



Interpretasi Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Pemodelan Data Gravitasi 3D (Studi Kasus Lapangan Panas Bumi Coso, California)

Bagas Rizki Wibowo[✉], Yatini, Hafiz Hamdalah

Jurusan Teknik Geofisika UPN "Veteran" Yogyakarta
Kampus Pusat, Condongcatur, Yogyakarta 55283

Info Artikel

Diterima Desember 2017
Disetujui Januari 2018
Dipublikasikan Februari
2018

Keywords:

*Struktur Bawah Permukaan,
Pemodelan Data Gravitasi,
Geofisika dan Eksplorasi
Panas Bumi*

Abstrak

Eksplorasi panas bumi membutuhkan pendekatan geologi dan geofisika untuk mengetahui kondisi struktur bawah permukaan sebelum dilakukan pengeboran eksplorasi secara detail. Struktur bawah permukaan yang diketahui terlebih dahulu dapat menginterpretasi kelayakan suatu sistem panasbumi untuk dieksplorasi lebih lanjut. Kondisi tersebut dapat diketahui menggunakan metode geofisika salah satunya adalah metode gravitasi. Penelitian ini dilakukan dengan menginterpretasi struktur bawah permukaan dari visualisasi model 3D data anomali bouguer lengkap di lapangan panas bumi Coso, California. Pengolahan data penelitian ini menggunakan data sekunder berupa anomali bouguer lengkap, yang dilakukan pemodelan inversi dari hasil pemisahan anomali regional dan residual. Pada peta anomali residual terdapat zona sumber panas yang terdelineasi sebagai daerah prospek dengan nilai anomali bouguer sebesar 5 hingga 13 mGal. Pemodelan data gravitasi 3D daerah penelitian menghasilkan densitas dengan nilai 2 hingga 3.3 gr/cc. Hasil interpretasi model gravitasi 3D didapatkan struktur geologi berupa graben yang menunjukkan area prospek sistem panasbumi. Model gravitasi 3D menunjukkan keberadaan sumber panas berada pada kedalaman lebih dari 3000 meter dari permukaan.

PENDAHULUAN

Lapangan Coso terletak di Inyo County, Negara bagian California, Amerika Serikat. Lapangan Coso memiliki sejarah awal eksplorasi di tahun 1977 dan diproduksi pertama kali pada tahun 1981. Lapangan ini memiliki sistem panasbumi high temperature dan fluid-dominated. Reservoir panas bumi daerah ini memiliki banyak rekahan maupun sesar dan didominasi oleh batuan alterasi. Sumber panasbumi pada lapangan ini berada dangkal dengan berasosiasi oleh kantung magma silikat, baturiolit dan basal dari aktivitas vulkanik (Duffield, W.A., 1980).

Hal tersebut membuat lapangan Coso menarik untuk dikaji lebih lanjut. Kajian tersebut berkaitan dengan penentuan model panas bumi bawah permukaan menggunakan data Gravitasi Metode gravitasi merupakan termasuk metode geofisika yang sering digunakan untuk eksplorasi panas bumi di dunia. Metode ini dipilih karena baik untuk mengidentifikasi struktur dari kontras densitas batuan dibawah permukaan. Struktur bawah permukaan diidentifikasi berdasarkan kontras densitas, dimana densitas batuan sedimen lebih rendah dari batuan kristalin. Sehingga secara regional dapat dipetakan mana zona batuan secara umum.

Penelitian ini dilakukan dengan menginterpretasi struktur bawah permukaan dari visualisasi model 3D data anomali bouguer lengkap Data gravitasi dapat digunakan untuk menentukan secara regional dimana letak struktur yang diduga reservoir dari pengolahan data anomali bouguer lengkap.

