
Identifikasi Pengaruh Gempa Bumi terhadap Perubahan Massa Bumi

Aurora Fajri Miftakhunnisa, Christofel Haposan Great Sibuea, Muhamad Zain Hanan
Aqshaly

Program Studi Geofisika, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

ABSTRAK

Pada 8 Agustus 2007 pukul 17.05 UTC, terjadi dua gempa bumi yang berlangsung saling beruntutan. Berdasarkan data dari IRIS, dua gempa bumi tersebut memiliki magnitudo 7,5 Mw dan 7,4 Mw dengan selisih waktu 8 sekon di kedalaman 293,8 km dan episenter terletak di laut utara Jawa. Zona tersebut merupakan daerah benioff megathrust Jawa, namun gempa bumi tersebut diperkirakan memiliki intensitas V MMI. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan massa bumi berdasarkan analisis data *Equivalent Water Height* dan data anomali gaya berat harian sekitar episenter akibat kejadian gempa bumi berurutan pada 8 Agustus 2007 Mw 7,5 dan Mw 7,4 di sekitar laut utara Pulau Jawa. Data tersebut didapatkan dari citra satelit GRACE (*Gravity Research And Climate Experiment*). Dari analisis yang telah dilakukan, saat dan setelah terjadi gempa bumi nilai EWH (*Equivalent Water Height*) menunjukkan nilai yang semakin menurun. Rata-rata nilai EWH di sekitar episenter sebelum terjadi gempa bumi sebesar 0,5834 cm. Sedangkan rata-rata nilai EWH di sekitar episenter sesudah terjadi gempa bumi sebesar -9,227 cm. Hasil kontur data anomali gaya berat 5 hari sebelum dan 5 hari sesudah terjadinya gempa bumi juga menunjukkan adanya polarisasi di sekitar episenter.

Kata kunci: gempa bumi, gaya berat, EWH

Penulis Koresponden:

Aurora Fajri Miftakhunnisa,
Program Studi Geofisika
Sekolah Tinggi Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika, Indonesia,
Jl. Perhubungan I No.5 Pondok Betung, Bintaro, Kec. Pd. Aren, Kota Tangerang Selatan, Banten 15221.
Email: aurora.fajri.m@stmkg.ac.id

1. PENDAHULUAN

Gempa bumi yang terjadi di bagian utara Jawa tepatnya di $6,09^{\circ}$ LS – $107,58^{\circ}$ BT memiliki magnitudo 7,5 Mw dan di $5,98^{\circ}$ LS – $107,45^{\circ}$ BT memiliki magnitudo 7,4 Mw dengan selisih waktu tiba 8 sekon terjadi secara berurutan. Berdasarkan posisi pusat gempa bumi dan kedalamannya, gempa bumi ini dikategorikan sebagai gempa bumi kedalaman menengah (*intermediate-depth earthquake*) yang berasosiasi dengan aktivitas penunjaman Lempeng Indo-Australia terhadap Lempeng Eurasia. Hal ini menjadi petunjuk bagi kita semua bahwa proses subduksi lempeng di zona subduksi dangkal, menengah, dan dalam Pulau Jawa masih sangat aktif. Struktur geologi yang ada di pulau Jawa memiliki pola-pola yang teratur. Secara geologi pulau Jawa merupakan suatu kompleks sejarah sunda *subbasin*, pensesaran, perlipatan dan vulkanisme di bawah pengaruh *stress regime* yang berbeda-beda dari waktu ke waktu [1].

Suatu gempa dapat merubah densitas massa bumi yang dapat menyebabkan perubahan perubahan massa bumi dan medan gaya berat [2]. Dengan melakukan analisis terhadap perubahan massa bumi sebelum dan sesudah gempa maka dapat diketahui pengaruh perubahan massa bumi akibat gempa tersebut.

Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) adalah satelit yang diluncurkan oleh *National Aeronautic and Space Administration* (NASA) dan beroperasi mulai 17 Maret 2002. GRACE memiliki misi untuk mengukur variasi medan gaya berat bumi dengan metode pengukuran berbasis GPS dan gelombang mikro [3]. Variasi gaya berat yang diteliti oleh GRACE diantaranya adalah perubahan permukaan dan kedalaman laut, limpasan dan simpanan air bawah tanah di darat,

pertukaran antara lapisan es atau *glaciers* dan air laut, serta profil perubahan massa bumi. Data yang tersedia berupa *equivalent water thickness* terhadap suatu *time-mean baseline*.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan massa bumi berdasarkan analisis data *Equivalent Water Height* dan data anomali gaya berat harian sekitar episenter akibat kejadian gempa bumi berurutan pada 8 Agustus 2007 Mw 7,5 dan Mw 7,4 di sekitar laut utara Pulau Jawa.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Data dan Metode

Penelitian dilakukan di wilayah utara Jawa, Indonesia. Data yang digunakan dalam penelitian ini ialah data gaya berat harian (*daily gravity-field models*) 5 dan 15 hari sebelum dan sesudah terjadinya gempa bumi yang dikeluarkan oleh satelit GRACE (*Gravity Recovery and Climate Experiment*). Data dari satelit GRACE yang digunakan pada penelitian ini merupakan data harian anomali Bouguer yang telah terkoreksi hingga *Simple Bouguer Anomaly* (SBA) <http://icgem.gfz-potsdam.de/calcgird> dan data grid medan gaya berat GRACE RL-03 dalam unit *Equivalent Water Height* yang digunakan untuk pemodelan perubahan massa di wilayah penelitian <https://grace.obs-mip.fr/variable-models-grace-lageos/mean-fields/release-03/>. Data gempa digunakan untuk analisis perubahan massa akibat gempa di wilayah penelitian dengan menganalisis variasi anomali gaya berat dengan nilai *Equivalent Water Height* (EWH) [4]:

$$EWH = \frac{\Delta\sigma}{\rho_w}$$

Dimana ρ_w merupakan densitas air ($=1000 \text{ kg/m}^3$) dan $\Delta\sigma$ merupakan perubahan massa (kg).

Dimana nilai $\Delta\sigma$ (perubahan massa) yang telah dilakukan *smoothed* yaitu:

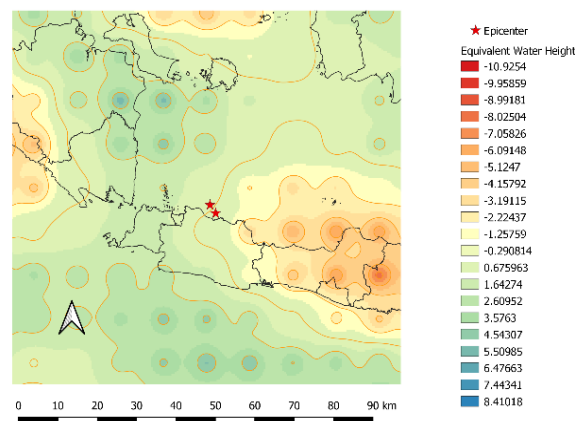
$$\Delta\sigma(\theta, \varphi) = \frac{a\rho_{ave}}{3} \sum_{l=0}^{\infty} \sum_{m=0}^l \bar{P}_{lm}(\cos\theta) \frac{2l+1}{1+k_l} W_l(\Delta C_{lm} \cos(m\varphi) + \Delta S_{lm} \sin(m\varphi))$$

Dimana a = jari-jari, θ = ko-lintang, φ = bujur, ρ_{ave} = densitas rata-rata bumi, \bar{P}_{lm} = fungsi Legendre, ΔC_{lm} dan ΔS_{lm} = residu koefisien bola harmonik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

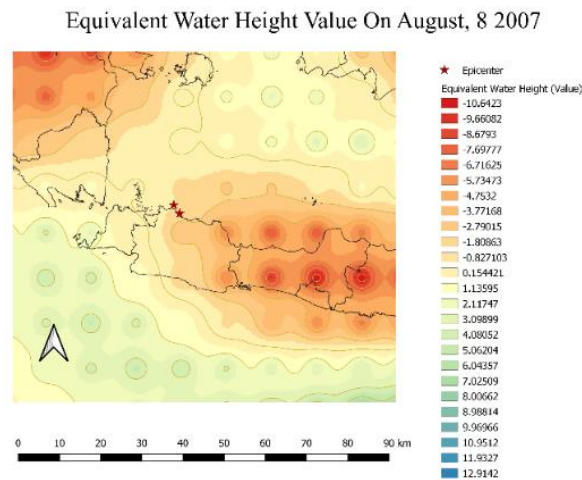
Sebelum *event* gempa terjadi, nilai *Equivalent Water Height* (EWH) yang ada di sekitar episenter menunjukkan nilai positif pada rentang 0,675963 cm – 1,64274 cm. **Gambar 1** dipetakan berdasarkan nilai EWH pada 23 Juli 2007 – 1 Agustus 2007 atau 15 – 7 hari sebelum gempa terjadi.

