

PEMODELAN INVERSI 3D GAYA BERAT DAN MAGNET PADA SISTEM PANAS BUMI DAERAH JABOI, PULAU WEH, PROVINSI ACEH

Oleh:

Ahmad Zarkasyi dan Edi Suhanto

Pusat Sumber Daya Geologi

Jalan Soekarno Hatta No. 444 Bandung

SARI

Pemodelan geofisika bersifat tidak unik sehingga dapat menghasilkan beberapa model. Pemodelan gaya berat dan magnet yang dilakukan di daerah panas bumi Jaboi, Provinsi Aceh pada tahun 2005 oleh Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral masih menggunakan forward modelling dan belum dapat menggambarkan kondisi 3D sistem panas bumi daerah ini. Pemodelan inversi 3D adalah salah satu teknik pemodelan yang parameter modelnya diperoleh langsung dari data pengamatan. Teknik ini diaplikasikan pada data gaya berat dan magnet di daerah Jaboi untuk mengidentifikasi sistem dan area keprospekan panas bumi. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa sistem panas bumi terkonsentrasi di bawah struktur Graben Jaboi yang berada di antara Gunung Leumo Matee dan Semereuguh dengan kedalaman puncak resevoir sekitar 750 meter dari permukaan.

Kata kunci: gaya berat, Jaboi, magnet, pemodelan 3D, sistem panas bumi.

ABSTRACT

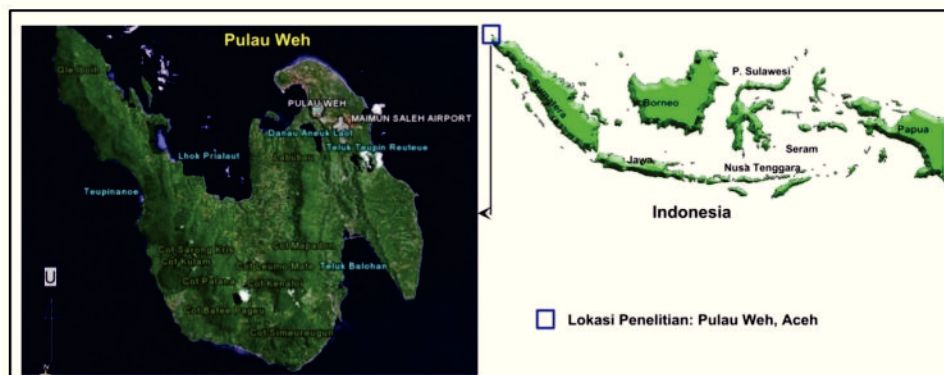
Geophysical modeling is not unique, therefore it can produce several models in one particular area. Gravity and magnetic modeling in the Jaboi geothermal area of Aceh Province in 2005 by the Center for Geological Resources were still using forward modeling techniques and had not been able to identify the 3 dimension geothermal systems. 3D inversion modeling is one of the techniques of modeling that the model parameters obtained directly from the observational data. This technique was applied to the gravity and magnetic data of Jaboi area to identify systems and prospecting area of geothermal. Modelling results indicate that the geothermal system is concentrated under Jaboi graben structure between Leumo Matee and Semereuguh Mountain and the depth of top reservoir is about 750 meter from the surface.

Keyword: geothermal, jaboi, gravity, magnetic, reservoir

PENDAHULUAN

Daerah panas bumi Jaboi terletak di Pulau Weh, Provinsi Aceh (Gambar 1). Survei gaya berat dan magnet telah dilakukan pada tahun 2005 oleh Tim Survei Terpadu, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral (DIM). Penggunaan metode gaya berat dalam eksplorasi panas bumi cukup efektif karena hasilnya dapat mendeliniasi struktur bawah permukaan dan struktur geologi berupa sesar

