

ANALISIS ZONA MINERALISASI EMAS DENGAN METODE DERIVATIVE DAN PEMODELAN 3D ANOMALI GAYABERAT, STUDI KASUS: PONGKOR, JAWA BARAT

A. Zaenudin^{1*}, G.R. Pambudi¹ M. Sarkowi¹ dan R.Z. Sinambela¹

¹ Teknik Geofisika, Universitas Lampung, Lampung
Corresponding author: ahmad.zaenudin@eng.unila.ac.id

ABSTRAK: Zonasi mineralisasi emas dapat dilakukan berdasarkan pemodelan kontras densitas bawah permukaan dari anomali gayaberat. Dimana zona mineralisasi emas berupa jalur mineralisasi dari endapan epitermal yang ditandai dengan adanya endapan mineral kuarsa yang membentuk sistem berurat (*vein*) di bawah permukaan. Pada penelitian ini, analisis terhadap data gayaberat menggunakan metode *Second Vertical Derivative* (SVD) dan pemodelan 2D dan 3D yang digunakan untuk mengidentifikasi sesar sebagai zona prospek mineral emas. Data gayaberat residual dapat menunjukkan pola anomali gayaberat antara -3,2 – 2,8 mGal. Analisis *Derivative* terhadap data gayaberat residual dapat mengidentifikasi dengan baik pola-pola sesar dimana sesar ditunjukkan oleh kontur SVD sama dengan nol. Pola-pola sesar dari SVD identik dengan pola sesar dari pemetaan geologi. Model 2D dan 3D menunjukkan model densitas sebesar 2,00 gr/cc – 2,67 gr/cc dan pola struktur sesar hingga kedalaman 1500 m. Pola perlapisan terdiri dari batuan sedimen (*clay* dan *sandstone*) dengan densitas 2,20 gr/cc – 2,30 gr/cc berumur Pliosen Tersier atau Miosen Akhir, batuan tuff dengan densitas 2,40 gr/cc – 2,60 g/cc berumur Miosen Awal dan batuan dasar (*basement*) berupa batuan andesit dengan densitas 2,67 gr/cc. Zona mineralisasi emas berasosiasi dengan batuan Tuff pada kedalaman yang relatif dangkal (< 500 m). Hasil-hasil ini memperkuat dugaan bahwa prospek mineralisasi emas di Pongkor, Jawa Barat ini bertipe endapan epitermal sulfidasi rendah, dimana sesar merupakan struktur pengontrol mineralisasi tersebut.

Kata Kunci: gayaberat, SVD, sesar, zona mineralisasi emas

ABSTRACT: Identification of the gold mineralization zone can be performed based on the modeling of subsurface density contrast from gravity anomalies. The presence of gold mineralization in this area is characterized by the existence of quartz mineral deposits, which form a subsurface vein system. In this study, analysis of gravity data has been performed using the derivative analysis, which is *Second Vertical Derivative* (SVD) and 3D inverse modeling, to confirm and identify subsurface geometry of fault as a gold mineralization prospect. Residual gravity data show gravity anomaly patterns of -3.2 - 2.8 mGal. Derivative analysis of residual gravity data can identify well the fault location indicated by the SVD contour is equal to zero, which are identical to the geological mapping fault pattern. The two and three-dimensional modeling show a density of 2 g/cc - 2.67 g/cc and the occurrence of fault at a maximum depth of 1500 m. From interpretation, this area consists of Tertiary or Late Miocene sedimentary rocks (*clay* and *sandstone*) with a density of 2.2 g/cc - 2.3 g/cc, Early Miocene Tuff rocks with a density of 2.4 g/cc - 2.6 g/cc and basement in the form of andesite rocks with a density of 2.67 g/cc. The gold mineralized zone is associated with Tuff rocks at relatively shallow depths (< 500 m). These results confirm that the prospect of gold mineralization in Pongkor, West Java is low sulfidation epithermal deposits type, where the fault is the primary structure that controlling the mineralization in this area.

Keywords: gravity, SVD, fault, gold mineralization

PENDAHULUAN

Daerah prospek mineralisasi emas pada umumnya berada pada busur magmatik dan vulkanik. Secara umum,

lingkungan pengendapan berasosiasi dengan struktur patahan dan batuan intrusif (Hoschke, 2011). Lingkungan pengendapan emas epitermal sulfidasi rendah merupakan lingkungan yang terbentuk dari

proses dilatasi fluida hidrotermal pada kedalaman 1-2 km dan suhu antara 150-300⁰ C (White dan Hedenquist, 1995), dimana fluida hidrotermal didominasi oleh air meteorik dan gas reaktif (Hedenquist dan Lowestern, 1996). Lingkungan pengendapan ini juga dicirikan oleh ragam mineral inti seperti pirit, spalerit, galena, dan arsenopirit, *wall rock* berupa mineral lempung dan klorit, serta *gangue* yang terdiri atas karbonat, lempung dan mineral kuarsa dalam formasi urat (Corbett, 2002).

Proses kenaikan fluida hidrotermal dari magma menuju permukaan akibat adanya perubahan tekanan dan temperatur mengakibatkan perubahan komposisi dan dapat menghancurkan batuan yang dilewatinya sehingga menghasilkan urat-urat (*vein*) yang menjadi tempat endapan mineral emas. Zona hancuran dan vein ini akan memiliki kontras sifat fisika yang berbeda dengan lingkungannya, misalnya densitas, suseptibilitas magnet dan resistivitas.

