

KAJIAN METODE SUMBER EKIVALEN TITIK MASSA PADA PROSES PENGANGKATAN DATA GRAVITASI KE BIDANG DATAR

Agus Setyawan

Laboratorium Geofisika, Jurusan Fisika Universitas Diponegoro

Abstract

This study investigate about the process of upward continuation with equivalent mass point method. The depth position equivalent source point is extremely fix in successful of upward gravitation data from topography to plan surface.

Keyword: Gravitation potential, density, Complete Bouguer Anomaly, mass point

Intisari

Telah dilakukan kajian tentang proses pengangkatan ke bidang datar dengan metode ekuivalen titik massa dari beberapa penelitian. Didapatkan bahwa penentuan posisi kedalaman titik sumber ekuivalen sangat menentukan dalam keberhasilan pengangkatan data gravitasi dari topografi ke bidang datar untuk metode ini.

Kata kunci: Potensial gravitasi, densitas, Anomali Bouguer Lengkap, titik massa

Pendahuluan

Medan gravitasi yang terukur ditopografi masih dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: pengaruh pasang surut medan gravitasi akibat gaya tarik menarik benda di langit, pengaruh posisi lintang, pengaruh ketinggian atau topografi, maka untuk mendapatkan anomali medan gravitasi diperlukan proses-proses reduksi terhadap data gravitasi.

Proses reduksi standard yang dilakukan diharapkan akan mendapatkan data Anomali Bouguer Lengkap (ABL) yang terpapar dipermukaan topografi. Permasalahan yang dihadapi adalah data ABL yang terpapar pada permukaan topografi tersebut mempunyai ketinggian yang bervariasi. Variasi ini dapat menyebabkan distorsi pada data gravitasi. Untuk meminimalkan distorsi dilakukan dengan cara membawa ABL tersebut ke suatu bidang datar dengan ketinggian tertentu, dan salah satu metodenya adalah menggunakan metode sumber ekuivalen titik massa [1].

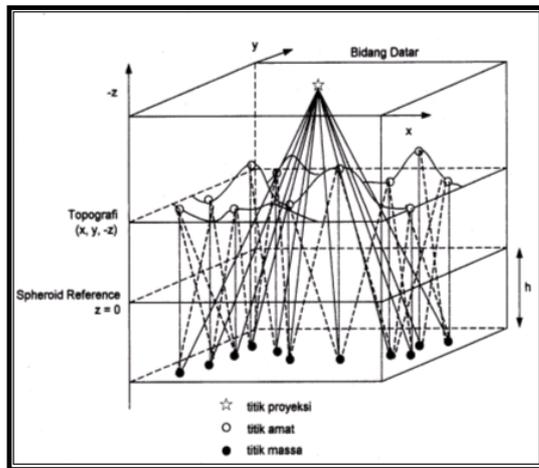
Pada tulisan ini dikaji beberapa penelitian yang telah menggunakan metode sumber ekuivalen titik massa, dan diharapkan

dapat memberikan suatu kontribusi keilmuan tentang keakurasian/ketepatan penggunaan metode ini dalam pengolahan data gravitasi.

Metode Sumber Ekuivalen Titik Massa

Proses yang ditempuh dalam metode Dampney adalah menentukan sumber ekuivalen titik massa diskrit pada kedalaman tertentu di bawah permukaan dengan memanfaatkan data ABL di permukaan. Kemudian dihitung medan gravitasi teoritis yang diakibatkan oleh sumber ekuivalen tersebut pada suatu bidang datar dengan ketinggian tertentu (Gambar 1) Data anomali gravitasi yang terletak pada titik-titik yang tidak teratur dengan ketinggian yang bervariasi dapat dibuat suatu sumber ekuivalen titik-titik massa diskrit diatas bidang datar dengan kedalaman tertentu di bawah permukaan bumi. Kedalaman bidang sumber ekuivalen titik-titik massa harus tetap dijaga dengan batas tertentu jarak stasiun. Setelah sumber ekuivalen diperoleh, maka secara teoritis kita dapat menghitung percepatan gravitasi yang diakibatkan oleh sumber tersebut pada bidang datar sembarang dengan grid yang kita inginkan. Sifat dasar dari suatu

medan gravitasi yaitu adanya ketidakteraturan yang selalu menyertai didalam usaha untuk menentukan sumber penghasil medan gravitasi



Gambar.1. Sumber ekivalen titik massa tersebut. [2] telah membahas cukup mendalam mengenai adanya ketidakteraturan hubungan antara $g_z(x, y, z)$ dan $\rho(\alpha, \beta, h)$ dalam persamaan berikut:

$$g_z(x, y, z) = G \int \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\rho(\alpha, \beta, h)(h-z)d\alpha d\beta}{\{(x-\alpha)^2 + (y-\beta)^2 + (z-h)^2\}^{3/2}} \quad (1)$$

dimana: $\rho(\alpha, \beta, h)$ adalah distribusi kontras densitas yang meliputi bidang $z = h$, G adalah Konstanta gravitasi umum, z adalah sumbu tegak dengan arah positif ke bawah, h adalah kedalaman ekivalen titik-titik massa (sumber pengganti) dari permukaan.

