

ANALISIS DATA GRAVITASI MAGRES REGIONAL MENGGUNAKAN METODE GRADIEN UNTUK MENGETAHUI ARAH FRACTURE BERBASISKAN FFT

Irwan Setyowidodo

Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Nusantara PGRI Kediri
E-mail: irwan.setyowidodo@mail.com

Abstrak – Telah dilakukan analisis terhadap data Gravitasi MAGRES regional dengan menggunakan beberapa metode gradien untuk mengetahui arah fracture dan patahan yang berbasiskan FFT. Patahan dapat secara kualitatif dapat diidentifikasi dari data anomali regional, gradien Theta dan Normalisation Standard Deviasion (NSD) yang berarah barat-timur. Orientasi fracture yang dominan sejajar dengan arah patahan yang terdeteksi oleh gradien Theta dan NSD. Selanjutnya, anomali regional data Graviti diinversikan untuk menghasilkan topografi Moho. Inversi ini dengan menggunakan metode inversi yang berbasiskan algoritma FFT.

Kata Kunci — Gravitasi Magres, Metode Gradien, Arah Fracture

1. PENDAHULUAN

Sejak algoritma *Fast Fourier Transform (FFT)* dikembangkan, ada beberapa yang mencoba untuk menerapkannya pada pengolahan data geofisika. Turunan ekspansi matematika dan menunjukkan serangkaian transformasi Fourier dapat digunakan untuk menghitung anomali gaya berat yang disebabkan oleh lapisan bahan yang tidak rata, non-seragam [1]. Tak lama kemudian, [2] menemukan metode untuk menghitung topografi kontras densitas secara terbalik dari anomali gravitasi dua-dimensi 2D dalam koordinat Cartesian.

Selanjutnya [1] menurunkan hubungan antara efek gravitasi vertikal, Δg dan massa topografi yang kausatif, $h(\vec{r})$ dalam domain Fourier

$$F(\Delta g) = -2\pi G\rho \exp(-|\vec{k}|z) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{|\vec{k}|^{n-1}}{n!} F[h^n(\vec{r})]$$

1
 \vec{r} menunjukkan jarak posisi $r = (x,y,z)$ ke $x-y$, \vec{k} vector gelombang fungsi peubah, G kontanta gravitasi Newton, ρ ialah densitas. Juga [1] memeriksa konvergensi persamaan (1), ditunjukkan bahwa persamaan (1) konvergen pada bidang k , dengan $\max \left| h(\vec{r}) \right| < z_0$ dan $z_0 > 0$.

Oleh karena itu, persamaan (1) ini mempunyai kemudahan dan penghematan waktu cara untuk mengestimasi efek gravitasi yang disebabkan anomali massa bawah permukaan/topografi. Selain itu, dengan mudah diterapkan pada kasus multi lapisan.

Selanjutnya [2] menyimpulkan bahwa metode untuk menghitung kontras densitas topografi suatu anomali gravitasi pembalikan dalam system koordinat kartesian 2 D dengan dasar seperti pada persamaan (1). Pada koordinat kartesian 2 D, persamaan (1) dapat dinyatakan sebagaimana persamaan berikut.

$$F[\Delta g(x)] = -2\pi G\rho \exp(-|k|z) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{|k|^{n-1}}{n!} F[h^n(x)]$$

Persamaan 2 ini dapat disederhanakan menjadi persamaan 3.

$$F[h(x)] = -F[\Delta g(x)] \exp(-|k|z) / (2\pi G\rho) - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{|k|^{n-1}}{n!} F[h^n(x)]$$

Pada persamaan (3), $h(x)$ dapat diselesaikan iterative, dimulai dengan nilai h , misalnya, $h(x)=0$. Oldenburg (1974) menggunakan persamaan berikut.

$$R_n = \max_{\text{overall } k} \left| \exp(-|k|z) \frac{|k|^{n-1}}{n!} F[h^n(x)] \right|$$

Untuk monitor konvergensi algoritma maju pada persamaan (2). Persyaratan estimasi dari 1 sampai n dan digunakan untuk mendapatkan Δg dari persamaan (2), sampai kriteria, $R_n/R_1 < \delta$ terpenuhi, δ dipilih dengan nilai yang sangat kecil.