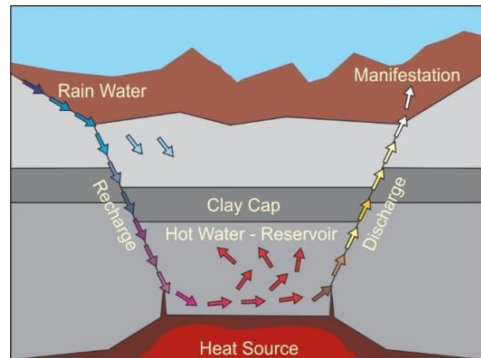
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan model 3D dari data gravitasi. Pengolahan data gravitasi dari anomali bouguer lengkap dilakukan dengan memisahkan anomali regional dan residual sehingga secara kuantitatif didapatkan model 3D.

DASAR TEORI

Hochstein dan Browne (2000) mendefinisikan sistem panasbumi sebagai perpindahan panas secara alami dalam volume tertentu di kerak bumi. Dimana panas

dipindahkan dari sumber panas ke zona pelepasan panas.

Dibawah ini merupakan suatu contoh struktur yang berkembang pada lapangan panas bumi. Pada umumnya struktur yang dicari adalah berupa horst, graben, dan dome di daerah vulkanik. Pada zona graben pada umumnya terbentuk suatu sistem panas bumi seperti dijelaskan pada Gambar 1 di bawah ini.



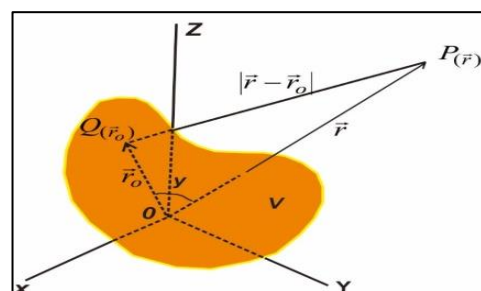
Gambar 1. Sistem panas bumi (Daud, 2012)

Komponen utama pembentuk sistem panasbumi (Dwikorianto dan Ciptadi, 2006) antara lain:

1. Sumber panas
2. Reservoir
3. Clay cap
4. Sirkulasi Fluida

Gaya gravitasi termasuk gaya nonkontak, yaitu gaya yang bekerja tanpa bersentuhan langsung dengan benda. Gaya gravitasi dapat bekerja pada suatu benda apabila benda tersebut berada dalam suatu medan gravitasi. Medan gravitasi adalah ruangan di sekitar benda bermassa yang masih memiliki nilai percepatan gravitasi.

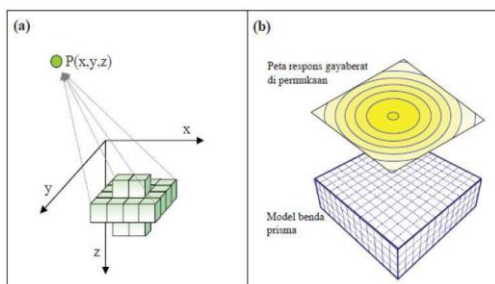
$$\vec{g} = -G \frac{m_1}{r^2} \vec{r} \quad (1)$$



Gambar 2. Potensial gravitasi di Titik P dari Massa 3D (Modifikasi Blakelay, 1949)

Pemodelan inversi (inverse modelling) merupakan kebalikan dari pemodelan ke depan karena dalam pemodelan inversi parameter model diperoleh langsung dari data. Pemodelan inversi pada dasarnya adalah proses mekanisme modifikasi model agar diperoleh kecocokan data perhitungan dan data pengamatan yang lebih baik dilakukan secara otomatis (Rahma, 2012).

Kesesuaian antara respon model dengan data pengamatan umumnya dinyatakan oleh suatu fungsi objektif yang harus diminimumkan. Dalam kalkulus suatu fungsi mencapai minimum jika turunannya terhadap parameter atau variabel yang tidak diketahui bernilai nol. Hal tersebut digunakan untuk memperkirakan parameter model. Secara lebih umum, model dimodifikasi sedemikian hingga respon menjadi sesuai dengan data.