Untuk membuat inversi dari persamaan (1) dibutuhkan variabel-variabel yang lengkap dari g_z . Sehingga didapat hubungan yang unik antara fungsi $g_z(x, y, z)$ dengan $\rho(\alpha, \beta, h)$. Artinya distribusi kontras densitas pada suatu bidang datar di bawah permukaan dapat dihasilkan dari harga gravitasi yang telah diketahui. Dengan mempergunakan sumber ekivalen titik massa $\rho(\alpha, \beta, h)$ maka harga-harga medan gravitasi $g_z(x, y, z)$ dapat ditentukan pula dengan unik. Teknik sumber ekivalen ini didasarkan pada pendekatan distribusi yang kontinyu oleh suatu jajaran massa diskrit.

Jika kita mempunyai N buah titik data, maka kita dapat langsung menghitung N buah

titik massa pada suatu kedalaman menggunakan prinsip superposisi.

$$\begin{aligned} g_1 &= a_{11}m_1 + a_{12}m_2 + \dots + a_{1k}m_k + \dots a_{1N}m_N \\ g_2 &= a_{21}m_1 + a_{22}m_2 + \dots + a_{2k}m_k + \dots a_{2N}m_N \\ &\vdots \\ g_i &= a_{i1}m_1 + a_{i2}m_2 + \dots + a_{ik}m_k + \dots a_{iN}m_N \\ &\vdots \\ g_N &= a_{N1}m_1 + a_{N2}m_2 + \dots + a_{Nk}m_k + \dots a_{NN}m_N \end{aligned} \quad (2)$$

dengan:

$$a_{ik} = \frac{G(h-z_i)}{\{(x_i - \alpha_k)^2 + (y_i - \beta_k)^2 + (z_i - h)^2\}^{3/2}} \quad (3)$$

dan $z = h$ adalah bidang datar yang berisi titik-titik massa m_k pada (α_k, β_k, h) posisi dari g_i adalah (x_i, y_i, z_i) . Dalam bentuk matrik maka persamaan (2) dapat ditulis $g = Am$

Untuk suatu survei lokal, luas area ini bisa membatasi kedalaman bidang titik massa. Jika $(h - z_i)$ cukup besar relatif terhadap dimensi survei, koefisien a_{ik} cenderung mendekati harga a yaitu:

$$\begin{aligned} a &= \lim_{h \rightarrow \infty} \frac{(h-z_i)}{\{(x_i - \alpha_k)^2 + (y_i - \beta_k)^2 + (z_i - h)^2\}^{3/2}} \\ &= \lim_{h \rightarrow \infty} \frac{1}{(z-h)^2} \end{aligned} \quad (4)$$

Sehingga matrik A dalam penyelesaiannya menjadi tidak realistis jika sumber ekivalen terlalu jauh di bawah permukaan yaitu jika :

$$\frac{(h-z_i)}{\{(x_i - \alpha_k)^2 + (y_i - \beta_k)^2 + (z_i - h)^2\}^{3/2}} \quad (5)$$

terlalu besar pada persamaan (4)

Berbagai test telah dilakukan dan memberikan harga $(h - z_i)$ terbaik adalah:

$$2,5\Delta x < (h - z_i) < 6\Delta x \quad (6)$$

dengan : Δx adalah jarak rata-rata antar stasiun pengamatan, h adalah bidang kedalaman ekivalen titik massa dan z_i adalah ketinggian titik pengamatan.

Studi kasus:

Penelitian tentang pengangkatan data gravitasi dengan metode sumber ekivalen titik

massa antara lain: Setyawan [3] dalam penelitian gravitasi di daerah Semarang membuat asumsi kedalaman sumber ekuivalen titik massa adalah 2500 meter dibawah sferoida referensi dan respon dihitung pada ketinggian 300 meter diatas sferoida referensi dengan alasan pola kontur pada ketinggian ini menunjukkan pola anomali regional dan pola anomali lokal sama-sama terlihat jelas. Pola kontur Anomali Bouguer Lengkap di bidang datar memperlihatkan pola yang mendekati sama dengan pola anomali topografi, ini menunjukkan bahwa benda anomali memang mempunyai peran dalam pembentukan topografi daerah Semarang.

Yulisasongo [4] Dalam penelitian gravitasi daerah Kasihan, Tegalombo, Pacitan, Jawa Timur. Kedalaman sumber ekuivalen titik massa adalah 750 meter di bawah sferoid referensi dan dihitung responnya pada ketinggian 850 meter diatas sferoida referensi, didapat anomali gravitasi berharga positif dan bila dibandingkan dengan kontur topografinya akan diperoleh pola yang mirip. Jadi bentuk topografi di daerah ini merupakan bentukan dari tubuh anomali.