Metode gayaberat merupakan salah satu metode medan potensial yang mampu mengukur nilai densitas suatu material yang ada di dalam bumi. Dalam eksplorasi di lingkungan pengendapan emas epitermal sulfidasi rendah, metode ini berperan dalam memetakan zona struktur, zona alterasi dan intrusi yang menjadi penyebab terbentuknya lingkungan pengendapan emas epitermal sulfidasi rendah (Hoscke, 2011). Dalam penelitian ini, keberadaan struktur, posisi dan jenis sesar diidentifikasi berdasarkan respon dari anomali Bouguer, analisis *derivative* juga pemodelan 2D dan 3D anomali residual Bouguer. Analisis *derivative* yang digunakan ialah metode *Second Vertical Derivative* (SVD).

Penerapan metode gayaberat untuk menzonasi mineral sulfidasi emas akan diterapkan pada data magnetic di daerah Pongkor, Jawa Barat (Gambar 1). Secara umum, daerah penelitian berada pada daerah pegunungan dengan ketinggian berkisar antara 300 meter sampai 900 meter dpl.

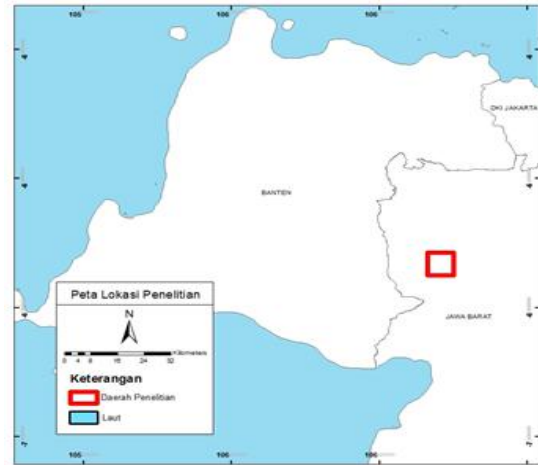
Pada daerah penelitian pada dasarnya hanya terdapat dua kelompok batuan yaitu batuan beku dan batuan sedimen. Gunung Pongkor sendiri tersusun atas batuan yang berumur Miosen hingga Tersier pada bagian Tengah (Gambar 2). Pada bagian Barat Daya tersusun atas batuan dengan umur Pliosen Tersier, sedangkan bagian Utara tersusun atas batuan dengan umur Plestosen dan Holosen Kuarter (Milesi, 1994 dalam Faeyumi, 2012).

METODE PENELITIAN

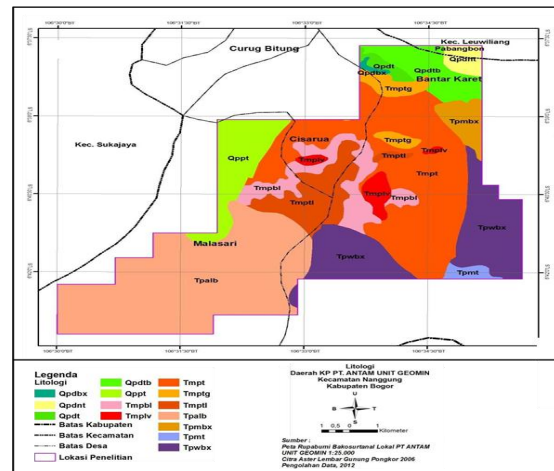
Data utama yang digunakan pada penelitian ini adalah data pengukuran gayaberat sebanyak 1132 titik

yang diperoleh dari PT. Antam (Persero) dan Peta geologi regional Lembar Bogor.

Langkah pertama pada penelitian ini dilakukan dengan membuat Peta Anomali Bouguer Lengkap (ABL). Data anomali gayaberat (Anomali Bouguer) selanjutnya difilter menggunakan metode *moving average* sehingga didapatkan pola anomali lokal dan anomali regional. Gambar 1 menunjukkan peta lokasi UPBE Pongkor PT. Antam, TBK dan Gambar 2 menunjukkan peta litologi.



Gambar 1. Peta lokasi UPBE Pongkor PT. Antam, Tbk



Gambar 2. Peta litologi (Faeyumi, 2012)

Metode *moving average* dipilih untuk digunakan berdasarkan analisis pada data penelitian yang mempunyai sebaran data yang relatif datar dengan penyimpangan nilai anomali Bouguer yang kecil. Metode ini dilakukan dengan cara merata-ratakan nilai anomalnya (Purnomo, dkk, 2013). Sebelum proses *filtering*, dilakukan analisis spektrum untuk mendapatkan estimasi lebar jendela untuk *filtering*. Selain lebar jendela, analisis spektrum dilakukan untuk mendapatkan perkiraan kedalaman sumber anomali yang

dijadikan acuan dalam melakukan proses pemodelan tiga dimensi.

Setelah mendapatkan pola anomali lokal, dilakukan pemodelan ke depan 2 dimensi (*2D forward modeling*) dan pemodelan inversi 3D (*3D inversion modeling*) untuk mengidentifikasi pola struktur dan konfigurasi bawah permukaan. Dalam melakukan pemodelan 2D dilakukan analisis turunan tegak kedua (*Second Vertical Derivative, SVD*) untuk menentukan struktur sesar yang ada. Metode SVD digunakan untuk membantu interpretasi jenis struktur terhadap data anomali Bouguer yang diakibatkan oleh adanya struktur sesar turun atau sesar naik (Sarkowi, 2010). SVD bersifat sebagai *high pass filter*, sehingga dapat menggambarkan anomali residual yang berasosiasi dengan struktur dangkal yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis sesar turun atau sesar naik.

