

Pemisahan Anomali Regional-Residual pada Metode Gravitasi Menggunakan Metode *Moving Average*, *Polynomial* dan *Inversion*

Jarot Purnomo, Sorja Koesuma, Mohtar Yuniarto

Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Sebelas Maret, Surakarta
sorja@uns.ac.id

Received 29-10-2012, Revised 05-11-2012, Accepted 08-11-2012, Published 25-04-2013

ABSTRACT

It has been done a research about separation of regional-residual anomaly in Gravity method. This research compares the result of three methods i.e. moving average method, polynomial method, and inversion method. The computer program is created using a computer programming Matlab 7. From three methods that have been made, the separation results are compared with results of separation by using Upward Continuation method. From the results of these comparisons will be available an excellent program of regional-residual anomaly separation. The results show that in polynomial method of the order 4 obtained similar contour to the separation by Upward Continuation Software. So that the output of this separation will be treated again with Grav2DC software. The output of this software is the density of rock Grav2DC of the study area. Processing results obtained the minimum error of 1.85% for the separation by polynomial method, while for the method of Upward Continuation obtained minimum error of 2.22%. The results obtained show that the separation of regional-residual anomaly by polynomial method is similar to separation by Upward Continuation method.

Keywords: Gravity method, Separation Regional-Residual Anomaly, Moving Average, Polynomial, Inversion

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pemisahan anomali regional-residual pada metode Gravitasi. Penelitian ini menggunakan tiga metode yaitu : metode *moving averge*, metode polinomial, dan metode inversi. Program komputer ini dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman komputer *Matlab 7*. Dari ketiga metode yang telah dibuat hasil pemisahannya akan dibandingkan dengan hasil pemisahan dengan metode *Upward Continuation*. Dari hasil perbandingan ini nantinya akan didapatkan sebuah program pemisahan anomali regional-residual yang sangat baik. Hasil pemisahan menunjukkan bahwa pada metode polinomial orde 4 didapatkan kontur yang hampir sama dengan hasil pemisahan dengan software *Upward continuation*. Sehingga hasil output dari pemisahan ini akan diolah lagi dengan software *Grav2DC*. Hasil output dari software *Grav2DC* ini adalah densitas batuan dari daerah penelitian. Dari hasil pengolahan didapatkan *error* minimum sebesar 1,85% untuk pemisahan dengan metode polinomial, sedangkan untuk metode *Upward Continuation* didapatkan *error* minimum sebesar 2,22%. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa hasil pemisahan anomali regional-residual dengan metode polinomial hampir sama dengan pemisahan anomali dengan software *Upward Continuation*.

Kata kunci : Metode gravitasi, pemisahan anomali regional-residual, *Moving Average*, Polinomial, Inversi

PENDAHULUAN

Metode geofisika merupakan ilmu yang mempelajari tentang struktur bumi baik yang terlihat maupun tidak dengan melakukan pengukuran atau pengamatan sifat fisis di atas permukaan bumi yang berlandaskan atas prinsip-prinsip fisika^[1]. Metode gravitasi merupakan salah satu metode geofisika yang dapat menggambarkan bentuk atau geologi bawah permukaan berdasarkan variasi medan gravitasi bumi yang ditimbulkan oleh perbedaan densitas (rapat massa) antar batuan. Pada prinsipnya metode ini digunakan karena kemampuannya membedakan densitas dari satu sumber anomali terhadap densitas lingkungan sekitarnya. Metode ini didasarkan pada gaya tarik-menarik antara dua buah partikel sebanding dengan perkalian massa kedua partikel tersebut dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara pusat keduanya.

Dalam pengolahan data metode gravitasi ini akan muncul anomali-anomali, anomali-anomali yang muncul merupakan target dalam survei penelitian metode gravitasi. Anomali ini akan memudahkan para peneliti untuk menafsirkan struktur geologi bumi. Anomali ini merupakan hasil dari adanya perbedaan densitas antara batuan satu dengan batuan yang lain. Anomali yang terdapat dalam metode gravitasi ini sering dikenal dengan anomali Bouguer. Anomali bouguer menjadi salah satu parameter yang penting pada metode gravitasi. Anomali Bouguer merupakan selisih dari harga percepatan gravitasi observasi dengan harga normalnya. Gravitasi observasi merupakan nilai gravitasi yang terbaca pada gravitimeter setelah mengalami beberapa koreksi, antara lain koreksi terhadap apungan pegas alat (*drift correction*), dan koreksi akibat adanya pasang surut bumi (*tide correction*), koreksi tinggi alat. Sedangkan gravitasi normal merupakan gabungan dari beberapa koreksi-koreksi gravitasi antara lain koreksi lintang, koreksi udara bebas (*free air*), koreksi topografi (medan), dan koreksi Bouguer.