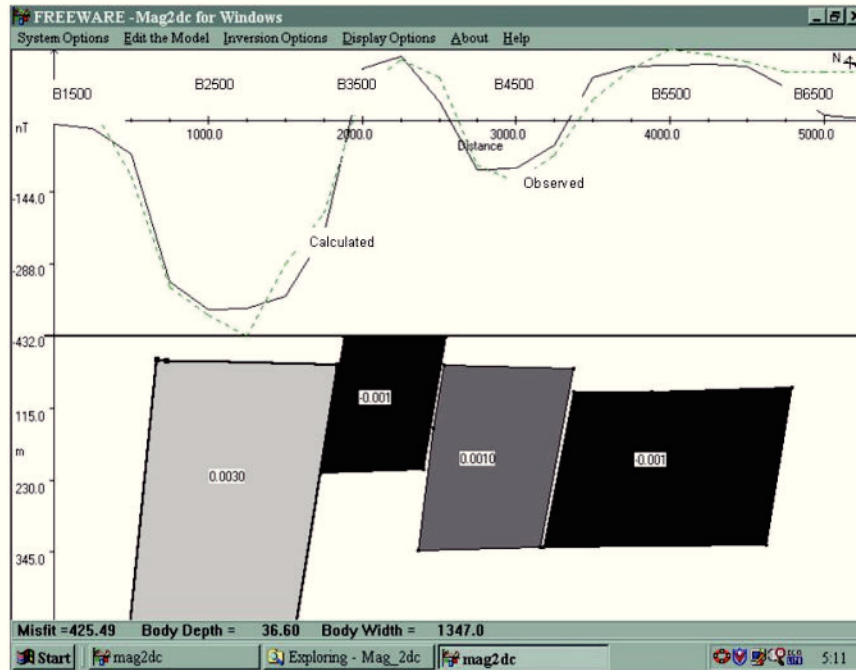
(Kadir, 2000) yang dalam sistem panas bumi sangat berperan penting dalam mengontrol pemunculan manifestasi panas bumi. Sedangkan metode magnet dalam eksplorasi panas bumi mampu mengidentifikasi batuan yang mengalami demagnetisasi akibat perubahan temperatur dan derajat keasaman yang berkembang dalam sistem panas bumi Metode ini dapat pula menunjukkan keberadaan struktur geologi seperti sesar (Kauffman dan Keller, 1981).



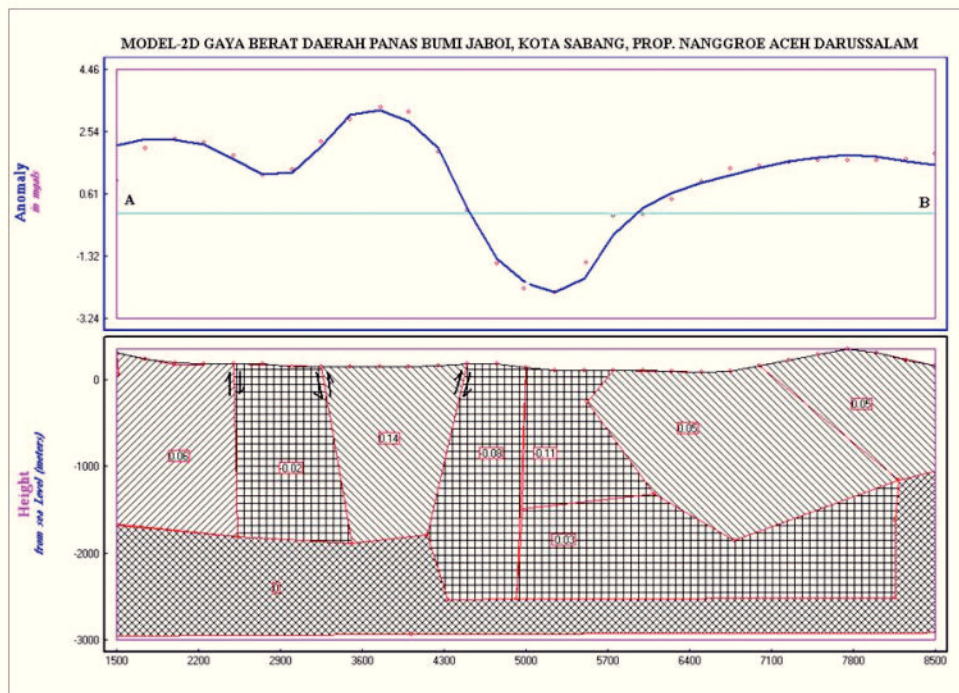
Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian, Jaboi, Pulau Weh, Provinsi Aceh