Gambar 3. Contoh Efek Gravitasi 3D (a) Pendekatan benda 3 dimensi oleh sekumpulan blok-blok yang berbentuk prisma segi empat; (b) respons gayaberat di permukaan akibat model benda prisma segi empat (Pirttijarvi, 2008).

Daerah Coso umumnya didominasi oleh *Mesozoic* pluton dan batuan metamorf bawahan. Batuan vulkanik dan batuan sedimen Pliosen dan Pleistosen berada diatas kompleks basement di seluruh daerah, namun lapisan tersebut umumnya memiliki tebal kurang dari beberapa puluh meter. Kontak antara basement dan batuan vulkanik banyak terpapar pada pinggiran dan di dalam lapangan vulkanik, berada menonjol pada *sequence* vulkanik yang tipis (Duffield, W.A., 1980).

Pemaparan di sepanjang patahan normal dari endapan butiran halus muda, endapan Pleistosen atau Holosen akhir di cekungan mengambang menunjukkan peningkatan relatif lanjutan dari rentang waktu Holosen; tingkat

tinggi hingga saat ini Seismisitas mungkin mengindikasikan mengalami uplift.

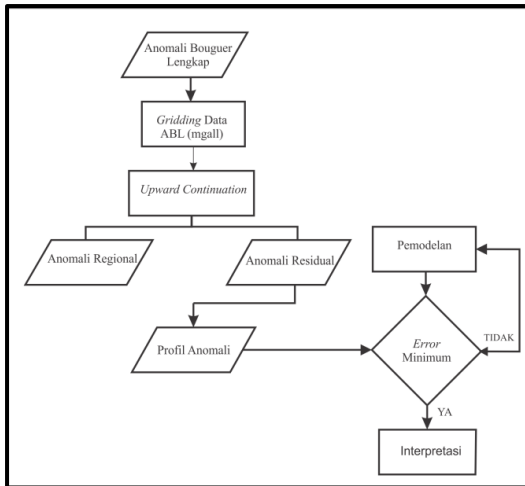
Keadaan dipermukaan dari sistem panas bumi aktif terkonsentrasi pada dan secara langsung di sebelah timur dari bagian tengah bidang riolit Pleistosen .Sebagian besar aktivitas saat ini terbatas pada zona trending timur-timur laut antara Gunung Sugarloaf dan Coso Hot Springs. Zona ini ditandai secara geofisika oleh nilai yang rendah serta kontras telah dipetakan sebagai patahan. Tren timur timur laut sejajar dengan beberapa solusi lateral, strike-slip, sesar mendatar kiri.

METODE EKSPERIMEN

Data penelitian berada di daerah panas bumi Coso (**Gambar 1.1**). Secara administrasi daerah panas bumi Coso berada pada , Inyo County, Negara bagian California, Amerika Serikat. Daerah gravitasi yang diteliti memiliki luasan kapling kurang lebih sekitar 40 km x 30 km. Secara geografis lapangan Coso terletak pada lintang 36.03 ° N dan bujur 117.82 ° W dengan ketinggian maksimum sekitar 2400 m. Daerah ini terletak dengan kota yang terdekat ialah Olancho, Pearsonville, California.

Pengumpulan data dari *download* di internet milik departemen energi Amerika Serikat. Data dipilih dari website yang mempublikasikan data gravitasi. Website yang digunakan adalah <https://catalog.data.gov>, situs tersebut mengumpulkan berbagai data dari berbagai bidang yang dipublikasikan oleh departemen energi Amerika Serikat.

