana dalam kurun waktu 15 tahun terakhir atau setelah terjadinya mega-tsunami Aceh Tahun 2004, tercatat telah terjadi 4 kali bencana tsunami di wilayah Indonesia yaitu tsunami Pangandaran (Juli 2006), tsunami Mentawai (Oktober 2010), tsunami Palu (September 2018) dan yang terakhir adalah tsunami Selat Sunda (Desember 2018). Dari ke-4 peristiwa tsunami yang menelan korban ratusan hingga ribuan jiwa tersebut semuanya dipicu oleh gempabumi kecuali tsunami Selat Sunda yang disebabkan oleh runtuhnya tubuh Gunungapi Anak Krakatau.



Gambar 1. Peta struktur dan tatanan tektonik wilayah Indonesia (Simandjuntak dan Barber, 1996)

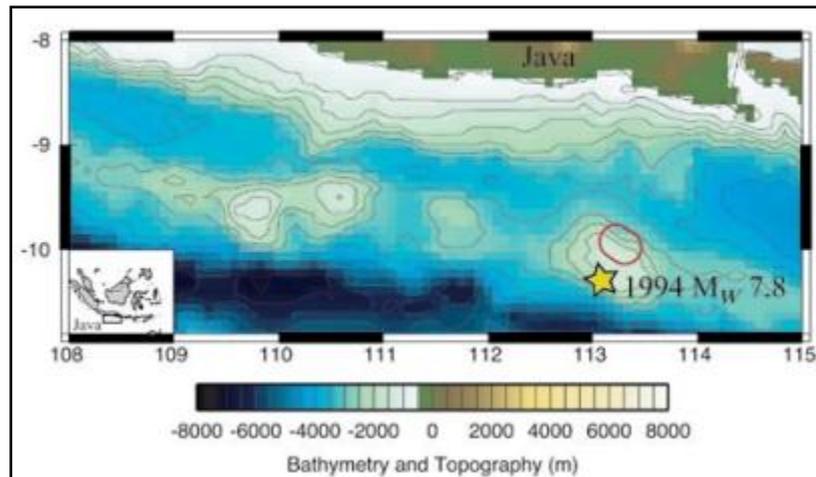
Hampir semua gempabumi besar terjadi pada daerah subduksi tak terkecuali pada Subduksi Jawa. Subduksi Jawa memanjang sekitar 1700 km dari Selat Sunda hingga bagian timur Indonesia. Perbedaan mendasar daerah subduksi Jawa dibandingkan dengan daerah subduksi lain adalah ketiadaan gempa besar dengan magnitudo  $> 7.8$ . Gempabumi terbesar yang pernah terjadi adalah sebesar Mw 7.8 (1994) di Selatan Banyuwangi dan Mw 7.7 (2006) di Selatan Pangandaran (Koulali dkk, 2016). Kedua gempabumi tersebut dikategorikan sebagai gempabumi tsunami (Abercrombie, 2001) yang menyebabkan tsunami masing-masing setinggi 14 m dan 6 m (Yokoyama, 2010) serta korban mencapai ratusan jiwa. Hal ini

menunjukkan bahwa *slip* yang terjadi pada *megathrust* Jawa lebih bersifat *aseismik* sehingga *stress* yang terakumulasi tidak cukup besar untuk membangkitkan gempa bumi *megathrust* yang signifikan seperti gempa bumi Aceh (2004) (Koulali, 2016). Kemungkinan lainnya adalah karena periode ulang gempa bumi besar-nya jauh lebih panjang melampaui ketersediaan instrument perekam gempa bumi atau seismograf yang baru ada pada akhir abad 19. Namun tentunya ketiadaan gempa bumi *megathrust* yang signifikan di subduksi Jawa bukanlah jaminan akan ketiadaan gempa bumi besar di masa mendatang.