Equivalent Water Height Value Before Event



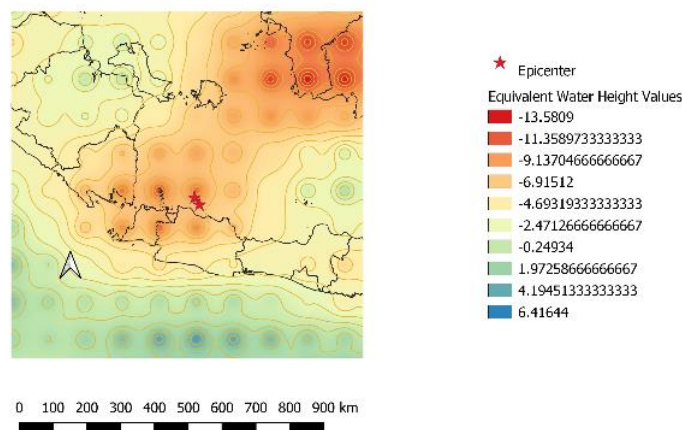
Gambar 1. Nilai *Equivalent Water Height* sebelum *event*

Pada **Gambar 2**, nilai EWH di sekitar episenter menunjukkan nilai pada rentang -1,80863 cm hingga -2,79015 cm. Dengan kata lain, nilai rata-rata EWH pada 2 Agustus 2007 – 11 Agustus 2007 menunjukkan nilai negatif.



Gambar 2. Nilai *Equivalent Water Height* 6 hari sebelum hingga 3 hari sesudah *event*

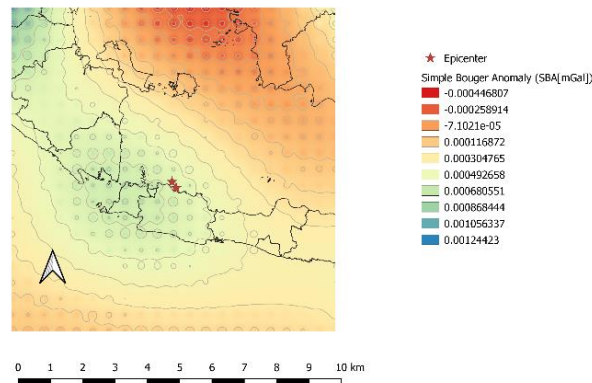
Pada **Gambar 3** yang dipetakan berdasarkan nilai rata-rata EWH 4 – 13 hari setelah gempa, nilai rata-rata EWH di sekitar episenter menunjukkan rentang -6,91512 cm hingga -9,1370 cm. Pada nilai rata-rata EWH sebelum hingga sesudah gempa terjadi menunjukkan nilai yang cenderung menuju negatif. Menurut [5], terjadinya penurunan nilai *equivalent water height* menuju nilai negatif setelah gempa menandakan adanya proses relaksasi setelah pelepasan *aftershock discharge* berdasarkan penelitiannya pada gempabumi Sumatera 2004.



Gambar 3. Nilai *Equivalent Water Height* sesudah *event* terjadi

Sebelum dan sesudah terjadinya *event* gempa bumi, anomali gravitasi pada sekitar episenter dapat diamati perubahannya. Pada **Gambar 4**, yaitu peta nilai selisih *simple bouger anomaly* (SBA) pada 5 hari sebelum dan 5 hari sesudah *event* terjadi, menunjukkan adanya polarisasi yang terjadi di sekitar episenter. Nilai dari polarisasi tersebut antara $0,000411 \mu\text{Gal}$ hingga $-0,000241 \mu\text{Gal}$. Untuk studi prekursor gempa bumi, nilai polarisasi tersebut belum dapat digunakan.