Pemodelan gaya berat dan magnet yang dilakukan terdahulu (Anonim, 2005) masih menggunakan teknik pemodelan ke depan dua dimensi (2D *forward modeling*). Hasil dari pemodelan tersebut (Gambar 2 dan Gambar 3) belum dapat menggambarkan secara jelas kondisi bawah permukaan dari daerah panas bumi Jaboi. Pada tulisan ini diaplikasikan teknik pemodelan inversi 3D dengan menggunakan data gaya berat dan magnet. Tulisan ini dapat

menggambarkan representasi kondisi bawah permukaan yang lebih jelas dibandingkan dengan pemodelan yang telah dilakukan sebelumnya. Sehingga diharapkan dapat menjadi acuan dalam pembuatan konseptual model dari sistem panas bumi daerah Jaboi yang dikombinasikan dengan metode penelitian lainnya seperti geologi, geokimia dan pengeboran.



Gambar 2. Model magnet daerah panas bumi Jaboi (Anonim, 2005)



Gambar 3. Model gaya berat daerah panas bumi Jaboi (Anonim, 2005)

METODE

Untuk memperkirakan kondisi bawah permukaan dilakukan pengukuran di permukaan yang merupakan respon dari struktur atau formasi geologi bawah permukaan. Respon ini timbul karena adanya variasi sifat fisis batuan seperti densitas, resistivitas dan kemagnetan. Data tersebut diterjemahkan menjadi besaran yang menggambarkan distribusi sifat fisis bawah permukaan secara kualitatif dan kuantitatif. Distribusi sifat fisis tersebut diperoleh dari pemodelan dengan model yang dihasilkan adalah representasi keadaan geologi bawah permukaan oleh anomali material dengan besaran fisis dan geometri tertentu.

Pemodelan dalam geofisika adalah suatu proses estimasi dari parameter model untuk menggambarkan kondisi bawah permukaan berdasarkan data pengamatan di permukaan. Hasil pemodelan geofisika bersifat tidak unik. Model yang dihasilkan dari respon yang cocok dengan data pengamatan diasumsikan sebagai model yang merepresentasikan bawah permukaan, namun dapat dihasilkan pula model lain yang juga memberikan respon yang sama (sesuai dengan data) tetapi dengan bentuk berbeda. Untuk itu diperlukan informasi yang dapat memberikan batasan atau *constrain* bagi model yang akan dihasilkan (Grandis, 2009).