Arah konvergensi pada subduksi Jawa hampir tegak lurus dengan batas pertemuan lempeng, berbeda dengan subduksi di Pulau Sumatra. Arah konvergensi subduksi Sumatra bersifat *oblique* sehingga terjadi *slip partitioning* antara komponen gaya yang tegak lurus batas pertemuan lempeng dengan gaya yang sejajar busur yang diakomodasi oleh perbedaan sesar besar Sumatra. *Slip partitioning* untuk kasus subduksi Jawa masih belum jelas diketahui apakah komponen lateral *displacement*-nya diakomodasi oleh palung ataukah diserap oleh *slab* yang berada di atasnya (*overriding plate*). Perbedaan pola subduksi antara Pulau Jawa dan Sumatra tersebut menyebabkan kedua wilayah tersebut memiliki karakteristik seismisitas yang berbeda dimana Pulau Jawa bersifat lebih tenang daripada Sumatra (Koulali dkk., 2016).

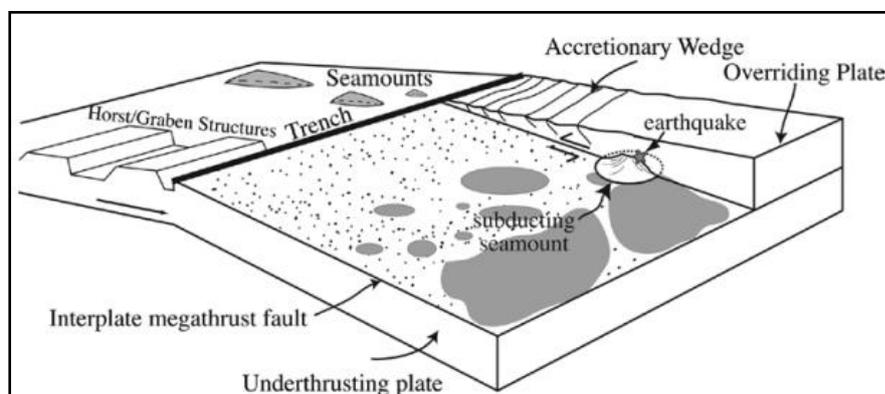
Selatan Jawa memiliki ciri khas kegempaan dengan mekanisme normal dan belum pernah sekalipun terjadi gempa bumi dengan mekanisme naik hingga tahun 1976 menurut catatan Global CMT Harvard (Abercrombie dkk., 2001). Hal tersebut mengindikasikan adanya kondisi tektonik tensional akibat gaya *slab pull* yang lebih dominan mengingat umur *slab* yang sangat tua yaitu berkisar (154 – 134 juta tahun) (Hoernle dkk., 2011). Umur *slab* yang relatif tua menjadikannya lebih dingin dan berat sehingga berakibat pada curamnya sudut penunjaman dan kurang begitu kuat persinggungannya dengan Lempeng Eurasia yang berada di atasnya. Hal ini didukung oleh banyaknya sesar normal di *forearc* Pulau Jawa yang menunjukkan bahwa gaya *slab pull* lebih dominan pada daerah tersebut (Koulali dkk., 2016).

Interpretasi tentang karakteristik kegempaan di Selatan Jawa tersebut sempat diragukan setelah terjadinya gempa dengan mekanisme *thrust* (Mw 7.8) di Selatan Banyuwangi pada 2 Juni 1994 (Gambar 2). Gempa bumi Selatan Banyuwangi tersebut merupakan gempa bumi yang unik karena terjadi dengan mekanisme *thrust* namun disertai dengan gempa susulan ber-mekanisme normal. Keraguan interpretasi tentang karakteristik kegempaan selatan Jawa akibat terjadinya gempa unik di Selatan Banyuwangi tersebut mampu dijawab dengan baik oleh (Abercrombie dkk., 2001) yaitu dengan mengemukakan adanya *seamount* yang tersubduksi di Selatan Jawa Timur.



Gambar 2. Peta lokasi Gempabumi Selatan Jawa Mw 7.8 pada 2 Juni 1994 yang bersesuaian dengan lokasi *seamount* yang tersubduksi (Bilek, 2007)

Pada Subduksi Jawa, data sonar menunjukkan keberadaan *seamount* pada *slab* yang tersubduksi yang mulai masuk pada Palung Jawa (Masson, 1990). Gempabumi Selatan Banyuwangi pada 2 Juni 1994 terjadi pada daerah tersebut. Abercombie (2001) mengungkapkan bahwa Zona Subduksi Jawa memiliki *seismic coupling* yang lemah kecuali pada daerah dimana *seamount* mulai tersubduksi (Gambar 3). *Seamount* yang tersubduksi memiliki *seismic coupling* yang lebih tinggi dan merupakan tempat dimana gempabumi besar biasa terjadi.