Namun, Persamaan. (4) tidak sesuai untuk monitoring konvergensi algoritma maju pada persamaan (3), sehingga perlu menggunakan kriteria lain

$$S_n = \max_{\text{overall } k} \left| \frac{|k|^{n-1}}{n!} F[h^n(x)] \right|$$

penjumlahan bagian kanan pada persamaan (3), akan berhenti jika terpenuhi syarat $S_n/S_1 < E$ dengan E bernilai sangat kecil.

Kriteria konvergen tidak cukup dalam komputasi praktis, karena persamaan

$$\text{yang menyertakan } \exp(-|k|z_o),$$

yang sangat dipengaruhi oleh panjang gelombang yang pendek dan kesalahan pemotongan komputasi yang mungkin terjadi selama transformasi Fourier. Panjang gelombang yang pendek pada anomali gravity, seringkali mencitrakan struktur bawah permukaan yang dekat dengan permukaan atau massa terrain dan noise. Bahkan jika istilah-istilah ini memiliki noise yang cukup kecil atau bahkan tidak ada noise, data biasanya difilter dalam inversi gravitasi menurut kedalaman target, tidak hanya karena sinyalnya yang tidak mungkin berasal dari target kedalaman, tetapi juga karena akan menyebabkan masalah dalam kontinuitas ke bawah. Untuk memutuskan panjang

gelombang yang harus difilter yang dihilangkan atau yang rentang panjang gelombang harus digunakan itu sangat sulit dan kompleks. Hal ini biasanya tergantung pada target mendalam, analisis spectrum anomali gravity dan informasi geofisika atau geologi lainnya. Filter yang tajam menyebabkan hilangnya sinyal, sementara filter longgar tidak dapat menghilangkan noise dengan efektif. Dalam filter gravitasi dalam domain panjang gelombang, filter cosines persamaan (60 telah digunakan [2] dan [3].

$$B(k) = \begin{cases} 1 & |k/2\pi| < WH \\ 0.5 \left\{ 1 + \cos \left(\frac{k-2\pi WH}{2(SH-WH)} \right) \right\} & WH \leq |k/2\pi| \leq SH \\ 0 & |k/2\pi| > SH \end{cases}$$

WH dan SH adalah parameter frekuensi yang memotong frekuensi yang lebih tinggi dari SH dan sepenuhnya melewati frekuensi yang lebih rendah dari WH, sedangkan frekuensi antara mereka akan sebagian lewat. Frekuensi cut off $f_o = \ln(2)/2\pi M$ menjamin konvergensi dari proses iterasi pada persamaan (3), jika $h(x)$ telah dibatasi oleh $M = \max(|h(x)|)$.

5

2. METODE PENELITIAN

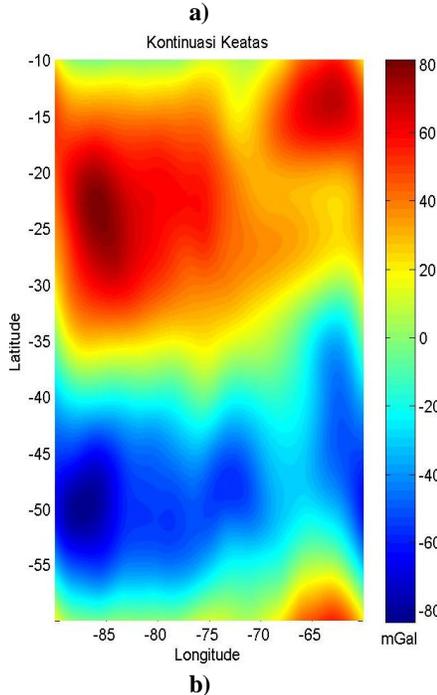
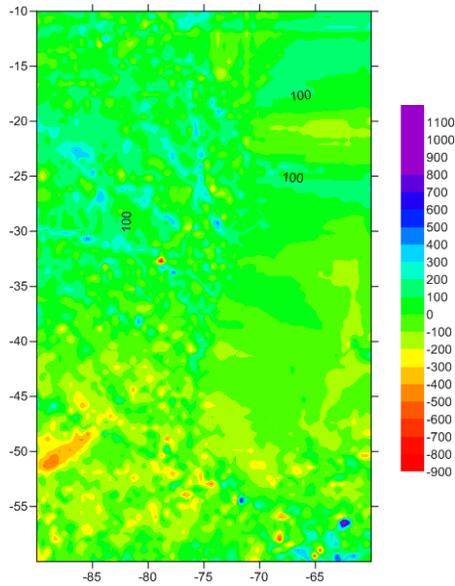
Data gravitasi MAGRES diukur pada daratan dan lautan di daerah Santiago. Anomali Bouguer pada wilayah ini merupakan perbaduan anomali lokal dan anomali regional. Anomali lokal yang dicirikan oleh frekuensi tinggi biasanya mencitrakan sumber dangkal, sebaliknya anomali regional mencitrakan struktur yang lebih dalam. Untuk memisahkan kedua anomali ini dilakukan dengan menggunakan kontinuitas keatas dengan ketinggian 100 meter. Hasil kontinuitas keatas ini berupa anomali regional