Pengolahan data gravitasi lapangan Coso diawali dengan mempersiapkan data yang berupa koordinat titik x dan y. Data yang didapat dalam format *.xls yang sudah diolah oleh "Sandia National Laboratories" hingga Anomali bouguer lengkap mGal. Dari informasi yang didapatkan oleh penulis data tersebut merupakan hasil pengukuran menggunakan alat Gravimeter Scintrex Model CG3M. Titik data anomali bouguer lengkap pada format *.xls sebanyak 103 titik.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

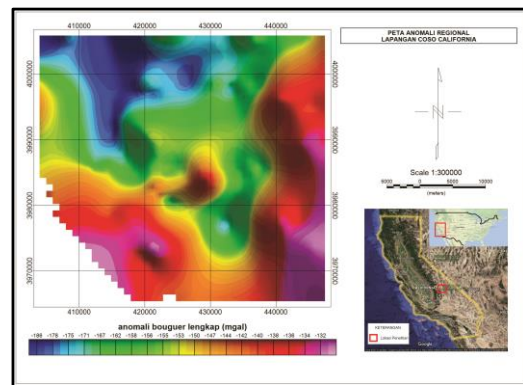
Data anomali bouguer dilakukan *gridding* menggunakan *software geosoft oasis montaj* dengan metode statistik *kriging*. Proses tersebut menghasilkan peta anomali bouguer lengkap. Melakukan pengolahan *upward continuation* untuk menganalisa kedalaman dengan memisahkan anomali regional dan residual. Proses tersebut nantinya digunakan untuk acuan kedalaman pada pembuatan model.

Pada pembuatan Model 3D menggunakan *grablox* data yang digunakan adalah anomali residual dengan memasukan kedalaman dari acuan pemisahan anomali. Dilakukan pemodelan 3D memakai cara inversi *occam* pada *software grablox*. Bila mana model sudah mendapatkan nilai *error minimum* maka proses selanjutnya dapat dilakukan interpretasi. Interpretasi model gravitasi 3D dilakukan pada *software Golden software Voxler*. Interpretasi pada *software* dilakukan dengan mengetahui kondisi geologi daerah penelitian. Dimana pada suatu lapangan umumnya dicari suatu *graben* yang mana struktur tersebut dapat menjadi *recharge* dan *discharge area*. Dengan diketahuinya struktur tersebut maka dapat mendeleniasi daerah penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

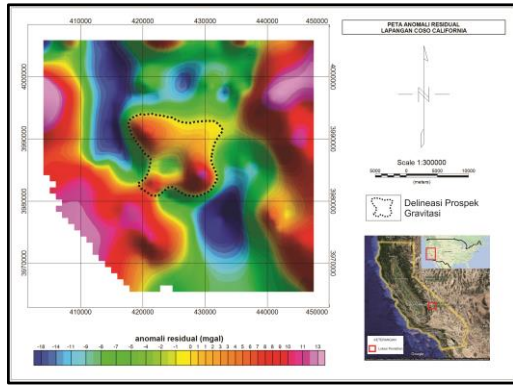
Data gravitasi yang telah diunduh dilakukan *grid* untuk dibuat peta anomali bouguer lengkap daerah penelitian yang ditunjukkan pada **Gambar 4**. Hasil dari peta

anomali bouguer lengkap menunjukkan pola sebaran percepatan gravitasi yang telah dikoreksi. Anomali Bouguer lengkap lapangan tersebut memiliki nilai dengan rentang -185 hingga 132 mGal. Secara kuantitatif nilai anomali bouguer lengkap tinggi sebesar -150 hingga -128 mGal, nilai anomali bouguer lengkap sedang sekitar -165 hingga -150 mGal dan nilai anomali bouguer lengkap rendah sekitar -185 hingga -165 mGal. Peta anomali bouguer lengkap tersebut masih bersifat anomali regional dan residual dikarenakan sehingga untuk melanjutkan proses interpretasi perlu dilakukan langkah lebih lanjut.