Anomali Bouguer merupakan penjumlahan dari anomali regional dan anomali residual. Kedua anomali tersebut saling berinteraksi dan menimbulkan anomali yang tumpang-tindih. Oleh sebab itu, anomali-anomali tersebut harus saling dipisahkan. Sehingga diperlukan suatu metode pemisahan anomali regional dengan anomali residual yang cukup baik, agar didapatkan anomali residual yang akurat untuk pemodelan geologi bawah permukaan bumi. Banyak sekali metode yang sering digunakan dalam pemisahan anomali regional-residual. Akan tetapi para peneliti belum mempunyai suatu metode penghitungan yang dapat dijadikan pegangan, sehingga para peneliti mengalami kesulitan dalam melakukan pemisahan anomali ini. Hal ini terlihat dari beberapa penelitian gravitasi yang dalam proses pemisahan anomali ini, masih menggunakan metode-metode yang berbeda-beda. Metode-metode yang digunakan antara lain: metode *moving average* (rataan bergerak), metode polinomial, dan metode inversi. Ketiga metode ini akan dikembangkan ke dalam tampilan program baru, yang memudahkan para peneliti untuk melakukan pemisahan anomali regional-residual.

Pemisahan dengan *Moving Average* (rataan bergerak)

Moving Average dilakukan dengan cara merata-ratakan nilai anomalnya. Hasil dari perataan ini merupakan anomali regionalnya^[2]. Sedangkan anomali residualnya didapatkan dengan mengurangkan data hasil pengukuran gravitasi dengan anomali regionalnya. Secara matematis persamaan *moving average* untuk 1 dimensi adalah sebagai berikut :

$$\Delta T_{reg}(i,j) = \frac{(\Delta T(i-n,j-n) + \dots + \Delta T(i,j) + \dots + \Delta T(i+n,j+n))}{N} \quad (1)$$

Dimana $n = \frac{N-1}{2}$, dan N harus bilangan ganjil [3].

Setelah didapatkan ΔT_{reg} , maka harga $\Delta T_{residual}$ dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\Delta T_{residual} = \Delta T - \Delta T_{reg} \quad (2)$$

Dimana :

$\Delta T_{residual}$ = besarnya anomali residual

ΔT = besarnya anomali bouguer

ΔT_{reg} = besarnya anomali residual

Persamaan 1 merupakan dasar dari metode ini, dari persamaan tersebut akan dapat dihitung nilai anomali regional pada sebuah titik penelitian. Dimana nilai anomali regional pada sebuah titik penelitian, sangat tergantung pada nilai anomali yang terdapat di sekitar titik penelitian. Sehingga nilai anomali regional pada sebuah titik merupakan hasil rata-rata dari nilai anomali-anomali di sekitar daerah penelitian.

Pemisahan Metode *Polynomial*

Polynomial fitting atau sering disebut dengan metode kuadrat terkecil yang mengasumsikan bahwa permukaan *Polynomial* dapat menggambarkan model bidang regional yang lebih halus yang ditentukan oleh orde *Polynomial* [4]. Peta kontur anomali regional yang dihasilkan sudah cenderung tetap dan tidak mengalami perubahan ketika orde yang diberikan semakin besar. Pada umumnya *Polynomial fitting* mencakup bentuk konstan.

Kurva Fitting-Regresi

Proses kuantitatif ini sering dikenal dengan regresi atau *curve fitting*. Proses ini digunakan untuk memperkirakan *trend* hasil yang diperlukan. Proses *curve fitting* yang sesuai persamaan kurva pendekatan ke data observasi. Namun, *curve fitting* dari jenis tertentu pada umumnya tidak baik untuk satu set data. Oleh karena itu diperlukan kurva dengan deviasi minimal dari semua titik data yang diinginkan. *Curve fitting* terbaik dapat diperoleh dengan metode kuadrat terkecil.

Metode Kuadrat Terkecil

Metode kuadrat terkecil mengasumsikan bahwa *curve fitting* dari jenis tertentu adalah kurva yang memiliki jumlah dari deviasi kuadrat (*error*) dari himpunan data adalah minimum. Misalkan titik-titik data $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ dimana x adalah *independent* dan y adalah *dependent*. *Curve fitting* $f(x_i)$ memiliki deviasi d dari setiap titik data, yaitu

$$d_1 = y_1 - f(x_1), d_n = y_n - f(x_n) \quad (3)$$

Menurut metode kuadrat terkecil, *curve fitting* terbaik memiliki

$$\Pi = d_1^2 + \dots + d_n^2 = \sum_{i=1}^n d_i^2 = \sum_{i=1}^n [y_i - f(x_i)]^2 = \text{minimum} \quad (4)$$

Polinomial adalah salah satu jenis yang paling umum digunakan dalam regresi kurva, berikut penjelasan lebih lanjut tentang *curve fitting* :

Kuadrat Terkecil Garis

Metode kuadrat terkecil garis menggunakan garis lurus $y = a + bx$ untuk mendekati himpunan data $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$. Dimana a dan b adalah koefisien yang tidak diketahui, sedangkan x_i dan y_i diketahui. Untuk mendapatkan *error* terkecil maka koefisien a dan b harus menghasilkan nol pada turunan pertama.