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Anomali regional biasanya dikontrol oleh struktur, seperti antiklin, sinklin, patahan, lipatan *subduction* dan fracture. Interpretasi secara kualitatif dari anomali regional tersebut, dapat diketahui bahwa daerah penelitian dikontrol oleh patahan dengan arah Barat-Timur, yang ditunjukkan

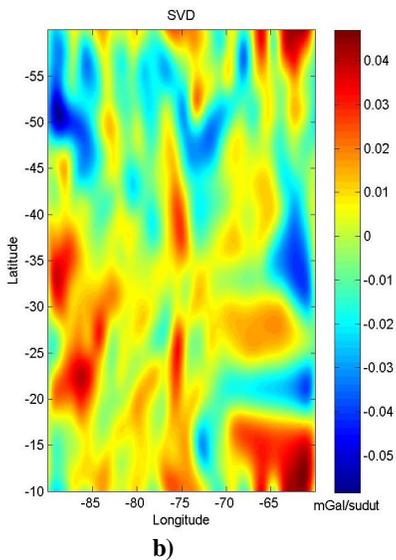
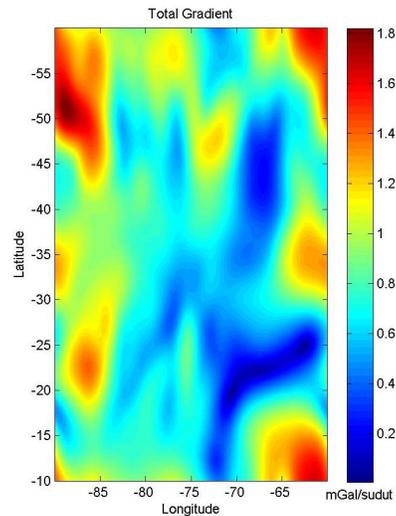
oleh anomali negatif. Selain itu, pada daerah ini dapat juga diduga adanya antikline yang ditandai dengan klosur (kutuban) positif yang berwarna merah.

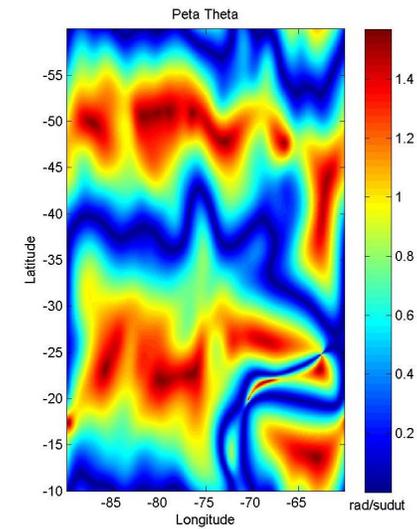
gradien. Metode gradien yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: *Total Gradien*, *Second Vertikal Derefativ (SVD)*, *Gradient Theta* dan *Normalisasi Standart Deviasi (NSD)*. Analisis gradien NSD diestimasi berdasarkan [4], gradien theta diestimasi total gradien didasarkan pada [5] dan SVD didasarkan pada [6]. Hasil masing-masing gradien yang diterapkan pada anomali regional seperti gambar (2).