Gambar 3. Kartun yang menunjukkan kondisi daerah subduksi dimana *seamount* yang tersubduksi kemungkinan menjadi lokasi pusat gempabumi seperti yang terjadi di Costa Rica, Selatan Jawa dan Alaska (Bilek, 2007)

## 2. Potensi Tsunami di Selatan Jawa Timur

Tsunami di Indoensia memiliki karakteristik spesial dimana waktu pejalaran dari sumber menuju garis pantai relatif singkat (Mardiatno 2008; Muhari dkk., 2012). Contoh terkini tsunami dengan penjalaran waktu gelombang yang sangat singkat adalah Tsunami Palu dan Tsunami Selat Sunda. Waktu jalar rata-rata gelombang tsunami di Indonesia mencapai garis pantai adalah tidak lebih dari 1 jam. Tsunami yang terjadi di Banyuwangi (1994) membutuhkan waktu 40 menit untuk mencapai garis pantai dan tidak diawali dengan surutnya air laut. Gelombang tsunami Aceh (2004) dan Pangandaran (2006)

masing-masing memiliki waktu jalar 30 dan 20 menit (Mardiatno dkk., 2016). Oleh karena itu mitigasi bencana tsunami di Indonesia harus direncanakan secara serius dan matang.

Tsunami Aceh tahun 2004 merusak hampir semua daerah pantai di Provinsi Aceh bahkan hingga beberapa negara yang berpantai menghadap Samudra Hindia. Dengan ketiadaan persiapan, kesadaran dan respons terhadap bencana tsunami pada waktu itu maka kerugian baik jiwa maupun harta yang diderita menjadi sangat besar. Setelah bencana tsunami terjadi berbagai macam penelitian dilakukan dengan fokus pada risiko tsunami terutama pada daerah-daerah yang berisiko terkena bencana tsunami seperti di Padang, Cilacap, Pacitan dan Bali.

Gempabumi besar dengan mekanisme *thrust* yang terjadi di dekat palung Jawa adalah tipe pensesaran *interplate* di sepanjang *slab interface* antara lempeng Eurasia dan Australia. Gempabumi dengan tipe seperti ini biasanya memiliki potensi besar untuk membangkitkan tsunami karena letak hiposenternya yang dangkal. Pada beberapa kasus *event* yang terjadi menunjukkan pelepasan *moment* seismik yang lambat dan di definisikan sebagai gempabumi tsunami. Gempabumi tsunami atau *tsunami earthquake* yaitu gempabumi yang menyebabkan tsunami dengan kekuatan yang lebih besar jauh melebihi yang diprediksikan berdasarkan nilai magnitudo *surface*-nya (Kanamori, 1972). Gempabumi dengan tipe ini pernah terjadi pada 2 Juni 1994 di Selatan Banyuwangi dimana tinggi *run up* tsunami mencapai 13 m dan menewakan sekitar 200 orang. Gempabumi serupa juga terjadi di Pangandaran pada 17 Juli 2006 dengan *run up* mencapai 5 – 8 m di pantai Pangandaran serta menelan korban tewas 637 orang dan 164 orang dinyatakan hilang (USGS, 2006). Kanamori dan Kikuchi (1993) menginterpretasikan bahwa hasil dari *rupture* pada *updip* yang mencapai daerah dimana terdapat batuan sedimen yang tersubduksi akan mengakibatkan perlambatan *front rupture* gempa. Kondisi tersebut dapat menghasilkan durasi *rupture* yang lebih panjang dan berakibat terjadinya *tsunami earthquake*. *Tsunami earthquake* sangat berbahaya karena terjadi dengan getaran gempa yang tidak begitu kuat terasa namun tsunami yang ditimbulkannya sangat luar biasa