Analisis Spektrum

Analisis spektrum bertujuan untuk memperkirakan kedalaman suatu benda anomali gayaberat di bawah permukaan. Metode analisis spektrum memanfaatkan Transformasi Fourier untuk mengubah suatu fungsi dalam jarak atau waktu menjadi suatu fungsi dalam bilangan gelombang atau frekuensi (Blakely, 1995).

Untuk mendapatkan data anomali Bouguer dalam domain bilangan gelombang, nilai anomali Bouguer dengan domain spasial harus ditransformasikan terlebih dahulu dengan menggunakan transformasi Fourier (FFT).

Hasil dari transformasi ini akan berupa spektrum amplitudo dan spektrum fasa sehingga dapat memperkirakan kedalaman dengan mengestimasi nilai bilangan gelombang (k) dan amplitudo (A) yang dapat digunakan untuk menghitung lebar jendela *filter* yang selanjutnya dijadikan sebagai input data dalam proses *filtering*, pemisahan anomali regional, dan anomali residual. Blakey (1995) menurunkan spektrum dari potensial gayaberat yang teramati pada suatu bidang horizontal.

$$A = C e^{|k|(z_0 - z)} \quad (1)$$

Dengan A adalah Amplitudo dan C adalah konstanta. Selanjutnya dengan melogaritmakan hasil Transformasi Fourier tersebut di atas, maka akan diperoleh hubungan antara amplitudo (A) dengan bilangan gelombang (k) dan kedalaman ($z_0 - z$)

$$\ln A = (z_0 - z)|k| \quad (2)$$

Kemudian dari hubungan itu pula, dengan menggunakan metode *least square*, maka estimasi kedalaman anomali adalah gradien dari masing - masing

grafik spektrum pada tiap lintasan. Hubungan panjang gelombang (λ) dengan k diperoleh dari persamaan Blakely (1995):

$$k = 2\pi/\lambda \quad (3)$$

$$\lambda = n.\Delta x \quad (4)$$

Dengan n adalah lebar jendela. Maka didapatkan estimasi lebar jendela yaitu

$$n = \lambda/\Delta x = 2\pi/k\Delta x \quad (5)$$

Nilai Log natural (\ln) amplitudo dari anomali akan diplotkan pada bilangan gelombangnya ($\ln A$ terhadap k). Grafik tersebut akan memperlihatkan dua tren anomali yang berpotongan. Tren anomali dengan k bernilai besar merupakan zona anomali lokal, sedangkan zona regional direpresentasikan dengan k bernilai kecil. Bilangan gelombang k pada perpotongan tersebut dinamakan k_c (*k cutoff*) untuk menentukan lebar jendela n .

Frekuensi rendah yang berasosiasi dengan panjang gelombang panjang mengindikasikan daerah regional yang mewakili struktur dalam dan luas. Sedangkan sebaliknya, frekuensi tinggi yang berasosiasi dengan panjang gelombang pendek mengindikasikan daerah residual (lokal) yang mewakili struktur dangkal dan umumnya frekuensi sangat tinggi menunjukkan *noise* yang diakibatkan kesalahan pengukuran, kesalahan digitasi, dan lain-lain. Setelah itu estimasi kedalaman dapat dilakukan dengan membuat regresi linier pada zona regional dan residual.

Analisis Derivative

Metode SVD (*Second Vertical Derivative*) dapat digunakan untuk membantu interpretasi jenis struktur terhadap data anomali Bouguer. Ide dari metode ini adalah mengambil nilai turunan kedua dari anomali Bouguer sama dengan nol sebagai kontak dari kontras densitas antar dua lapisan batuan, dalam hal ini kontak tersebut dapat dikatakan sebagai struktur sesar ataupun intrusi (Sarkowi, 2010).

Analisis SVD bersifat sebagai *high pass filter*, sehingga dapat menggambarkan anomali residual yang berasosiasi dengan struktur dangkal yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis sesar turun atau sesar naik. Perhitungan SVD diturunkan langsung dari Persamaan Laplace untuk anomali gayaberat di permukaan. Menurut Sarkowi (2010) menyatakan bahwa kriteria untuk menentukan jenis struktur sesar adalah sebagai berikut:

Untuk sesar normal berlaku:

$$\left(\frac{\delta^2 \Delta g}{\delta z^2}\right)_{maks} > \left|\left(\frac{\delta^2 \Delta g}{\delta z^2}\right)_{min}\right| \quad (6)$$

Untuk sesar naik berlaku

$$:\left(\frac{\delta^2 \Delta g}{\delta z^2}\right)_{maks} < \left|\left(\frac{\delta^2 \Delta g}{\delta z^2}\right)_{min}\right| \quad (7)$$

Peta kontur SVD dibuat berdasarkan prinsip dasar dan teknik perhitungan yang telah dijelaskan oleh Henderson & Zietz (1949), Elkins (1951), dan Rosenbach (1953).

Pemodelan Bawah Permukaan

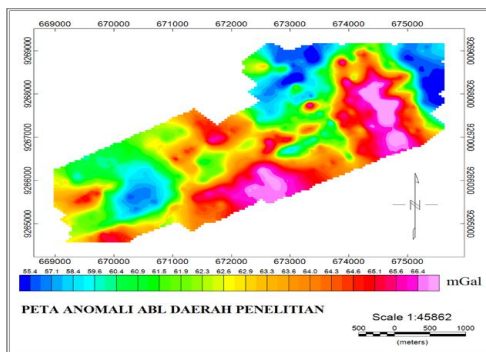
Ada dua metode pemodelan bawah permukaan yang dipakai pada penelitian kali ini, yaitu pemodelan maju atau *Forward Modeling* dan pemodelan inversi atau *Inverse Modeling*. *Forward Modeling* merupakan proses perhitungan data dari hasil teori yang akan teramati di permukaan bumi jika parameter model diketahui. Pada saat melakukan interpretasi, dicari model yang menghasilkan respon yang cocok dan fit dengan data pengamatan atau data lapangan, sehingga diharapkan kondisi model itu bisa mewakili atau mendekati keadaan sebenarnya. Seringkali istilah *forward modeling* digunakan untuk proses *trial and error*. Diharapkan dari proses ini diperoleh model yang cocok responnya dengan data (Grandis, 2009).