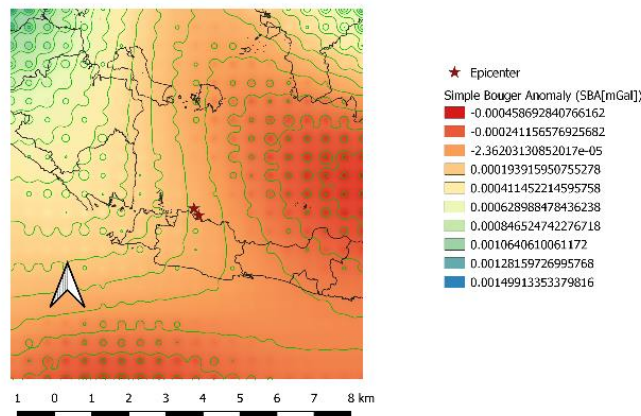
Deviation Between Simple Bouger Anomaly 15 Days Before and 15 Days After Event



Gambar 4. Nilai selisih SBA 5 hari sebelum dan 5 hari sesudah *event* terjadi

Gambar 5 menunjukkan nilai selisih SBA pada 15 hari sebelum dan 15 hari sesudah *event* gempa bumi terjadi. Didapatkan nilai anomali menuju positif (berkisar $0 - 0,00068 \mu\text{Gal}$) di sekitar episenter. Sehingga, perubahan nilai anomali tersebut dapat dijadikan acuan indikasi-indikasi terjadinya gempa bumi dalam rentang 15 hari sebelum gempa bumi 8 Agustus 2007 di Laut Jawa terjadi. Di sekitar episenter didapatkan selisih nilai anomali sebesar $0,000492 \mu\text{Gal}$, ke arah utara sebesar $0,000304 \mu\text{Gal}$, ke arah selatan sebesar $0,000492 \mu\text{Gal}$, ke arah barat sebesar $0,00068 \mu\text{Gal}$, dan ke arah timur sebesar $0,000492 \mu\text{Gal}$.

Deviation Between Simple Bouger Anomaly 5 Days Before and 5 Days After Event



Gambar 5. Nilai selisih SBA 15 hari sebelum dan 15 hari sesudah *event* terjadi

4. KESIMPULAN

Berdasarkan data *Equivalent Water Height* yang telah dilakukan pengolahan, nilai EWH menunjukkan nilai positif dengan rentang $0,675963 \text{ cm} - 1,64274 \text{ cm}$ pada saat sebelum *event* gempa terjadi. Nilai EWH menuju negatif pada data yang diambil ketika terjadi gempa hingga setelah gempa. Nilai EWH saat terjadi gempa berada di rentang $-1,80863 \text{ cm}$ hingga $-2,79015 \text{ cm}$, sedangkan setelah gempa berada di rentang $-6,91512 \text{ cm}$ hingga $-9,1370 \text{ cm}$.

Pada data nilai selisih SBA menunjukkan sebaliknya. Data selisih SBA pada selisih 5 hari dari waktu terjadinya *event* menunjukkan nilai menuju negatif dengan nilai berada di antara $0,000411 \mu\text{Gal}$ hingga $-0,000241 \mu\text{Gal}$ di sekitar episenter, sedangkan nilai selisih SBA pada selisih 15 hari di

sekitar episenter menunjukkan nilai positif yaitu sebesar sebesar 0,000492 μGal , ke arah utara sebesar 0,000304 μGal , ke arah selatan sebesar 0,000492 μGal , ke arah barat sebesar 0,00068 μGal , dan ke arah timur sebesar 0,000492 μGal .

REFERENSI

- [1] F. Hilmi and I. Haryanto, "Pola Struktur Regional Jawa Barat," *Bull. Sci. Contrib.*, pp. 57–66, 2008.
- [2] B. F. Chao and R. S. Gross, "Changes in the Earth's rotation and low-degree gravitational field induced by earthquakes," *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, vol. 91, no. 3, pp. 569–596, 1987, doi: 10.1111/j.1365-246X.1987.tb01659.x.
- [3] NASA, "JPL/GFZ/CSR GRACE Level 3 RL06 Monthly Ocean/Land Mass Anomaly Datasets Release | PO.DAAC / JPL / NASA," 2019.
- [4] J. Wahr, M. Molenaar, and F. Bryan, "Time variability of the Earth's gravity field: Hydrological and oceanic effects and their possible detection using GRACE," *J. Geophys. Res. Earth Surf.*, vol. 103, pp. 30205–30229, 1998.
- [5] K. V. Simonov, V. B. Kashkin, T. V. Rubleva, and K. V. Krasnoshekov, "Analysis of GRACE satellite measurements over seismically active areas of the strongest earthquakes," *E3S Web Conf.*, vol. 75, pp. 1–5, 2019, doi: 10.1051/e3sconf/20197502007.