Kuadrat Terkecil Parabola

Metode ini menggunakan kurva derajat kedua yaitu $y = a + bx + cx^2$ untuk mendekati himpunan data $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$. a , b dan c adalah koefisien yang tidak diketahui, sedangkan x_i dan y_i diketahui. Untuk mendapatkan *error* terkecil maka koefisien a dan b harus menghasilkan nol pada turunan pertama.

Kuadrat Terkecil Derajat ke-m

Metode ini menggunakan polinomial derajat ke-m yaitu $y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_mx^m$ untuk mendekati himpunan data $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$. *Curve fitting* terbaik memiliki *error* kuadrat terkecil yaitu :

$$\begin{aligned} \Pi &= \sum_{i=1}^n [y_i - f(x_i)]^2 \\ &= 2 \sum_{i=1}^n [y_i - a_0 + a_1x_i + a_2x_i^2 + \dots + a_mx_i^m]^2 = \text{minimum} \end{aligned} \quad (5)$$

a_0, a_1, a_2, \dots dan a_m adalah koefisien yang tidak diketahui, sedangkan x_i dan y_i diketahui. Untuk mendapatkan *error* terkecil maka koefisien a_0, a_1, a_2, \dots dan a_m harus menghasilkan nol pada turunan pertama.

Prinsip dasar pada penggunaan metode ini adalah mencari koefisien nilai 'a' pada persamaan polinomial yang digunakan. Dengan membuat turunan pertama dari persamaan polinomial yang digunakan bernilai sama dengan nol. Sehingga akan dapat dihitung koefisien-koefisien lainnya (a). Setelah didapatkan nilai koefisien dari persamaan polinomial yang digunakan, maka akan dapat dihitung nilai anomali regional dengan persamaan polinomial yang sudah diketahui nilai-nilai koefisiennya. Kemudian akan dapat dihitung pula anomali residualnya dengan mengurangi anomali Bouguer dengan anomali regional hasil perhitungan dengan metode polinomial yang digunakan.

Pemisahan dengan Metode *Inversion*

Pemodelan inversi sering dikatakan sebagai kebalikan dari pemodelan ke depan (*forward*) karena dalam pemodelan inversi, parameter model diperoleh langsung dari data. Teori inversi merupakan satu kesatuan metode matematika dan statistik untuk memperoleh informasi yang berguna mengenai suatu sistem fisika berdasarkan observasi terhadap sistem^[5].

Dalam pembahasan inversi, *grid* pengukuran bersesuaian dengan titik tengahnya dalam permukaan ($z=0$) maka jumlah data adalah $N = nx \times ny \times 1$. Dan jumlah parameter model adalah $M = nx \times ny \times nz$ dimana nx, ny dan nz masing-masing adalah jumlah *grid* dalam arah x, y, z .

Dengan menggunakan data yang terdapat dipermukaan maka inversi linier *purely underdetermined* ($N < M$) yang meminimumkan 'norm' model menghasilkan model data gravitasinya. Dalam metode inversi ini juga terdapat kontinuitas ke atas G^u sebagai berikut

$$d^u = G^u m_e \quad (6)$$

Pada kontinuitas ke atas dilakukan pada sejumlah level data yang kecil dari data lainnya. Dengan demikian, gabungan data dipermukaan dan hasil kontinuitas ke atas menghasilkan data dengan jumlah yang lebih besar daripada jumlah parameter model ($N > M$). Untuk permasalahan inversi yang bersifat *overdetermined*, dapat diselesaikan dengan solusi inversi sebagai berikut :

$$m = [G^T G]^{-1} G^T d \quad (7)$$

Dimana G adalah matrik kernel, sedangkan d merupakan nilai dari anomali Bouguer. Dengan menggunakan persamaan (7), maka akan didapatkan nilai koefisien m .

Pemisahan dengan Metode *Upward Continuation*

Kontinuitas keatas (*upward continuation*) adalah langkah perubahan data medan potensial yang diukur pada suatu level permukaan menjadi data yang seolah-olah diukur pada level permukaan yang lebih atas. Metode ini digunakan karena dapat mentransformasi medan potensial yang diukur pada suatu permukaan sehingga medan potensial di tempat lain di atas permukaan pengukuran dan cenderung menonjolkan anomali yang disebabkan oleh sumber yang dalam (efek regional) dengan menghilangkan atau mengabaikan anomali yang disebabkan oleh sumber yang dangkal (efek residual), dan hasil dari metode ini adalah anomali regionalnya. Anomali residual diperoleh dengan menghitung selisih anomali Bouguer terhadap anomali regional^[6]. Perhitungan harga medan potensial di setiap titik observasi pada bidang hasil kontinuitas (z) dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut^[7]

$$Z(x, y, z) = \frac{|z|}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{Z(x', y', z')}{(|x-x'|^2 + |y-y'|^2 + |z-z'|^2)^{3/2}} dx' dy' \quad (8)$$

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan suatu kajian teori komputasi, sehingga materi penelitian diperoleh melalui penelusuran pustaka yang relevan terhadap penelitian yang dikaji. Obyek penelitian ini yaitu pemisahan anomali regional-residual pada penelitian metode gravitasi. Pada penelitian ini akan dibuat program komputer dengan menggunakan MATLAB[®] versi 7. Program pemisahan yang dibuat merupakan sebuah pengembangan dari metode-metode pemisahan anomali yang sudah ada sebelumnya. Tiga buah metode yang digunakan adalah metode *moving average* (rata-rata bergerak), polinomial dan inversi. Ketiga metode ini akan dikembangkan ke dalam sebuah tampilan program, yang dapat memudahkan para peneliti untuk melakukan pemisahan anomali regional-residual.

