

# PEMODELAN TIGA DIMENSI ANOMALI GRAVITASI DAN IDENTIFIKASI SESAR LOKAL DALAM PEMENTUAN JENIS SESAR DI DAERAH PACITAN

Alexander Felix Taufan Parera<sup>1\*)</sup>, I Gusti Ketut Satria Bunaga<sup>1</sup>, Mahmud Yusuf<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jalan Perhubungan 1 No 5, Tangerang

<sup>2</sup>Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jl. Angkasa I No. 2 Kemayoran, Jakarta Pusat

\*) Email: alexis.de.felixcille@gmail.com

## Abstrak

Wilayah Indonesia merupakan salah satu area yang memiliki tingkat kerentanan tertinggi terjadinya gempa bumi. Tidak hanya gempa bumi laut tetapi juga gempa bumi darat yang diakibatkan aktifitas sesar di darat sangatlah berbahaya. Kini, sesar-sesar tersebut menjadi perhatian khusus setelah gempa bumi Jogja 2006 terjadi. Kejadian serupa pernah juga terjadi pada bulan Februari 2011 dimana gempa bumi terjadi di wilayah Pacitan dengan lokasi episenter di sekitar jalur sesar Grindulu. Oleh karena itu, diperlukan suatu kajian khususnya pemodelan bawah struktur dan identifikasi pola sesar dengan menggunakan *software* GRAV3D dan metode *Second Vertical Derivative* (SVD).

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa dua segmen sesar mengarah timur laut-barat daya yang memiliki pola sesar turun dengan sedikit *oblique* dan pola sesar *transform*. Selain itu, hasil kajian ini menunjukkan perbedaan nilai densitas pada area sesar yang memiliki variasi kedalaman sampai enam kilometer.

## Abstract

Indonesia region is one of area which have the highest vulnerability level of earthquake occurrence. Not only the mid ocean earthquakes but also the fault activities on crustal zone are very dangerous. Now, these fault activities are become special interest after the Jogja 2006 earthquake occurred. The same event occurred on February 2011 that the earthquake happened on Pacitan region with the epicenter location was around in the Grindulu fault track. Because of that, that existence is needed to study especially under the structure modelling using GRAV3D software and Second Vertical Derivative method (SVD).

Study results show that two segments of the fault leads NE-SW which have normal fault pattern with slight oblique and transform fault pattern. Besides, this study results show the difference of density value in the area of the fault that have depth variation until six kilometer.

**Keywords:** *GRAV3D, Second Vertical Derivative.*

## 1. Pendahuluan

Dalam tektonika lempeng, kerangka tektonik Pulau Jawa merupakan bagian dari tektonik global; bagian dari konsep pergerakan dan pecahnya kontinen Gondwana serta interaksi antara lempeng Eurasia dengan Hindia-Australia. Pulau Jawa dan berbagai daerah yang tercakup di dalamnya turut serta menjadi bagian dari proses Geologi yang telah berlangsung selama beberapa zaman; tidak terkecuali daerah Pacitan. Daerah Pacitan dan sekitarnya secara regional merupakan zona peralihan antara jalur subduksi Zaman Kapur dengan Zaman Tersier. Hal tersebut akan berpengaruh pada pola dan perkembangan struktur utama yang terbentuk pada era Cenozoic, khususnya pada periode Paleogen dan Nogene.

Daerah Pacitan yang menjadi daerah penelitian ini secara geografis terletak pada  $7.9898^{\circ}$  –  $8.2048^{\circ}$  Lintang Selatan dan  $111.0068^{\circ}$  –  $111.3586^{\circ}$  Bujur Timur. Bagian selatan dari daerah penelitian ini memiliki garis pantai yang berhadapan langsung dengan Samudera Hindia, yang merupakan daerah

tepian benua aktif dengan karakteristik zona kegempaan yang aktif (*seismic active zone*) serta sebagian gempa berpotensi mengakibatkan terjadinya Tsunami.

Salah satu sesar (*fault*) yang berlokasi di daerah Pacitan adalah sesar Grindulu. Sesar Grindulu merupakan salah satu patahan yang juga berkontribusi membentuk pulau Jawa. Ditinjau secara historis, sesar Grindulu mulai terbentuk pada zaman kwarter dengan orientasi sesar timurlaut – baratdaya. Kini, sesar Grindulu membentang di lima kecamatan, yakni Kecamatan Bandar, Nawangan, Punung, Arjosari, dan kecamatan Donorojo (Indrianti *dkk.*, 2013).