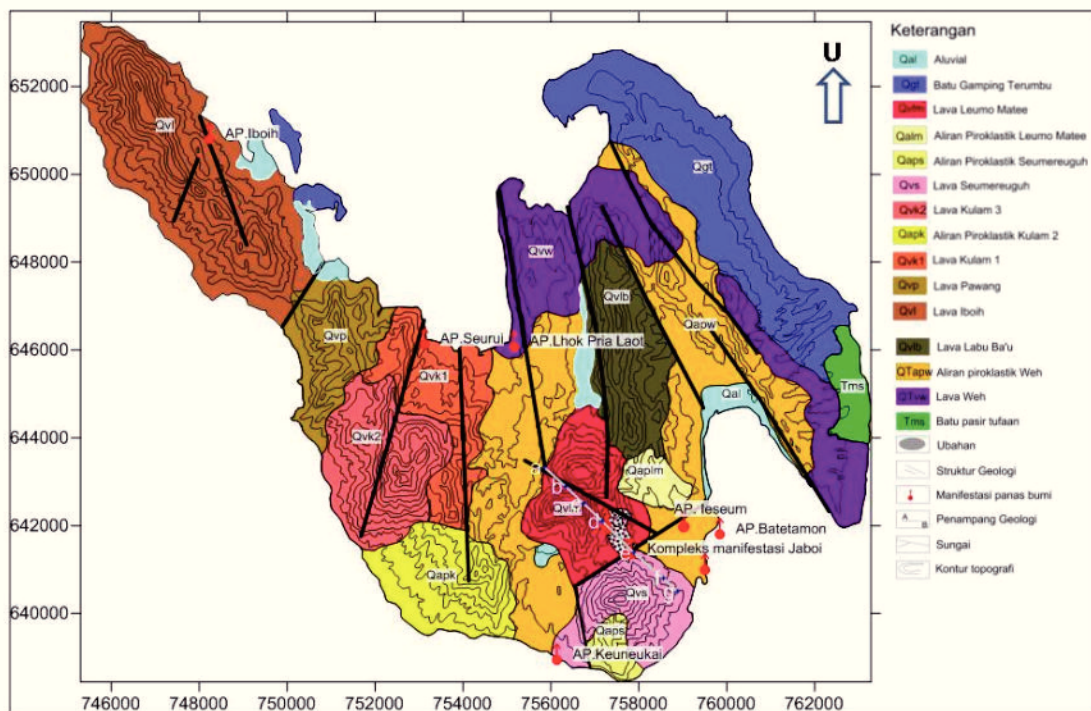
Geologi

Keberadaan sistem panas bumi di

daerah Jaboi diindikasikan dengan manifestasi panas bumi berupa tanah panas, fumarola, solfatara, mata air panas dengan suhu berkisar antara 38 – 99,5°C. Manifestasi ini muncul di beberapa lokasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Manifestasi ini dikontrol oleh sesar-sesar yang aktif di daerah ini yang berarah relatif utara-selatan dan barat laut-tenggara.

Kerangka tektonik Pulau Weh merupakan bagian dari tektonik yang bekerja di Pulau Sumatera. Gunungapi di pulau ini merupakan kelurusan dari jalur magmatik pegunungan Bukit Barisan dan akibat adanya gaya regangan pada puncak geantiklin Barisan terbentuklah zona graben yang memanjang di sepanjang pulau Sumatera dan menerus sampai di pulau Weh. Struktur sesar yang terbentuk di daratan pulau Weh merupakan sesar normal geser dan mendatar yang rata-rata arahnya hampir barat laut- tenggara dan ada juga berarah utara-selatan selaras dengan Sesar Semangko (Anonim, 2005).

Gunung-gunung api aktif yang membentuk suatu kelurusan hingga Pulau Weh berkomposisi batuan vulkanik yang bervariasi mulai Andesit, Andesit Basaltis sampai Riolit. Secara umum batuan penyusun Pulau Weh terdiri dari 4 kelompok utama yaitu batuan sedimen Tersier; batuan vulkanik Pulau Weh berumur Tersier-Kuarter, batuan vulkanik muda dan batugamping terumbu berumur Kuarter (Gambar 4).



Gambar 4. Peta geologi daerah panas bumi Pulau Weh (modifikasi dari peta geologi daerah panas bumi Jaboi, Anonim, 2005)

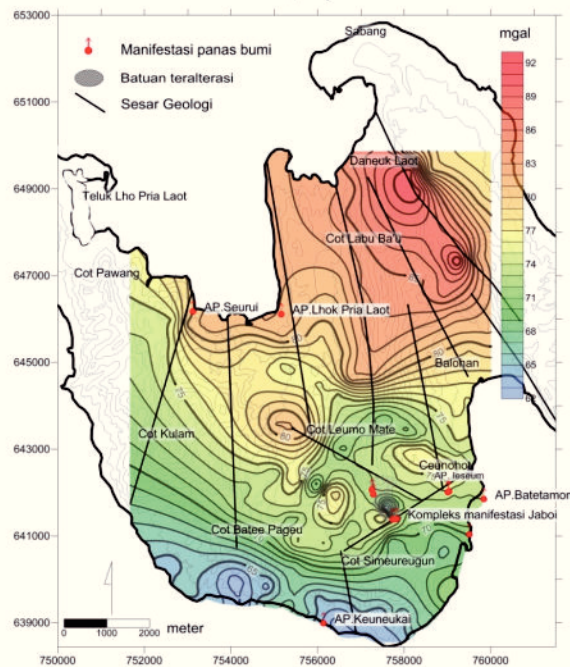
Anomali Gaya Berat dan Magnet

Hasil pengolahan data gaya berat berupa anomali Bouguer (Gambar 5) yang kemudian di-filter dengan menggunakan polinomial orde 2 menjadi anomali regional dan anomali sisa atau residual (Gambar 6).