Program pemisahan dengan metode *moving average* (rata-rata bergerak) dibuat berdasarkan persamaan (1). Pada persamaan tersebut akan dihitung nilai anomali regional dengan merata-rata hasil anomali Bouguer lengkap. Anomali regional pada sebuah titik penelitian merupakan hasil perata-rataan dari anomali Bouguer yang terdapat di sekitar titik penelitian. Sehingga nilai anomali regional dipengaruhi oleh nilai-nilai anomali di sekitar titik penelitian. Pada penelitian perata-rataan menggunakan dimensi 3x3, maka akan ada 9

data yang harus dirata-rata untuk mendapat sebuah nilai anomali regional pada sebuah titik penelitian. Dan hasil perhitungan ini, akan menggantikan nilai anomali yang terdapat pada pusat dimensi perata-rata. Setelah mendapatkan nilai anomali regionalnya, maka akan dapat dihitung nilai anomali residual dengan mengurangkan anomali regional pada anomali Bouguer pada titik penelitian yang sama.

Pada metode polinomial pemisahan dilakukan dengan prinsip dasar kuadrat terkecil yang ditunjukkan pada persamaan (5). Sehingga dengan menggunakan persamaan (5), akan dapat dicari nilai koefisien 'a' yang terdapat pada persamaan tersebut. Dimana x_i dan y_i sudah diketahui nilainya, maka dengan bantuan matrik pada program akan dapat dihitung nilai koefisien 'a' pada persamaan polinomial yang digunakan. Kemudian koefisien ini dapat digunakan untuk menghitung anomali regional dari setiap titik penelitian metode gravitasi. Untuk mendapatkan nilai anomali regional kembali ke persamaan dasar yang digunakan. Sehingga setelah didapatkan anomali regional dari setiap titik penelitian maka dapat dihitung nilai anomali residualnya dengan mengurangkan anomali regional dengan anomali Bouguer penelitian untuk setiap titik penelitian metode gravitasi.

Metode inversi menggunakan prinsip dasar persamaan (7). Dari persamaan tersebut akan dihitung nilai 'm', dengan menggunakan bantuan matrik kernel 'G'. Setelah didapatkan nilai koefisiennya maka langkah selanjutnya adalah mencari nilai anomali regionalnya, dengan memasukkan nilai koefisien 'm' ke dalam persamaan yang digunakan :

$$\text{Anomali regional} = Z = m(1) + m(2) * x_i + m(3) * y_i \quad (9)$$

Dimana setiap titik pengamatan akan menghasilkan nilai anomali regional yang berbeda. Kemudian setelah didapatkan nilai anomali regionalnya maka anomali residual dapat dihitung dengan mengurangkan anomali regional dengan anomali Bouguer dari hasil penelitian. Rumus mencari nilai anomali residual dapat dilihat sebagai berikut :

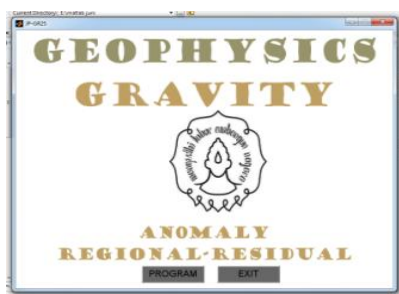
$$\text{Anomali residual} = \text{Anomali Bouguer} - \text{Anomali regional} (Z) \quad (10)$$

Penelitian ini menggunakan data sekunder dari penelitian metode gravitasi. Data yang digunakan adalah data posisi penelitian (x dan y) dan nilai anomali Bouguer (z). ketiga data tersebut harus *disave* dalam bentuk notepad (*.txt) untuk input pada program. Akan tetapi data tersebut terlebih dahulu *digridding* dengan menggunakan *surfer 8*, tujuan dari *gridding* data ini adalah untuk mempermudah pengolahan data pada program. Kemudian hasil dari pemisahan ini akan diinterpretasi dengan menggunakan *software Grav2DC* untuk mencari struktur batuanannya. Yang menjadi input untuk *Grav2DC* adalah hasil penyayatan yang dilakukan pada anomali residual dengan menggunakan *surfer 8*. Kemudian hasil penyayatan ini akan dibandingkan dengan hasil penyayatan pada anomali residual hasil pemisahan dengan metode pembandingan. Metode pembandingan yang digunakan adalah metode kontinuitas ke atas (*upward continuation*). Metode kontinuitas ke atas (*upward continuation*) adalah langkah pengubahan data medan potensial yang diukur pada suatu level permukaan menjadi data yang seolah-olah diukur pada level permukaan yang lebih atas. Metode ini digunakan karena dapat mentransformasi medan potensial yang diukur pada suatu permukaan sehingga medan potensial di tempat lain di atas permukaan pengukuran dan cenderung menonjolkan anomali yang disebabkan oleh sumber yang dalam (efek regional) dengan menghilangkan atau mengabaikan anomali yang