Metode geofisika merupakan metode yang digunakan oleh para ahli/peneliti dalam upaya mempelajari fenomena fisis yang berkaitan dengan Bumi. Dalam pelaksanaannya, metode geofisika terdiri dari berbagai macam metode, tergantung fenomena fisis apa yang diukur. Metode gayaberas adalah salah satu metode geofisika dengan parameter fisis yang diukur adalah variasi medan gravitasi Bumi. Penggambaran struktur bawah permukaan

menggunakan data anomali gayaberas Bouger yang berkaitan dengan Topografi dan anomali udara bebas (*free air anomaly*) yang di ukur di permukaan Bumi.

Pemetaan struktur bawah permukaan di daerah Pacitan menggunakan data anomali gayaberas Bouger dapat memberikan informasi tambahan tentang model densitas batuan dan anomali gayaberas. Kelurusan anomali gayaberas dapat diinterpretasikan sebagai struktur geologi berupa sesar (*fault*).

## 2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, digunakan formula Bouger Anomali yang sederhana (SBA), yakni menggunakan data anomali udara bebas (FAA) dan data topografi berdasarkan citra satelit dari TOPEX. Data dari satelit TOPEX telah dikoreksi dengan koreksi *drift*, koreksi pasang surut, dan koreksi lintang.

Secara matematis, anomali Bouger dideskripsikan dengan :

$$\begin{aligned} BA &= g_{obs} - (g\theta + FAA - TC); FAA = (BC - FAC) = \\ &= (0.04193\rho - 0.3086)h \\ BA &= g_{obs} - g\theta + 0.3086h - 0.04193\rho h + TC \end{aligned} \quad (1)$$

di mana :

BA = Anomali Bouger (mgal)

$g_{obs}$  = harga *gravity* yang telah dikoreksi terhadap pasang surut, drift, dan penutupan (mgal)

$g\theta$  = harga *gravity* normal di titik pengamatan

FAA = koreksi elevasi (mgal)

TC = koreksi topografi (mgal)

BC = koreksi Bouguer (mgal)

FAC = koreksi udara bebas (mgal)

Dengan menggunakan data SBA hasil perhitungan, dilakukan analisis deformasi dengan *slicing* pada daerah tertentu di wilayah penelitian yang diduga terdapat struktur geologi berupa sesar (*fault*). Analisa selanjutnya menggunakan metode turunan kedua vertikal atau *second vertical derivative* (SVD).

Penggunaan metode turunan kedua vertikal (SVD) dari data anomali Bouger memungkinkan peneliti memisahkan efek struktur dangkal dan struktur dalam. Metode SVD sendiri dikembangkan oleh Elkins (1951) untuk menentukan nilai gravitasi di permukaan Bumi dengan asumsi bidang horizontal dari tanah adalah pada saat kedalaman  $z = 0$  (Puspitasari, 2012)

Menurut M.K.Paul (1961) dalam Puspitasari (2012), turunan dari data gravitasi sangat bermanfaat dalam interpretasi struktural. Persamaan gravitasi dapat diturunkan terhadap beberapa arah, tetapi turunan terhadap arah vertical  $z$  lebih sering digunakan. Dalam kaitannya dengan penentuan jenis sesar (*fault*), SVD dapat digunakan untuk menentukan jenis sesar naik, turun, atau geser.

Kriteria untuk menentukan jenis struktur sesar adalah sebagai berikut :

$$\left| \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} \right|_{min} < \left| \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} \right|_{max} \quad \text{untuk sesar turun}$$

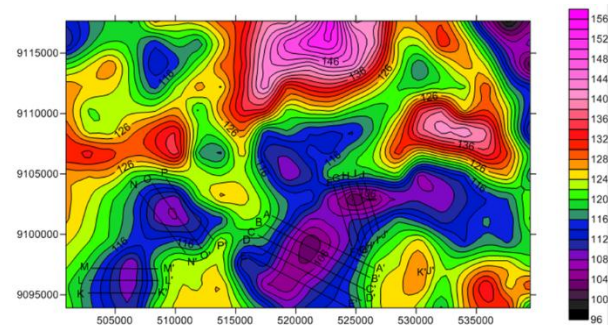
$$\left| \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} \right|_{min} > \left| \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} \right|_{max} \quad \text{untuk sesar naik}$$

Dengan mengetahui nilai turunan kedua vertical dari data anomali Bouger pada suatu daerah tertentu yang diduga terdapat sesar, kita dapat menentukan jenis dari sesar tersebut.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### Interpretasi Kualitatif