Safari [5] dalam penelitian gravitasi daerah Krinjing – Magelang, posisi sumber ekuivalen dipilih pada ketinggian 0 meter atau berada pada sferoida referensi, sedangkan posisi medan gravitasi teoritisnya dipilih pada ketinggian 900 meter diatas sferoida referensi. Data hasil proyeksi dengan metode sumber ekuivalen titik menunjukkan hasil yang beresilasi dan tidak realistis. Hasil ini diduga dipengaruhi oleh posisi sumber ekuivalen yang berada dibawah sumber sebenarnya sehingga menyebabkan terjadinya osilasi terhadap data hasil proyeksi tersebut.

Sarkowi [6] dalam penelitian gravitasi gunung Merapi studi kasus tahun 1997, membuat 2 model: model 1 benda anomali terdiri dari sebuah bola dengan jari-jari 2000 meter yang terletak pada kedalaman 2500 meter dari permukaan dan mempunyai kontras densitas 1 gr/cm^3 . Model 2 benda anomali terdiri dari tiga buah bola dengan kedalaman dan densitas yang bervariasi. Dari kedua model penentuan kedalaman titik massa sarkowi membuat beberapa analisa:

- Perbedaan kedalaman titik massa tidak mempengaruhi hasil proyeksi data pada

bidang datar dengan syarat ralatnya minimum (0%)

- Perbedaan kedalaman titik massa hanya mempengaruhi proses waktu iterasi untuk mendapatkan ralat yang minimum. Dari kedua model didapat apabila semakin jauh titik massa dari kedalaman benda anomali maka proses iterasi untuk mendapatkan ralat yang minimum semakin lama, sedang makin dekat dengan benda anomali iterasi yang sedikit sudah mendapatkan ralat yang minimum

Pada penelitian Gunung Merapi kasus tahun 1997 kedalaman titik massa yang paling optimum terletak pada kedalaman 2000 meter dari datum dengan ralat 0,066% pada iterasi 50.000.

Pembahasan

Dari keempat kasus yang diangkat dalam tulisan ini yang kesemuanya menggunakan metode sumber ekuivalen titik massa yang diajukan oleh Dampney, terutama pada kesimpulan pertama yang diajukan oleh Sarkowi, maka penulis merasa ada suatu kesalahan dan menganalisisnya sebagai berikut

1. Berdasarkan teori gravitasi Newton secara fisis dinyatakan bahwa kuadrat antara sumber medan terhadap titik pengukurannya berbanding terbalik dengan medan gravitasi sehingga memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap medan gravitasi. Dengan demikian perbedaan kedalaman sumber ekuivalen titik massa akan mempengaruhi hasil proyeksi medan gravitasi ke bidang datar dimana semakin besar jaraknya maka semakin kecil medan gravitasinya.
2. Jika sumber ekuivalen titik massa diletakkan sangat jauh di bawah permukaan maka akan menyebabkan terjadinya "ill-conditioned" terhadap tensor a_{ik} yang digunakan dalam perhitungan.
3. Jika sumber ekuivalen titik massa diletakkan terlalu jauh sedemikian sehingga sumber ekuivalen itu berada dibawah sumber sebenarnya maka akan terjadi osilasi yang sangat besar terhadap medan gravitasi hasil proyeksi ke bidang datar.

Kesimpulan

Dari berbagai kasus yang dicoba diangkat maka penulis mencoba menyimpulkan bahwa:

1. Penentuan posisi kedalaman titik sumber ekuivalen sangat menentukan dalam keberhasilan pengangkatan data gravitasi dari topografi ke bidang datar untuk metode ini.
2. Pola kontur Anomali Bouguer Lengkap di bidang datar biasanya memperlihatkan pola yang mendekati sama dengan pola anomali topografi, ini menunjukkan bahwa benda anomali memang mempunyai peran dalam pembentukan topografi suatu daerah daerah.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

- Dr. Wahyudi dan Drs. Imam Suyanto, M.S., Laboratorium Geofisika, Universitas Gadjah Mada atas diskusi dan sarannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dampney, C.N.G, 1969 The Equivalent Source Technique, *Geophysics*. Vol 34. No.1, P.39-53
- [2] Roy, A., 1962, Ambiguity in Geophysical Interpretation, *Geophysics*, V.27. P.90-99
- [3] Setyawan, A., 2005, *Analisis Data Gravitasi Untuk Menafsirkan Kondisi Geologi Bawah Permukaan di Daerah Semarang, Jawa Tengah*, Thesis S2, Pascasarjana UGM, Yogyakarta.
- [4] Yuliasongko, M.F., *Analisis Data Gravitasi untuk Mengetahui Kondisi Geologi Bawah Permukaan di Daerah Kasihan, Tegalombo, Pacitan, Jawa Timur*, Skripsi S-1, Jurusan Fisika FMIPA UGM, Yogyakarta
- [5] Safani, J., 2000, *Analisis Anomali Medan Gravitasi di Atas Sferoroid Referensi (Studi Kasus Daerah Krinjing-Magelang, Jawa Tengah)*, Thesis S2, Pascasarjana UGM, Yogyakarta.
- [6] Sarkowi, M., 1998, *Pengukuran Gravitasi pada Gunung Merapi dan Analisa Anomali Bouguer Lengkapnya*, Thesis S2, Pascasarjana UGM, Yogyakarta.