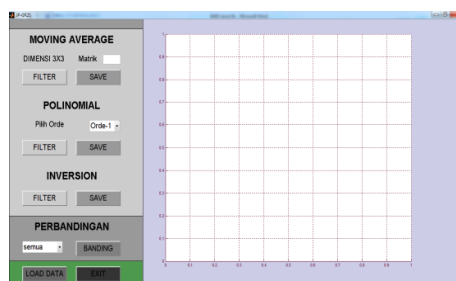
disebabkan oleh sumber yang dangkal (efek residual), dan hasil dari metode ini adalah anomali regionalnya. Pada metode ini data sekunder yang digunakan dilakukan pengangkatan sampai 3000 meter di atas bidang datar, karena pada pengangkatan ini bentuk pola kontur plot anomali regionalnya sudah konstan (tetap) tidak terjadi perubahan kontur lagi ketika dilakukan pengangkatan lagi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini akan memberikan manfaat kepada para peneliti dalam menentukan metode pemisahan anomali regional-residual yang tepat dalam penelitian mereka. Pada penelitian ini hanya difokuskan untuk pembuatan 3 buah program pengembangan yang digunakan dalam pemisahan anomali regional-residual. Pembuatan program ini menggunakan *software* MATLAB[®] versi 7. Tiga program yang dibuat antara lain pemisahan dengan metode *moving average* (rata-rata bergerak), polinomial dan inversi. Ketiga metode ini akan digabung dalam satu program komputer yang dapat dilihat pada tampilan awal ditunjukkan pada Gambar 1.



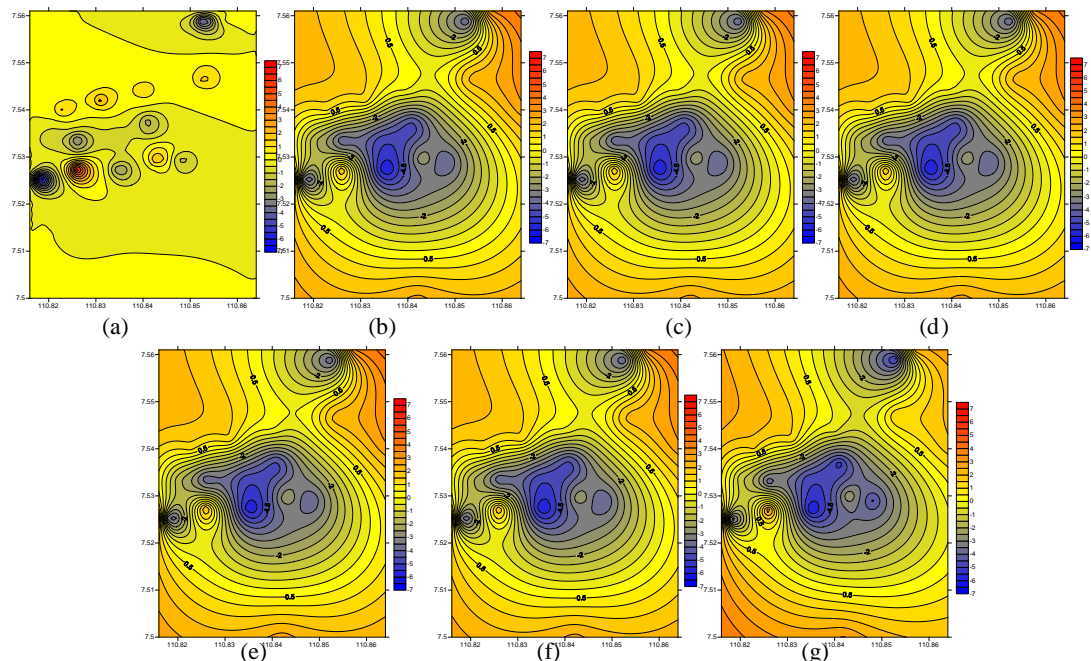
Gambar 1. (color online) Tampilan awal program



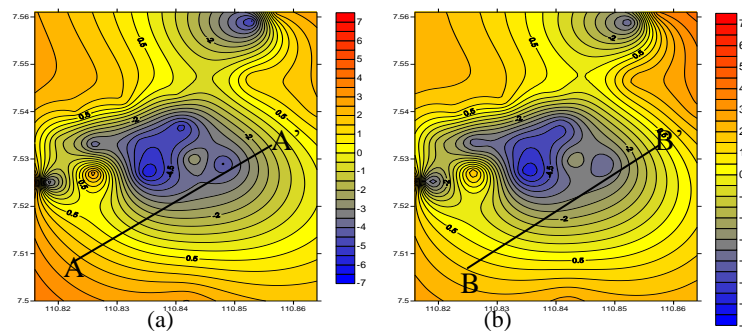
Gambar 2. (color online) Tampilan program yang sudah jadi