Kontur anomali Bouger telah dipetakan di daerah Pacitan dan sekitarnya dengan menggunakan *software* Surfer. Anomali ini diperoleh dengan menggunakan operator Elkins yang memiliki besaran nilai antara 96 mgal hingga 156 mgal. Variasi anomali gravitasi ditunjukkan dengan adanya perubahan warna kontur, dimana anomali besar menunjukkan densitas bawah permukaannya lebih tinggi dibandingkan daerah di sekitarnya dan sebaliknya untuk anomali rendah. Sebaran nilai anomali Bouger pada daerah penelitian ditampilkan pada gambar berikut :

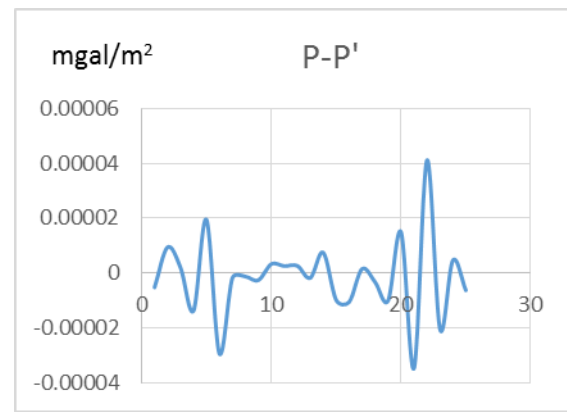
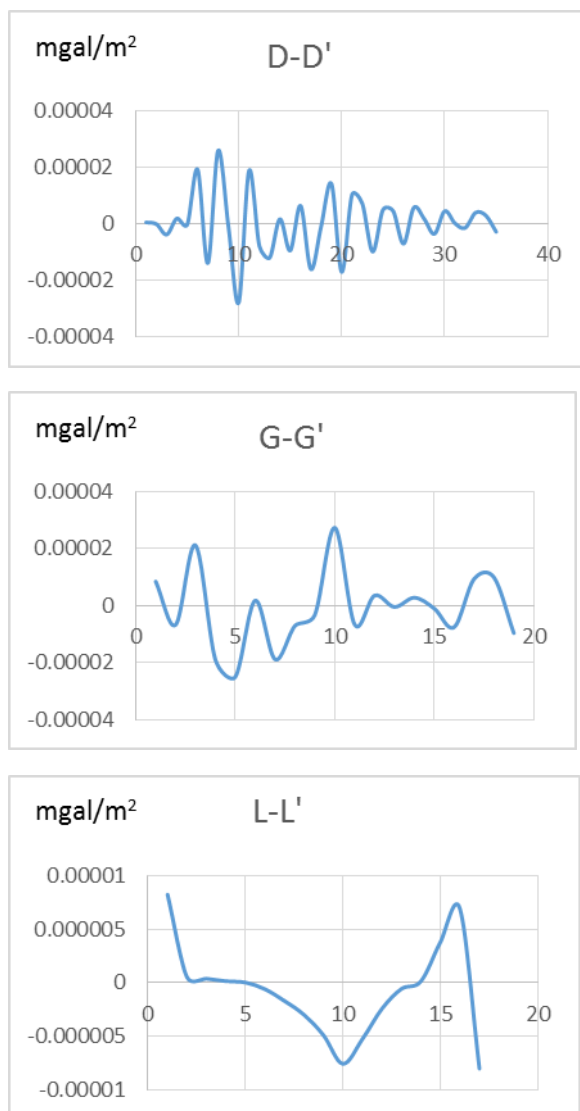


Gambar 1. Peta Kontur anomali Bouger pada daerah penelitian.

Perubahan anomali diindikasikan terjadi akibat terjadinya pertemuan antar struktur batuan dengan respon yang cukup signifikan di perbatasan zona kontak struktur batuan atau zona sesarnya. Berdasarkan gambar diatas, terdapat dua segment patahan yang diindikasikan adanya zona patahan tersebut. Segment pertama maupun kedua memiliki arah yang sama yaitu, timur laut-barat daya . hal tersebut diindikasikan dengan adanya penampakan nilai anomaly gravitasi yang cukup kontras dengan pola yang menyerupai zebra cross (tinggi-rendah-tinggi).