### **3. Concluding Remark**

Selatan Jawa Timur walaupun memiliki karakteristik seismisitas yang lebih tenang atau bersifat aseismik (dibandingkan dengan Subduksi Sumatra) namun menyimpan potensi bencana tsunami yang tidak bisa diabaikan. Tsunami yang terjadi di Banyuwangi pada 2 Juni 1994 dan Pangandaran pada 17 Juli 2006 merupakan pelajaran berharga untuk melakukan pembenahan dan peningkatan kesiapsiagaan kita akan bahaya gempabumi dan tsunami di Selatan Jawa. Upaya mitigasi harus terus dilakukan dengan melibatkan seluruh komponen masyarakat guna mempersiapkan masyarakat yang tangguh akan bencana.

**Daftar Pustaka**

- Abercrombie, R. E., Antolik, M., Felzer, K. dan Ekstrom G. (2001) : The Java tsunami earthquake : Slip over a subducting seamount. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 106, No. B4 Pages 6595 – 6607.
- Aki, K. dan Lee, W. H. K. (1976) : Determination of three-dimensional velocity anomalies under a seismic array using first P arrival times from local earthquakes a homogeneous initial model, *Journal of Geophysical Research*.
- Bilek, S. L. (2007) : Influence of Subducting Topography on earthquake Rupture , Bilek\_MARGIN2007..
- Hoernle, K., Hauff, F., Werner, R., van den Bogaard, P., Gibbons, A.D., Conrad, S., Müller, R.D., (2011) : Origin of Indian Ocean Seamount Province by shallow recycling of continental lithosphere. *Nat Geosci.* 4, 883–887. <http://dx.doi.org/10.1038/ngeo1331>
- Kanamori, H. and M. Kikuchi, (1993) : The 1992 Nicaragua earthquake: A slow earthquake associated with subducted sediments, *Nature*, 361, 714–716.
- Kanamori, H., (1973) : Mechanism of tsunami earthquakes, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 6, 246–259.
- Koulali, A. , S. McClusky, S. Susilo, Y. Leonard, P. Cummins, P. Tregoning, I. Meilano, J. Efendi dan A. B. Wijanarto. (2016). : *The Kinematics of Crustal Deformation in Java from GPS Observations: Implications for Fault Slip Partitioning*. Elsevier, Issue.
- Mardiatno, Djati, 2008, “Tsunami Risk Assessment Using Scenario Based Approach, Geomorphological Analysis and Geographic Information System: A Case Study in South Coastal Areas of Java Island-Indonesia”, Dissertasi, Faculty of Geo- and Atmospheric Sciences of the University of Innsbruck.
- Mardiatno, D., Permatasari, C.W., Malawani, M.N. dan Sekarsih, F.N. (2016), “Tsunami Risk Evaluation based on land suitability for settlement in Pacitan Coastal Area, east Java, *Advance in social science, Education and Humanities Research*, Volume 79.
- Masson, D. G., L. M. Parson, J. Milsom, G. Nichols, N. Sikumbang, B. Dwiyanto, and H. Kallagher (1990), Subduction of seamounts at the Java Trench: A view with long-range sidescan sonar, *Tectonophysics*, 185, 51–65.
- Muhari, A., Mueck, M., Diposaptono, S., dan Spahn, H., 2012, “Tsunami Mitigation Planning in Pacitan, Indonesia: A Review of Existing Efforts and Ways Ahead, *Science of Tsunami Hazards*”, Vol 31/4, 244–267.
- Simandjuntak, T. O. dan Barber, A. J. (1996) : Contrasting tectonic styles in the Neogene orogenic belts of Indonesia , *Geological Society Special Publication No. 106. Pp.185 – 201*.
- Yokoyama, I. (1981) : A geophysical interpretation of the 1883 Krakatau eruption. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 9, h. 359–378.

**Sumber dari internet**

(<http://earthquake.usgs.gov/eqcenter/eqinthenews/2006/usqgaf/#summary>). Diakses tanggal 23 Agustus 2018 pukul 09.15 WIB.