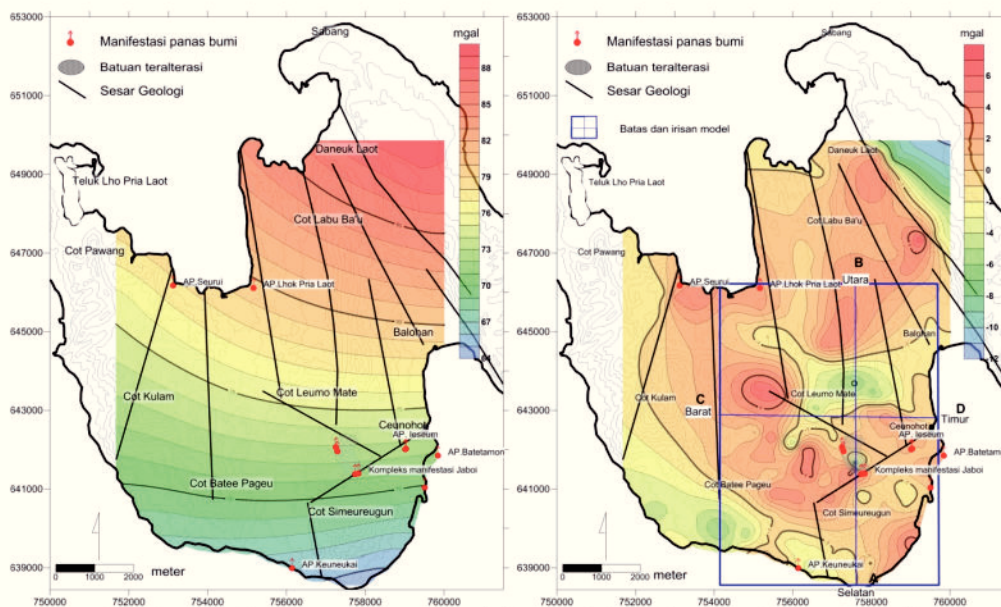
Pola kelurusan anomali Bouguer dan residual umumnya berarah barat-laut-tenggara dan utara-selatan. Di bagian tengah sekitar kompleks manifestasi panas bumi Jaboi, pola anomali gaya berat cukup kompleks yang diperlihatkan dengan beberapa pembelokan kontur yang tajam dan pengutuban nilai anomali tinggi dan rendah. Pola tersebut mencerminkan

kompleksitas struktur geologi yang berkembang di daerah tersebut. Zona struktur di daerah ini dipengaruhi oleh keberadaan Gunungapi Leumo Matee sebagai gunungapi termuda dan diperkuat oleh manifestasi panas bumi.

Anomali tinggi terisolasi di sekitar Gunung Leumo Matee diperkirakan sebagai respon suatu blok batuan berdensitas relatif lebih tinggi dari batuan sekitarnya. Sedangkan anomali rendah di area sekitarnya menjadi indikasi kuat bahwa telah terjadi perubahan sifat fisis batuan (alterasi) yang diakibatkan oleh aktivitas sistem panas bumi dalam bentuk penurunan nilai densitas batumannya.



Gambar 5. Peta anomali Bouguer densitas 2,5 gram/cm³ (proses ulang dari data gaya berat, Anonim, 2005)



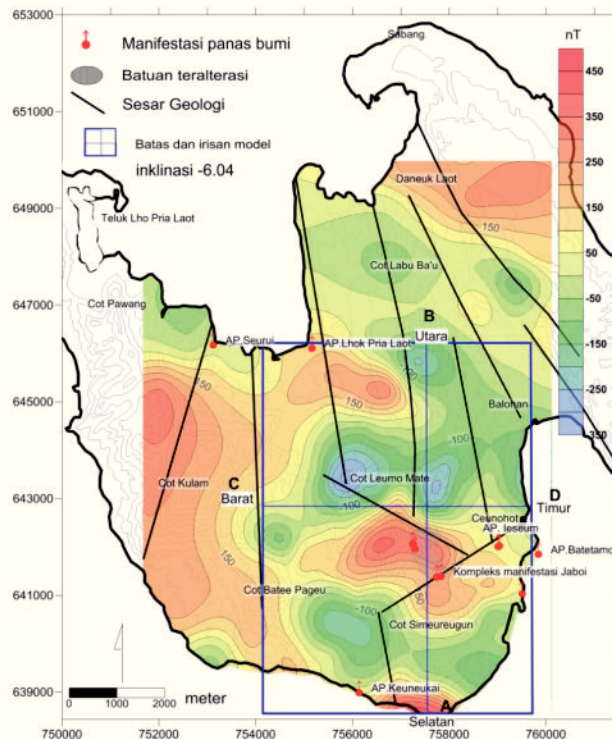
Gambar 6. Peta anomali regional dan residual densitas 2,5 gram/cm³

Pola umum sebaran magnet (Gambar 7) memperlihatkan anomali kuat positif terkonsentrasi di bagian tengah sekitar daerah Jaboi. Di bagian tengah ini terdapat kontras nilai positif dan negatif yang mencerminkan kompleksitas geologi area tersebut. Kompleksitas ini diduga dipengaruhi oleh aktivitas sistem panas bumi yang berkembang yang dapat mengubah sifat kerentanan magnet batuan sekitarnya dengan skala intensitas ubahan yang bervariasi.