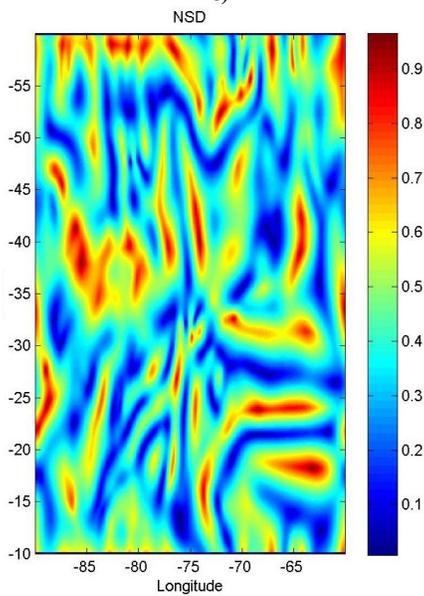
Gambar 1: a) Data observasi gravitasi, b) Anomali Regional

Selanjutnya, untuk mempertegas keberadaan patahan, dilakukan analisis kuantitatif dengan menggunakan metode





c)



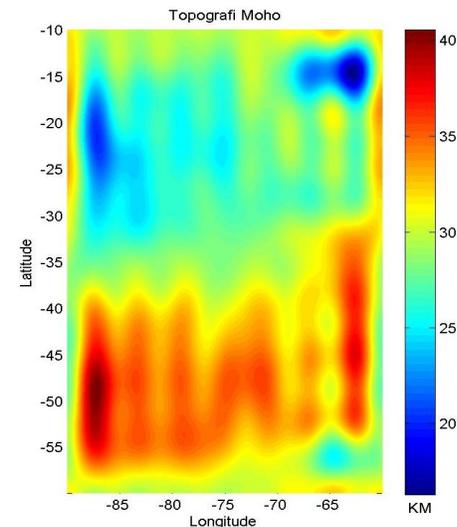
d)

Gambar 2: Gradien a) Total, b) SVD c) Theta, d) NSD

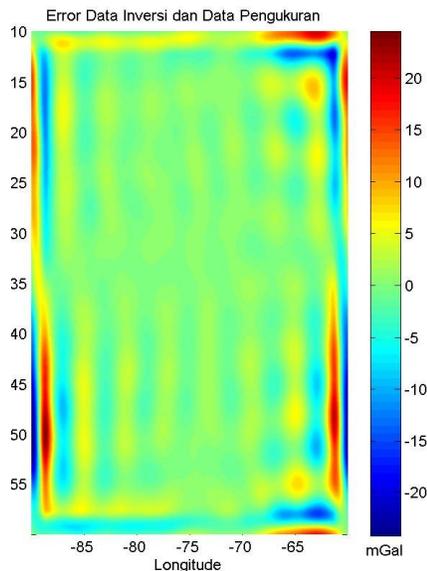
Menurut [7] gradien gravitasi lebih sensitif terhadap struktur geologi dari pada data gravitasi sendiri dan metode gradien kurang rentan terhadap interferensi struktur tetangga. Keberadaan patahan pada penelitian ini terlihat dengan jelas pada data gradien theta dengan warna merah dan NSD dengan warna biru yang membujur barat-timur. Patahan ini kurang jelas pada gradien total dan SVD tetapi lebih jelas pada peta theta. Selain patahan ini, juga terdapat beberapa

fracture yang relatif sejajar dengan patahan tersebut, ini didasarkan pada hasil gradien NSD dengan warna biru.

Anomali data gravitasi dapat diinterpretasikan menggunakan inversi 2D dan 3D. Akan tetapi dalam hal ini untuk menginversi anomali gravitasi residu digunakan inversi 3D untuk mengestimasi secara 3D distribusi kepadatan. Karena memang data magnetis hanya dapat digunakan metode inverse 3D. Selanjutnya, anomali regional data gravitasi dapat digunakan untuk mengestimasi kedalaman Moho. Estimasi ini dilakukan dengan asumsi bahwa kontras densitas Moho sebesar 0.4 gr/cm^3 . Estimasi kedalaman Moho didasarkan pada [2] yang *source code*-nya telah dibuat oleh [8] dengan menggunakan software Matlab. Software ini berbasiskan Fast Fourier Transform (FFT), sehingga untuk estimasi kedalaman Moho ini relatif [9].