Pemodelan inversi dilakukan dengan cara suatu model dihasilkan langsung dari data. Pemodelan jenis ini sering disebut data *fitting* karena proses di dalamnya merupakan pencarian parameter model yang menghasilkan respon yang cocok dengan data pengamatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Anomali Bouguer Lengkap (Abl)

Peta kontur ABL ini ialah peta yang di buat berdasarkan nilai anomali pada tiap-tiap stasiun pengukuran di daerah penelitian yang telah terkoreksi (Gambar3).



Gambar 3. Peta kontur anomali Bouguer Lengkap

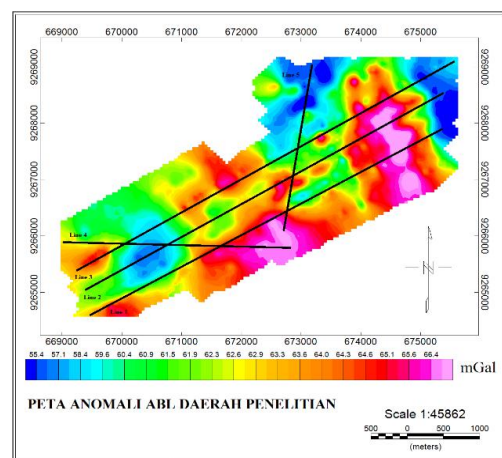
Peta kontur ABL pada Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai anomali berkisar antara 55,4 mGal hingga 66,4 mGal. Persebaran nilai anomali terlihat tidak merata, namun terdapat beberapa daerah yang memiliki nilai anomali yang sangat rendah, yaitu pada daerah yang berwarna biru muda hingga biru tua.

Perbedaan nilai-nilai kontur tersebut dapat disebabkan oleh pengaruh densitas batuan penyusun dan struktur di daerah tersebut. Nilai anomali tinggi diperkirakan berasal dari batuan yang memiliki densitas tinggi, sedangkan nilai anomali rendah diperkirakan berasal dari batuan yang memiliki densitas lebih rendah dibanding densitas sekitarnya. Selain itu dapat juga dikarenakan keberadaan struktur sesar di daerah tersebut sehingga mengakibatkan adanya tinggian dan rendahan di bawah permukaan yang mengakibatkan kontras densitas.

Berdasarkan peta geologi daerah penelitian yang telah dipelajari, daerah penelitian ini terdiri dari satuan batuan tuff, satuan batuan andesit (intrusi dan lava), satuan batuan breksi tuf dan satuan batuan breksi andesit. Interpretasi pada peta anomali Bouguer hanya dapat memberikan dugaan sementara, sebab pada peta anomali Bouguer masih merupakan gabungan dari anomali regional dan anomali residual sehingga dapat menimbulkan ambiguitas pada saat interpretasi. Oleh sebab itu, untuk mengurangi ambiguitas tersebut anomali regional dan residual perlu dipisahkan dengan menggunakan *filtering* yang sebelumnya dilakukan terlebih dahulu proses analisis spektrum.

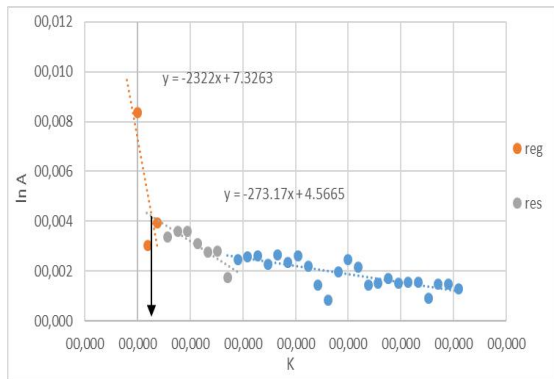
Analisis Spektrum

Analisis spektrum dilakukan pada data Anomali Bouguer yaitu sebanyak 5 penampang lintasaan mulai dari lintasan Line-1 sampai dengan Line-5 seperti terlihat pada Gambar 4.

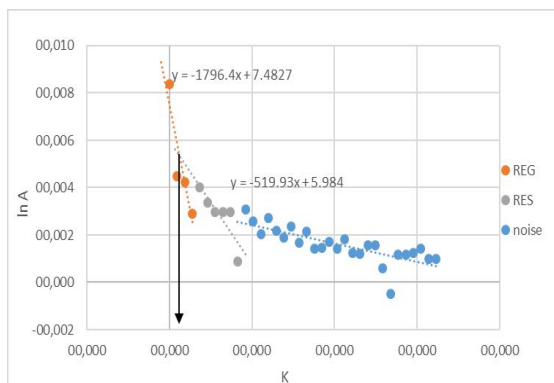


Gambar 4. Lintasan slice analisis spektrum pada peta kontur Anomali Bouguer lengkap

Nilai ABL pada lima garis *slice* tersebut di analisis menggunakan analisis spektrum dengan proses transformasi Fourier yang selanjutnya mendapatkan nilai bilangan gelombang (k) dan amplitudo (A). Nilai k dan $\ln A$ ini kemudian dibuat kurva yang merupakan hasil analisis spektrum untuk mengestimasi kedalaman regional dan residual yang di dapatkan dari gradien kurva analisis spectrum dengan Microsoft Excel. untuk proses pembuatan grafik serta perhitungan estimasi lebar jendela (Gambar 5 dan Gambar 6).