Gambar 2 merupakan tampilan dari tiga program yang sudah dibuat. Pada tampilan tersebut ada banyak toolbox-toolbox yang digunakan untuk menjalankan program. Dari semua hasil pemisahan dengan 3 metode yang digunakan, kemudian dilakukan interpretasi hasil dengan metode pembandingan yaitu metode kontinuitas ke atas (*upward continuation*). Pembandingan ini dilakukan dengan melihat hasil dari pemisahan anomali regional-residual, terutama pada plot kontur anomali residualnya. Pada metode polinomial orde 1-4 didapatkan hasil plot kontur anomali residual yang hampir sama dengan plot kontur anomali residual pada metode pembandingan. Walaupun hasil nilai anomali residual yang dihasilkan sedikit berbeda, akan tetapi dalam ilmu geofisika terhadap hal ini bisa dimaklumi, asalkan perbandingan nilainya tidak lebih dari 5 mgal. Hasil dapat dilihat pada Gambar 3, pada gambar tersebut terlihat bahwa pada pemisahan dengan metode polinomial ini menghasilkan plot yang sama. Pada hasil terlihat bahwa semakin besar orde yang digunakan maka semakin halus pula plot yang dihasilkan. Maka dengan hasil ini dapat dikatakan bahwa program komputer untuk pemisahan anomali regional-residual dengan metode polinomial ini dapat berjalan dengan bagus, dan menghasilkan nilai yang hampir sama juga. Dan untuk metode *moving average* (rata-rata bergerak) didapatkan hasil yang berbeda, akan tetapi didapatkan pusat anomali residual yang sama. Hal ini sesuai dengan teorinya bahwa metode gravitasi ini merupakan metode pendahuluan dalam survei sumber daya alam. Maka dengan menggunakan metode pemisahan sudah dapat menunjukkan akan adanya sesuatu yang menyebabkan terjadi anomali pada daerah penelitian. Sehingga dapat diketahui bahwa pada titik-titik penelitian tersebut terdapat sesuatu yang menyebabkan terjadinya anomali, sehingga pada titik penelitian tersebut dapat dilakukan survei atau pengkajian lebih dalam lagi pada titik penelitian tersebut. Sedangkan pada metode inversi didapatkan hasil yang nilai dan pola

kontur anomali residual yang sama dengan polinomial orde 1. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 3(a) dan Gambar 3(b), pada gambar tersebut terlihat pola kontur yang dibentuk oleh kedua metode ini terlihat sama, walaupun jika ditinjau dari nilai anomali residual itu sedikit berbeda. Sehingga dapat dikatakan pula jika pada pemisahan anomali regional-residual dengan menggunakan metode ini, didapatkan pula hasil plot kontur anomali residual yang hampir sama dengan plot kontur metode pembandingan yang digunakan. Dengan hasil yang demikian, maka dapat dikatakan pula bahwa program pemisahan anomali regional-residual yang dibuat dengan metode ini dapat mengeksekusi data penelitian dengan cukup baik dan masih relevan dengan hasil pembandingnya. Kemudian untuk membantu analisa hasil, maka dilakukan penyayatan hasil anomali residual dari semua metode yang digunakan. Dimana penyayatan ini dilakukan dengan menggunakan *software surfer 8*. Penyayatan ini dilakukan dengan posisi yang sama pada setiap kontur anomali residual. Dan hasil penyayatan ini akan diplot dalam grafik, dari hasil plot ini akan dicari nilai korelasi dari garis yang dihasilkan. Dimana korelasi ini akan menunjukkan seberapa mirip atau sama garis yang dibentuk dari 2 buah garis yang dibandingkan. Nilai korelasi itu berkisar dari -1 sampai 1, dimana nilai korelasi yang sangat bagus adalah 1. Dari nilai korelasi ini akan dapat dilihat pola dari nilai yang dihasilkan antara metode pembandingan dengan metode-metode pemisahan yang telah dibuat dalam program.



Gambar 3. (color online) Hasil plot kontur Anomali Residual (a) *moving average* (b) polinomial orde 1 (c) polinomial orde 2 (d) polinomial orde 3 (e) polinomial orde 4 (f) *inversi* (g) *upward continuation*