a)



d)
Gambar 3: a) Topografi Moho, b) Error data inversi dan data pengukuran

Seperti halnya metode inversi yang lainnya, inversi dengan dasar FFT ini diperlukan nilai tebakan awal; dalam hal ini kedalaman Moho tebakan. Kedalaman Moho tebakan ini dapat didasarkan dari estimasi *Power Spectrum* sebagaimana yang dilakukan oleh [10]. Hal ini dilakukan karena, solusi inversi bersifat unik. Artinya, suatu data dapat mempunyai lebih dari satu kondisi struktur bawah permukaan. Untuk menghasilkan kondisi struktur bawah permukaan yang mendekati kondisi yang sebenarnya, maka diperlukan nilai tebakan awal yang mendekati dengan struktur yang sebenarnya. Hasil kedalaman Moho di tiap titik pengukuran dapat digambarkan sebagaimana gambar (3.a) dengan RMS error sebesar 0.01805 dan error secara keseluruhan hasil proses inversi seperti gambar (3.b).

Selanjutnya, dari hasil inversi ini diketahui bahwa kedalaman Moho pada tempat penelitian antara 15 - 40 Km. Pada latitude -40 sampai -60 dan longitude -85 sampai -90 terdapat kedalaman moho yang kontras. Hal ini, kemungkinan disebabkan oleh subduction atau patahan yang melewati tempat tersebut.

4. SIMPULAN

Patahan dan fracture dapat diidentifikasi dari data gravity dengan menganggap data tersebut sebagai sinyal yang dianalisis dengan menggunakan metode yang berbasis FFT. Patahan dan fracture diidentifikasi dengan menggunakan metode gradien; *gradient total, SVD, NSD dan theta*. Patahan dan fracture dapat teramati dengan jelas dari hasil analisis gradien theta dan NSD. Hasil gradien NSD ini juga menunjukkan adanya fracture pada sinklin yang teridentifikasi dari data gravitasi regional. Selanjutnya, dengan menggunakan inversi yang berbasis algoritma FFT dihasilkan inversi ini berupa kedalaman Moho antara 15 - 40 Km. Topografi Moho ini, terdapat kedalaman kontras, yaitu pada latitude -40 sampai -60 dan longitude -85 sampai -90 yang diduga sebagai terusan patahan.

5. SARAN

Perlunya dikembangkan metode magnetik yang lain untuk analisis data ini agar nantinya arah fracture dapat memberikan hasil yang lebih bagus. Saran-saran untuk untuk penelitian lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Parker, R.L., 1972. The rapid calculation of potential anomalies. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society* 31, 447-455.
- [2] Oldenburg, D.W., 1974. The inversion and interpretation of gravity anomalies. *Geophysics* 39 (4), 526-536.
- [3] Nagendra, R., Prasad, P.V.S., Bhimasankaram, V.L.S., 1996. Forward and inverse computer modeling of a gravity field resulting from a density interface using Parker-Oldenburg method. *Computers & Geosciences* 22 (3), 227-237.
- [4] Cooper, G.R.J., Cowan, D. R. 2008. Edge enhancement of potential-field data using normalized statistics. *Geophysics*, Vol. 73, No. 3, May-June; P. H1-H4, 3 Figs. 10.1190/1.2837309

- [5] Verduzco, B., J. D. Fairhead, C. M. Green, and C. MacKenzie, 2004, The meter reader—New insights into magnetic derivatives for structural mapping: *The Leading Edge*, **23**, 116–119.
- [6] Blakely, R.J., 1995. *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge University Press, Cambridge (441pp).
- [7] Saibi, H., Nishijima, J., Ehar, S, and Aboud, E. 2006. Integrated gradient interpretation techniques for 2D and 3D gravity data interpretation. *Earth Planets Space*, **58**, pp. 815–821
- [8] Gomez-Ortiz, D., Agarwal, B.N.P., 2005. 3DINVER.M: a MATLAB program to invert the gravity anomaly over a 3D horizontal density interface by Parker–Oldenburg’s algorithm. *Computers & Geosciences* 31 (4), 513–520.
- [9] Shin, Y.H, Choi, K.S., Xu, H. 2006. Three -Dimensional Forward and Inverse models for Gravity Field based on Fast Fourier Transform. *Computers & Geosciences* 32. 727–738
- [10] Kim, K.O., Han, HC.2009. Study on Density Discontinuous Layers of the Kusan Basin in the Yellow Sea Using Satellite Altimetry Gravity Data. The First International Symposium on Application of Marine Geophysical Data.