Gambar 5. Contoh hasil analisis spektrum pada Line 1



Gambar 6. Contoh hasil analisis spektrum pada Line 2

Tabel 1. Hasil analisis spektrum

| Line | Depth Est. (m) | | k cut off | Windows |
|------|----------------|--------|-------------|---------|
| | reg | res | | |
| 1 | 2322 | 273.17 | 0.001347 | 46.65 |
| 2 | 1796.4 | 519.93 | 0.001174 | 53.52 |
| 3 | 1276.9 | 502.33 | 0.001773 | 35.45 |
| 4 | 931.84 | 177.84 | 0.005099 | 12.32 |
| 5 | 784.09 | 149.83 | 0.003716 | 16.91 |
| Avg. | 1328.2 | 297.82 | | 29.9 |

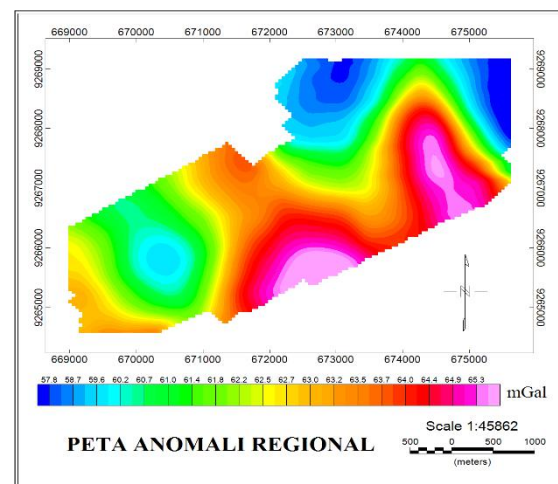
Pada Tabel 1 memperlihatkan hasil analisis spektrum dari semua lintasan dengan nilai kedalaman rata-rata

anomali regional adalah 1328,2 m di bawah permukaan, sedangkan untuk kedalaman anomali residualnya adalah 297,82 m. Analisis spektrum ini dapat digunakan untuk mengetahui kedalaman batuan dasar (*basement*) di daerah pengukuran.

Kedalaman anomali regional diasumsikan sebagai rata-rata kedalaman dari batuan dasar (*basement*) yang materialnya lebih padat, biasanya berupa batuan beku sehingga memiliki nilai anomali yang berbeda. Sedangkan kedalaman anomali residual diasumsikan sebagai bidang batas antara batuan dasar (*basement*) dengan sedimen penutupnya. Kemudian nilai estimasi lebar jendela hasil perhitungan nilai rata-rata lebar jendela pada semua lintasan menunjukkan nilai n adalah 29,90.

Anomali Regional

Pola anomali lokal yang dihasilkan memiliki rentang anomali antara -57,8 mGal hingga 65,3 mGal, seperti terlihat pada Gambar 7.



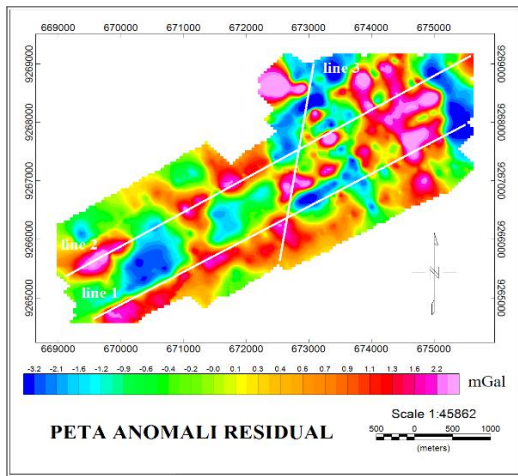
Gambar 7. Peta anomali regional

Dari gambar tersebut terlihat bentuk kontur yang relatif *smooth* dan teratur yang dianalisis disebabkan oleh densitas batuan regional yang relatif homogen. Nilai anomali rendah ini dapat diasosiasikan sebagai batuan dengan densitas yang rendah pada kedalaman yang dalam. Sedangkan nilai anomali gayaberat yang tinggi diduga merupakan batuan asal yang kebanyakan merupakan batuan vulkanik yang terdapat pada daerah penelitian dan memiliki densitas yang relatif lebih tinggi.

Anomali Residual

Pola peta anomali residual pada Gambar 8 secara umum memiliki kesamaan dengan dengan pola peta ABL. Kesamaan tersebut menunjukkan bahwa anomali pada peta ABL berasal dari sumber anomali residual yang di

sebabkan oleh keberadaan struktur sesar yang ada di daerah penelitian.



Gambar 8. Peta kontur anomali residual

Pada gambar peta anomali residual di atas memperlihatkan bahwa nilai anomali berkisar antara -3,2 mGal sampai 2,2 mGal. peta kontur anomali residual memiliki pola anomali gayaberat positif dan negatif yaitu antara 3 – 2 mGal. Pola anomali positif dan negatif ini merupakan salah satu indikasi adanya struktur sesar, yang sekaligus memperkuat pendugaan awal hasil analisis pada peta ABL. Persebaran nilai anomali tinggi terlihat lebih dominan daripada anomali rendahnya, kemungkinan daerah dengan nilai anomali yang tinggi ini merupakan aliran lava andesit, sedangkan daerah dengan anomali rendah diperkirakan berhubungan dengan zona ubahan (alterasi) dibawah permukaan. Beberapa nilai anomali tinggi pada peta kontur anomali regional terlihat tidak tampak kembali pada peta kontur anomali residual. Begitu juga sebaliknya. Berdasarkan analisis sementara terlihat banyak daerah yang berpotensi sebagai jalur sesar dibuktikan dengan persebaran anomali yang cukup kontras. Pada penelitian ini, langkah yang digunakan untuk menentukan keberadaan dugaan sesar tersebut adalah dengan melakukan analisis *derivative*.