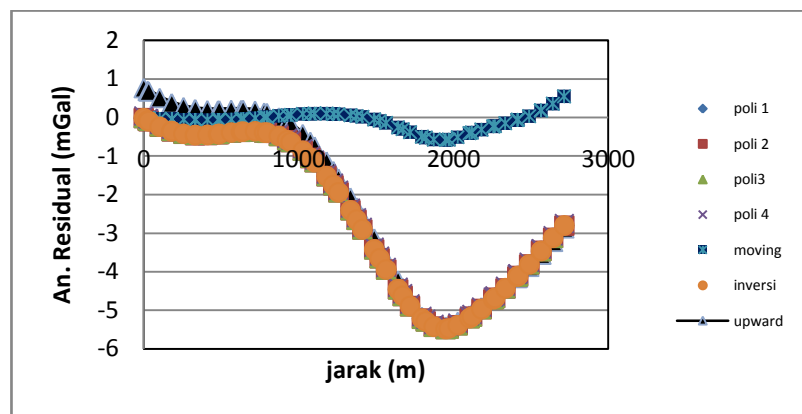


Gambar 4. (color online) Sayatan pada anomali residual dari metode yang bagus (a) *Inversi* (b) polinomial orde 4

Tabel 1. Hasil korelasi antara metode program- upward continuation

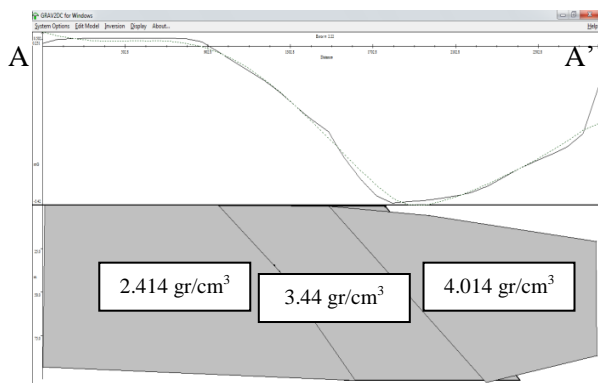
Metode Perbandingan	Nilai korelasi
moving-upward	0,576866128
polinomial 1-upward	0,998333399
polinomial 2-upward	0,998339056
polinomial 3-upward	0,998352547
polinomial 4-upward	0,998352740
Inversi-upward	0,998333399

Dari hasil Tabel 1 korelasi di atas dapat dilihat bahwa polinomial orde 4 mempunyai nilai korelasi yang hampir bernilai 1, maka polinomial orde 4 merupakan metode yang sesuai dalam pemisahan anomali pada data sekunder yang digunakan. Kemudian hasil pemisahan akan diolah lagi ke tahap selanjutnya yaitu pengolahan *Grav2DC*.

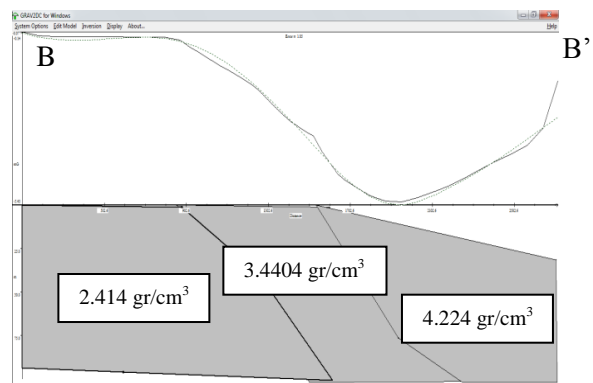


Gambar 5. (color online) Grafik hasil penyayatan dari setiap metode pemisahan

Hasil dari nilai sayatan pada anomali residual ini nantinya akan menjadi inputan *Grav2DC*, dan hasil dari pengolahan dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7.



Gambar 6. Hasil *Grav2DC Upward continuation*



Gambar 7. Hasil *Grav2DC* polinomial orde 4

Hasil pengolahan *Grav2DC* menunjukkan struktur batuan yang menyusun pada daerah penyayatan. Dalam pengolahan *Grav2DC* ini akan muncul poligon-poligon yang menunjukkan densitas rata-rata dari setiap daerah penelitian. Apabila nilai densitas rata-rata bernilai positif maka nilai tersebut ditambah dengan nilai densitas rata-rata pada penelitian gravitasi ini. Dan sebaliknya jika nilai densitas rata-rata bernilai negatif maka nilai tersebut dikurangi dengan nilai densitas rata-rata pada penelitian. Nilai densitas rata-rata dari penelitian adalah $2,314 \text{ gr/cm}^3$.

Pada hasil *Grav2DC* yang ditunjukkan pada gambar 6 dengan metode *upward continuation* didapatkan error minimum sebesar 2.22% dengan nilai kontras densitas pada masing-masing poligon antara lain :

$$\Delta\rho = 0,100 \text{ atau batuan dengan densitas } 2,414 \text{ gr/cm}^3 \text{ (sandstones)}$$

$$\Delta\rho = 1,100 \text{ atau batuan dengan densitas } 3,414 \text{ gr/cm}^3 \text{ (eclogite)}$$

$$\Delta\rho = 1,700 \text{ atau batuan dengan densitas } 4,014 \text{ gr/cm}^3 \text{ (Zinblend)}$$