Interpretasi Kualitatif

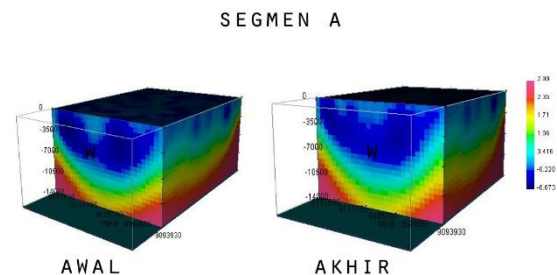
Pada penelitian ini juga digunakan metode *Second Vertical Derivative* (SVD) untuk menganalisa jenis struktur patahan di daerah penelitian. Enam belas irisan vertical dibuat melintang tegak lurus di wilayah dugaan sesar Grindulu yang dapat dilihat pada Gambar. Sebagian besar tiap-tiap irisan menunjukkan , besaran nilai absolut anomaly SVD yang relative sama antara nilai maksimum dan minimumnya. Artinya dalam hal ini, sesar Grindulu memiliki jenis sesar mendatar atau *transform* dan sesar turun sedikit *oblique* . Berikut akan ditampilkan beberapa irisan vertikan yang diindikasikan dapat mewakili kedua segmen tersebut



Gambar 2 . Grafik nilai SVD pada irisan vertical D-D', G-G', L-L', dan P-P'

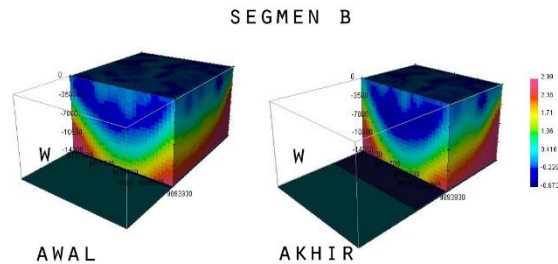
Berdasarkan pemodelan densitas bawah permukaan menggunakan software Grav3D, di dapat hasil anomaly yang diinterpretasi sebagai segmen sesar Grindulu. Segmen sesar tersebut terdapat pada 2 lokasi yang berekatan yang masih tercakup dalam area penelitian.

Segmen pertama atau segmen A, mulai nampak pada kedalaman kurang lebih 4000 meter. Dengan menggunakan koordinat UTM, segmen A mulai membentang dari koordinat 508000 hingga 510545 Easting dan 9105780 Northing. Segmen A berarah Barat Daya-Timur Laut



Gambar 3. Segmen A sesar Grindulu.

Segmen kedua atau segmen B, mulai nampak pada kedalaman kurang lebih 6000 meter. Dengan menggunakan koordinat UTM, segmen mulai membentang dari koordinat 515000 hingga 523100 Easting dan 9101500 Northing. Segmen B juga berarah Barat Daya-Timur Laut.



Gambar 4. Segmen B sesar Grindulu.

#### 4. Kesimpulan

Penelitian ini dilakukan sebagai kajian awal terhadap sesar Grindulu di daerah Pacitan. Dua segmen tersebut oleh peneliti disebut segmen A dan Segmen B. Segmen A sesar Grandulu berada pada kedalaman 4000meter dan segmen B pada kedalaman 6000 meter. Ke dua segmen tersebut berarah Barat Daya-Timur Laut.

#### Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada pihak Sekolah Tinggi Meterologi Klimatologi dan Geofisika yang telah bersedia menyediakan Laboratorium sebagai fasilitas pendukung dalam melakukan penelitian ini. Terimakasih secara khusus kepada Bapak Mahmud Yusuf yang telah memberikan kontribusi saran serta waktu untuk berdiskusi mengenai penelitian ini.

#### Daftar Acuan

Indrianti, Y. W., Susilo, A., Gultar, H. Pemodelan konfigurasi batuan dasar dan struktur Geologi bawah permukaan menggunakan data anomali Gravitasi di daerah Pacitan-Arjosari-Tegalombo, Jawa Timur. *Physic student journal*, Vol.2 No.1, Universitas Brawijaya (2014)

Ibrahim, G., Subardjo, Sendjaja, P. *Tektonik dan Mineral di Indonesia*, BMKG, Jakarta, 2010.

Sunarjo, Gunawan, M.T., Pribadi, S. *Gempabumi edisi populer*, BMKG, Jakarta, 2010.

Puspita Sari, Endah. 2012. *Aplikasi Metode Turunan Kedua Vertikal (Second Vertical Derivative) Data Gravitasi Untuk Interpretasi Sesar Baribis, Jawa Barat. Tugas Akhir Akademi Meteorologi dan Geofisika*