Analisis Derivative

Pada penelitian ini, peta kontur anomali *Second Vertical Derivative* (SVD) berasal dari data anomali bouguer lengkap, anomali regional, dan anomali residual dengan menggunakan tipe operator Elkins (1951). Tabel 2 menunjukkan *filter* Elkins (1951) yang digunakan.

Tabel 2. *Filter* Elkins

| | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.0000 | -0.0833 | -0.0667 | -0.0833 | 0.0000 |
| -0.0833 | -0.0667 | -0.0334 | -0.0667 | -0.0833 |
| 0.0000 | -0.0334 | 1.0667 | -0.0334 | 0.0000 |
| -0.0833 | -0.0667 | -0.0334 | -0.0667 | -0.0833 |
| 0.0000 | -0.0883 | -0.0667 | -0.0833 | 0.0000 |

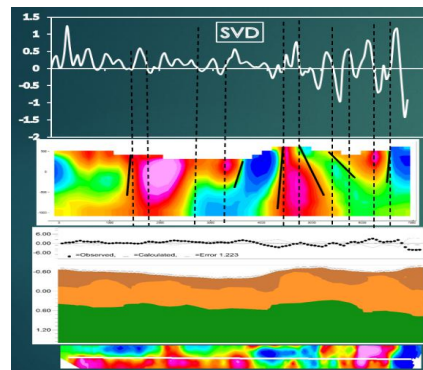
Interpretasi Kuantitatif

Untuk mengarakterisasi kondisi geologi bawah permukaan secara kuantitatif di lakukan teknik pemodelan. Dalam hal ini, model yang di peroleh merupakan representasi geologi bawah permukaan oleh benda anomali berdasarkan parameter-parameter tertentu. Pada penelitian ini, di lakukan teknik pemodelan ke depan (*forward modeling*) dan pemodelan inversi (*inverse modeling*) untuk mendapatkan gambaran struktur bawah permukaan.

Acuan dalam melakukan pemodelan dua dimensi ini adalah estimasi kedalaman berdasarkan analisis spektral, data ketebalan sedimen serta distribusi struktur berdasarkan analisis SVD. Nilai SVD didapatkan dengan melakukan turunan pada anomali yang telah di *slice*, hasil pemodelan maju akan dikorelasikan dengan hasil inversi (*inversion modeling*). Nilai acuan rapat massa (densitas) yang digunakan pada pemodelan dua dimensi berdasarkan pada informasi stratigrafi dan densitas literatur menurut Telford (1990).

2d Forward Modeling

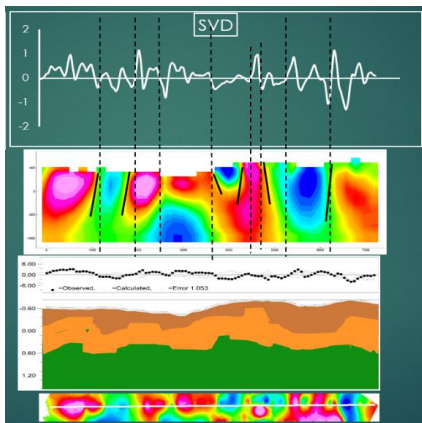
Pemodelan ke depan (*forward modeling*) dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui informasi litologi bawah permukaan, dimana dalam pembuatan pemodelan dua dimensi ini bergantung pada parameter parameter tertentu seperti nilai rapat massa jenis (densitas) batuan, kedalaman dan geometri atau bentuk batuan yang tidak dapat di tentukan secara sembarang tetapi juga di kontrol oleh data geologi. Pemodelan dua dimensi pada slice line 1 ditujukan pada gambar 9.



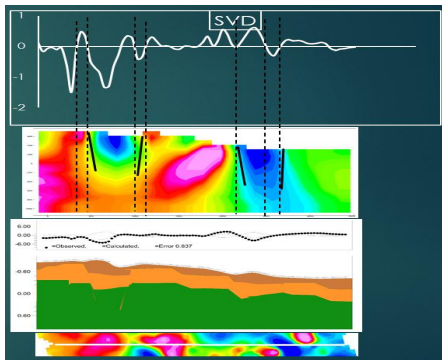
Gambar 9. Pemodelan dua dimensi pada slice line 1

Lintasan *slice* yang di gunakan untuk pemodelan dua dimensi adalah lintasan yang sama pada analisis *derivative*, yaitu sebanyak tiga lintasan, dengan dugaan adanya struktur sesar yang terdapat pada zona dangkal agar hasil pemodelan dua dimensi yang di peroleh dapat di integrasikan dengan hasil analisis *derivative*. Panjang lintasan dari masing-masing *slice* adalah line 1 dengan panjang 6800 m, line 2 panjang 7200 m, dan line 3 panjang 3400 m, dengan kedalaman untuk pemodelan adalah 1500 m.