Sedangkan untuk hasil *Grav2DC* dengan input dari metode pembandingan dengan polinomial orde 4 didapatkan nilai *error* 1,85% dengan nilai kontras densitas pada masing-masing poligon antara lain:

$$\Delta\rho = 0,100 \text{ atau batuan dengan densitas } 2,414 \text{ gr/cm}^3 \text{ (sandstones)}$$

$$\Delta\rho = 1,1264 \text{ atau batuan dengan densitas } 3,4404 \text{ gr/cm}^3 \text{ (eclogite)}$$

$$\Delta\rho = 1,910 \text{ atau batuan dengan densitas } 4,224 \text{ gr/cm}^3 \text{ (Zinblend)}$$

Dari pengolahan dengan *Grav2DC* didapatkan nilai dari beberapa densitas batuan berbeda, walaupun ada beberapa nilai densitas batuan yang hampir sama. Tetapi pola poligon yang dibentukpun hampir sama diantara keduanya. Perbedaan densitas batuan ini terjadi disebabkan karena nilai dari anomali residual yang tidak benar-benar sama persis antara hasil pemisahan dengan metode polinomial orde 4 dengan metode kontinuitas ke atas. Sehingga nilai dari perbandingan dari kedua pemisahan ini berbeda. Akan tetapi nilai error minimum yang diperoleh dengan metode polinomial orde 4 lebih kecil dari pada nilai error minimum yang didapatkan pada metode *upward continuation* (kontinuitas ke atas).

Pada penelitian ini juga dilakukan pengujian dari beberapa data penelitian gravitasi. Dari pengujian dapat disimpulkan bahwa pada data penelitian yang mempunyai pola sebaran data berbentuk datar dan mempunyai deviasi yang kecil, maka metode *moving average* sesuai untuk melakukan pemisahan anomali regional-residual. Sedangkan pada sebaran data yang memiliki pola tidak datar dan mempunyai deviasi nilai gravitasi yang bervariasi, maka metode yang sesuai adalah metode polinomial atau inversi. Pada metode polinomial penentuan orde dilakukan dengan melihat bentuk pola sebaran data pada bidang.

KESIMPULAN

Pembuatan program komputer dapat disimpulkan metode *moving average* digunakan pada data yang mempunyai sebaran data penelitian yang datar dengan deviasi nilai anomali Bouguer yang kecil, sedangkan untuk metode polinomial dan inversi dapat digunakan untuk pemisahan anomali regional-residual pada sebaran data yang tidak datar dengan deviasi nilai anomali Bouguer yang bervariasi. Pada metode polinomial penentuan orde dilihat pada pola sebaran data yang terbentuk pada bidang datar. Hasil pembandingan dari masing-masing program dapat disimpulkan bahwa metode yang sesuai untuk pemisahan anomali regional-residual adalah dengan metode polinomial orde 4. Hasil interpretasi pemisahan anomali regional-residual dengan *Grav2DC*, dengan densitas rata-rata 2,314 gr/cm³.

Metode polinomial orde 4 didapatkan error 2.22 % dengan nilai kontras densitas pada masing-masing poligon antara lain :

$$\Delta\rho = 0,100 \text{ atau batuan dengan densitas } 2,414 \text{ gr/cm}^3 \text{ (sandstones)}$$

$$\Delta\rho = 1,100 \text{ atau batuan dengan densitas } 3,414 \text{ gr/cm}^3 \text{ (eclogite)}$$

$\Delta\rho = 1,700$ atau batuan dengan densitas $4,014 \text{ gr/cm}^3$ (*Zinblend*)
 Metode *Upward Continuation* error 1,85% dengan nilai kontras densitas pada masing-masing poligon antara lain :

$\Delta\rho = 0,100$ atau batuan dengan densitas $2,414 \text{ gr/cm}^3$ (*sandstones*)

$\Delta\rho = 1,1264$ atau batuan dengan densitas $3,4404 \text{ gr/cm}^3$ (*eclogite*)

$\Delta\rho = 1,910$ atau batuan dengan densitas $4,224 \text{ gr/cm}^3$ (*Zinblend*)

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Santoso, Djoko. 2002. *Pengantar Teknik Geofisika*. Bandung: ITB.
- 2 Abdelrahman. 1996. Shape and depth solutions from moving average residual gravity anomalies. *Egypt: Journal of Applied Geophysics*, Vol. 36, pp.89–95.
- 3 Setyanta et. al. 2010. Delineasi Cekungan Sedimen Sumatra Selatan Berdasarkan Analisis Data Gaya Berat. *Bandung: Geo-Sciences* Vol.20 No.2, pp.93-106.
- 4 Jeffrey. 1992. The Filtering Characteristic of Least-squares Polinomial Approximation for Regional/Residual Separation, *Canada: Journal of Exploration Geophysics*, Vol. 28, pp.71–80.
- 5 Menke, W. 1989. *Geophysical Data Analysis, Discrete Inverse Theory* : Academic Press.
- 6 Hasria. 2011. Aplikasi Software Grav2Dc dalam Interpretasi Data Anomali Medan Gravitasi. *Jurnal Aplikasi Fisika* Vol 7 No.1. Fisika FMIPA: Universitas Haluleo.
- 7 Telford, M.W., Geldart, L.P., Sheriff, R.E . 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. New York : Cambridge University Press.7.