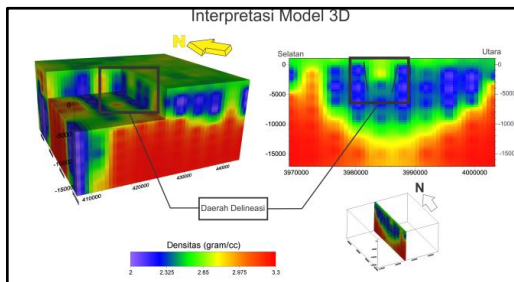
Gambar 5. Pola Anomali Bouguer Lengkap Coso

Interpretasi data gravitasi selanjutnya yaitu peta anomali residual, ditunjukkan pada **Gambar 5** ini didapatkan dari pengurangan anomali bouguer lengkap dengan anomali regional. Anomali residual yang tinggi memiliki nilai 3 hingga 13 mGal, anomali tersebut ditunjukkan oleh warna oranye hingga ungu. Kemudian anomali residual berwarna hijau muda hingga kuning merupakan nilai yang sedang, memiliki nilai sekitar -5 hingga hingga 3 mGal. Anomali residual rendah ditunjukkan dengan warna biru tua hingga hijau tua, nilai tersebut berkisar dari -18 hingga -5 mGal.



Gambar 6. Peta anomali residual

Secara kualitatif nilai yang sangat tinggi ditunjukkan dengan warna ungu diinterpretasikan sebagai granit *pre cenozoic* yang berasosiasi oleh batuan metamorf daerah penelitian. Kemudian warna merah ditunjukkan sebagai batu basal, dan warna kuning diinterpretasikan sebagai dome dari riolit. Warna hijau diinterpretasikan sebagai batuan sedimen. Warna biru hingga biru tua diinterpretasikan sebagai endapan alluvial di daerah penelitian. Pada peta ini dapat diinterpretasikan struktur dengan petunjuk geologi permukaan.



Gambar 7. Model 3D

Interpretasi secara kualitatif dari model 3D densitas pada Gambar 5.9, didapatkan struktur geologi berupa graben yang menunjukkan area prospek sistem panasbumi. Model gravitasi 3D menunjukkan keberadaan sumber panas berada pada kedalaman lebih dari 3000 meter dari permukaan. Karena kontras disekitarnya maka struktur diantara dome riolite tersebut diduga dapat sebagai zona *recharge* sehingga air meteorit dapat masuk kebawah permukaan.

SIMPULAN

Data gravitasi menghasilkan model 3D dengan nilai densitas 2 hingga 3.3 g/cc. Pada peta anomali residual terdapat zona sumber

panas yang terdelineasi sebagai daerah prospek dengan nilai anomali bouguer sebesar 5 hingga 13 mGal. Pemodelan data gravitasi 3D daerah penelitian menghasilkan densitas dengan nilai 2 hingga 3.3 gr/cc. Hasil interpretasi model gravitasi 3D didapatkan struktur geologi berupa graben yang menunjukkan area prospek sistem panasbumi. Model gravitasi 3D menunjukkan keberadaan sumber panas berada pada kedalaman lebih dari 3000 meter dari permukaan.

DAFTAR PUSTAKA

Blakely, R. W. Van. 1949. Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications. New York: Cambridge University Press.

Daud, Yunus, 2010. Introduction to geothermal system and technology, FMIPA Universitas Indonesia.

Duffield, W. A., 1980, Late Cenozoic Volcanism, Geochronology, and Structure of the Coso Range Inyo County California. Journal of Geophysical Research Vol 85 USA.

Dwikorianto, T. dan Ciptadi. 2006. Eksplorasi, Eksploitasi & Pengembangan Panasbumi di Indonesia. Seminar Nasional HM Teknik Geologi UNDIP 2006. Semarang

Hochstein, M.P., and P.R.L, Browne. 2000. Surface Manifestation of Geothermal System with Volcanic Heat Source, in Encyclopedia of Volcanoes

Pirttijarvi, M., 2008, Gravity interpretation and modeling software based on 3-D block models. User's guide to version 1.6b. Department of Physics Sciences. University of Oulu. Finlandia

Rahma, Manrulu., 2012, Pemodelan Bawah Permukaan Gunungapi Merapi Berdasarkan Anomali Gravitasi Setelah Letusan Besar 2010, Thesis, UGM Jogjakarta.