Pada Gambar 9, *slice* line 1 memperlihatkan kenampakan 2 (dua) lapisan batuan. Pada lapisan paling atas yang merupakan lapisan batuan sedimen *clay* dengan ketebalan hingga sekitar 559 m dan densitas sebesar 2,2 gr/cc yang berdasarkan informasi geologi merupakan bagian dari Formasi Bojong Manik berumur Pliosen Tersier atau Miosen Akhir, Lapisan kedua berumur Miosen Awal merupakan Formasi Cimapag berupa batuan tuff lapili dengan densitas sebesar 2,5 gr/cc dan ketebalan lapisan hingga sekitar 1100 - 1200 m. Lapisan paling bawah adalah batuan dasar (*basement*) berupa batuan andesit dengan densitas sebesar 2,67 gr/cc.



Gambar 10. Pemodelan dua dimensi pada *slice* line 2



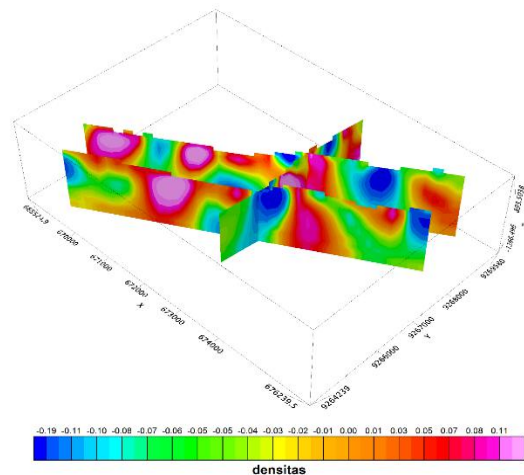
Gambar 11. Pemodelan dua dimensi pada *slice* line 3

Lintasan *slice* line 2 dan line 3, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10 dan Gambar 11 juga menunjukkan hasil pemodelan dengan informasi yang sama pada *slice* line 1. Dimana pada lapisan paling atas dengan ketebalan hingga 296 - 590 m yang merupakan Formasi Bojong Manik berumur Pliosen Tersier atau Miosen Akhir, namun untuk batuan sedimen penutupnya berupa clay dan sandstone dengan densitas sebesar 2,2 gr/cc - 2,3 gr/cc. Lapisan dibawahnya berupa batuan kristal tuff dan tuff dasitik dengan densitas sebesar 2,4 gr/cc - 2,5 gr/cc yang terdapat pada Formasi Cimapag berumur Miosen Awal dan memiliki ketebalan hingga sekitar 600 - 1200 m. Lapisan paling bawah adalah batuan *basement* berupa batuan andesit dengan densitas sebesar 2,67 gr/cc.

Dari ketiga model dua dimensi yang di tunjukkan pada Gambar 9 hingga Gambar 11, di interpretasikan keterdapatan dugaan struktur sesar yang terlihat dari perubahan litologi di sepanjang lintasan *slice* line 1, line 2, line 3. Namun untuk lebih meyakinkan lagi, maka pada penelitian ini dilakukan juga pemodelan inversi tiga dimensi sehingga hasilnya dapat diintegrasikan dengan hasil pemodelan dua dimensi.

Pemodelan Inversi 3D

Hasil pemodelan inversi tiga dimensi dengan menggunakan perangkat lunak *Geosoft Oasis Montaj v.6.4* memperlihatkan target kedalaman mencapai 2000 m dan memiliki nilai densitas sebesar 2,47 gr/cc hingga 2,77 gr/cc yang diperlihatkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Pemodelan tiga dimensi daerah penelitian

Kontras densitas di tunjukkan oleh skala warna, dimana densitas rendah ditandai dengan warna biru tua yaitu 2,47 gr/cc dan densitas tinggi di tandai dengan warna merah muda yaitu 2,81 gr/cc. Pemodelan tiga dimensi ini bertujuan untuk melihat keberadaan sesar yang telah di analisis sebelumnya dan hasilnya akan di

korelasikan dengan hasil analisis *derivative* dan pemodelan dua dimensi.

Berdasarkan hasil pemodelan tiga dimensi, dugaan struktur sesar berada pada zona yang memiliki variasi perbedaan warna yang cukup signifikan dengan perkiraan kedalaman 50 – 1286 m. Daerah sekitar sesar di perkiraan merupakan lapisan batuan tuff dengan densitas 2,4 gr/cc – 2,57 gr/cc.

Pada lintasan *slice* line 1 dan lintasan *slice* line 2 menunjukkan adanya bidang kontak sesar yang di tandai dengan nilai nol pada kurva SVD. Hal ini dibuktikan dengan hasil pemodelan dua dimensi yang memperlihatkan adanya struktur sesar naik dan sesar turun. Pada *slice* line 3 yang merupakan lintasan yang memotong line 1 dan line 2 juga mengonfirmasi dugaan keberadaan struktur sesar tersebut.

Integrasi Hasil Analisis Sesar Dan Zona Mineralisasi Emas

Analisis ini di lakukan dengan mengorelasikan hasil analisis sesar dari data gayaberat dengan data geologi daerah penelitian yang berupa informasi mengenai keadaan geologi termasuk zona mineralisasi emas. Daerah penelitian ini merupakan daerah eksplorasi emas yang secara regional termasuk kedalam bagian dari suatu kompleks gunung api yang menghampar dari tengah hingga selatan daerah Jawa Barat dengan umur batuan Tersier hingga Kuartar. Berdasarkan informasi geologi terdapat beberapa jenis batuan yang mendominasi di daerah penelitian ini, yang juga dikonfirmasi oleh hasil penelitian berdasarkan data gayaberat, yaitu batuan tuff dasitik berumur Miosen, batuan tuff lapili berumur Miosen dan batuan andesit berumur Kuartar yang merupakan batuan paling muda di antara jenis batuan lainnya. Mineralisasi berupa *vein* yang di temukan sebagian besar berada pada tubuh batuan tuff atau blokan lapili (Milesi, 1994).

Berdasarkan informasi geologi di daerah penelitian, *background* dari densitas batuan daerah ini relatif tinggi, yaitu sebesar 2,67 gr/cc yang merupakan batuan vulkanik. Nilai tersebut merupakan rata-rata nilai hasil pengukuran densitas batuan andesit di Laboratorium Geomin dari empat prospek dengan mengambil 10 *sample* dari masing-masing prospek pada daerah IUP (Hafiz, 2013). Keberadaan endapan mineral bijih emas dibawah permukaan akan menimbulkan nilai anomali gayaberat yang semakin besar dan menyebabkan nilai densitasnya semakin besar pula. Hal ini di sebabkan karena tingginya nilai densitas endapan mineral yang berupa mineral kuarsa memiliki nilai densitas rata-rata sebesar 2,65 gr/cc (Telford, 1990).

Dengan asumsi demikian, maka dugaan zona mineralisasi terdapat pada daerah dengan struktur sesar

dan memiliki nilai anomali Bouguer yang tinggi di dalamnya. Hal ini mengindikasikan bahwa adanya struktur sesar yang terisi oleh mineral kuarsa akan memperbesar nilai anomali Bouguer yang terukur oleh pengukuran gayaberat. Dari hasil analisis sesar yang terdiri dari analisis *derivative* dan di dukung oleh gambaran model bawah permukaan, keterdapat sesar yang mengandung mineral kuarsa dapat dilihat pada lintasan *slice* line 1. Nilai anomali Bouguer menunjukkan nilai yang tinggi serta ditandai dengan adanya struktur sesar yang didukung dengan data pada lintasan *slice* line 2 dan *slice* line 3, struktur sesar berada pada nilai anomali Bouguer yang cukup tinggi.

KESIMPULAN

Hasil pemodelan 2D dan 3D menunjukkan tiga lapisan utama hingga kedalaman 1500 m. Terdiri dari batuan sedimen *clay* dan *sandstone*, dengan densitas 2,2 gr/cc – 2,3 gr/cc, batuan tuff dengan densitas 2,4 gr/cc – 2,57 g/cc dan densitas >2,67 gr/cc merupakan batuan dasar (andesit).

Dari analisis *derivative*, pemodelan 2D dan 3D bahwa zona mineralisasi emas berada disekitar sesar yang merupakan zona alterasi dengan nilai anomali Bouguer tinggi dan densitas 2,4 – 2,6 gr/cc yang berasosiasi dengan batuan Tuff berumur Miosen Awal pada kedalaman yang relatif dangkal (<500 m).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Antam, Tbk dan Laboratorium Geomin atas kesempatan untuk dapat melakukan penelitian dan analisis data gayaberat di UPBE Pongkor.

DAFTAR PUSTAKA

- Blakely, R.J. (1996). Potential Theory in Gravity and Magnetic Application. Cambridge: Cambridge University Press.
- Elkins, T.A. (1951). The Second Derivative Method of Gravity Interpretation. Geophysics Journal. v.23. pp 97-127.
- Faeyumi, M. (2012). Sebaran Potensi Emas Epitermal Di Areal Eksploitasi PT Antam Unit Geomin, Tbk Kecamatan Nanggung Kabupaten Bogor. Skripsi. Depok: FMIPA UI.

- Grandis, H. (2009). Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika. Jakarta: Himpunan Ahli Geofisika Indonesia.
- Hafiz, M. R. (2013). Identifikasi dan Lokalisasi Zona Potensial Endapan Mineral Dengan Menggunakan Metode Gaya Berat Pada Daerah Pongkor. Skripsi. Depok: FMIPA UI.
- Henderson, R.G. and Zietz, I. (1949). The Computation of Second Vertical Derivative of Geomagnetic Fields. *Geophysics Journal*. v. 14. hal. 508-516.
- Milesi, J.P. dan Marcoux, E. (1994). Epithermal Gold Deposit in West Java, Indonesia : Geology Age and Crustal Source. Ser. Paleont : Bandung.
- Purnomo, J., Koesoema, S. dan Yunianto, M. (2013). Pemisahan Anomali Regional-Residual pada Metode Gravitasi Menggunakan Metode Moving Average, Polynomial dan Inversion. *Indonesian Journal of Applied Physics*. v.3. hal. 19.
- Rosenbach, O. (1953). A Contribution to The Computation of "Second Derivative" from Gravity Data. *Geophysics Journal*. v.18. hal. 894 - 912.
- Sarkowi, M., (2010). Identifikasi Struktur Daerah Panasbumi Ulubelu Berdasarkan Analisa Data SVD Anomali Bouguer. *Jurnal Sains MIPA*, Vol. 16, No.2, Hal.:111-118.
- Telford, W.M., Goldrat, L.P., dan Sheriff, R.P., (1990). *Applied Geophysics* 2nd ed, Cambridge University Pres, Cambridge.
- Corbett, G., 2002, Epithermal Gold for Explorationists, *AIG Journal – Applied Geoscientific Practice and Research in Australia*, 1 – 26
- Hoschke, T., (2011), *Geophysical Signatures of Copper Gold Porphyry and Epithermal Gold Deposits, and Implications for Exploration*. Tasmania: ARC Centre of Excellence in Ore Deposits
- Hedenquist, W. dan Lowenstern, B, (1994), The Role of Magmass in the Formation of Hydrothermal Ore Deposits, *Nature* (370), 519 – 527
- White, C dan Hedenquist, W, (1995), Appalachian Suspect Terranes, *Geological Society of America*, 33 - 53