Di daerah Pulau Weh batuan-batuan yang terdemagnetisasi atau mengalami penurunan kerentanan magnet memberikan respon anomali magnet kuat positif. Respon anomali ini berbeda dengan respon demagnetisasi pada umumnya yaitu anomali kuat negatif. Hal ini disebabkan daerah Pulau Weh memiliki inklinasi utara magnetik $-6,04^\circ$ (Anonim, 2005), sehingga pada posisi ini

kerentanan rendah memberikan anomali positif yang kuat.

Hasil *upward continuation* pada ketinggian 200 m dari data magnet memperlihatkan anomali kuat negatif terdistribusi di bagian tengah mengitari anomali kuat positif. Area yang terdemagnetisasi muncul di sekitar pemunculan manifestasi panas bumi, seperti di kompleks air panas dan fumarol Jaboi, air panas Lesum, Batetamon, Keuneukai dan Lhok Pria Laot. Anomali kuat di sekitar manifestasi tersebut menunjukkan bahwa batuan bawah permukaannya telah terdemagnetisasi dengan intensitas yang berbeda-beda. Daerah Jaboi memiliki intensitas demagnetisasi tertinggi yang menjadi indikasi bahwa sistem panas bumi di Pulau Weh ini kemungkinan terkonsentrasi di kompleks manifestasi Jaboi. Perkiraan ini juga didukung oleh anomali gaya berat.



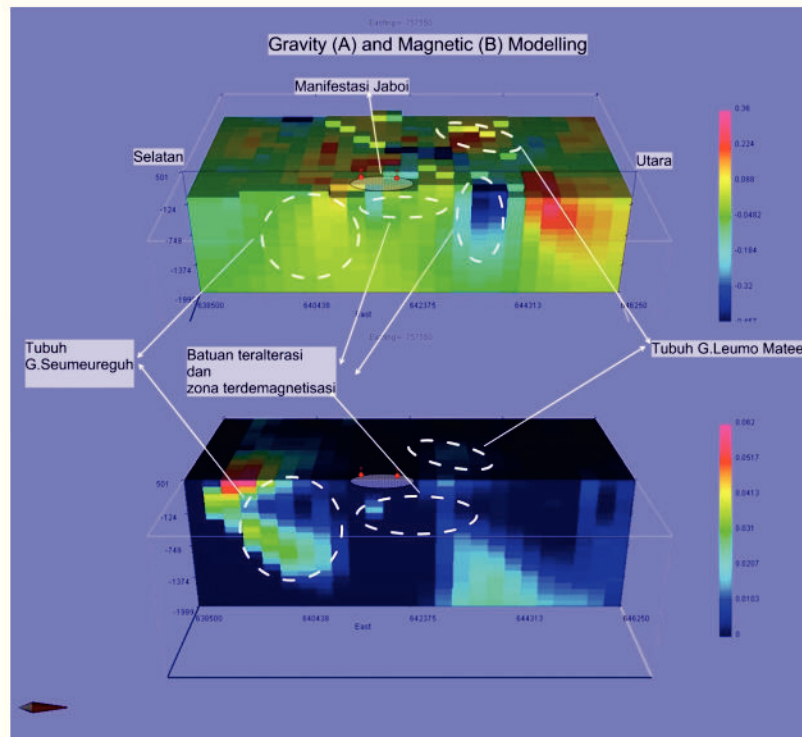
Gambar 7. Peta intensitas magnet *total upward continuation* 200 m (proses ulang dari data gaya berat, Anonim, 2005)

HASIL DAN DISKUSI

Untuk interpretasi pemodelan dilakukan penarikan penampang (*slice*) dengan arah selatan-utara dan barat-timur (Gambar 7).

Gambar 8 merupakan penampang pemodelan inversi 3D dari data gaya berat (atas) dan magnet (bawah) yang ditarik dengan arah selatan-utara. Kompilasi antara model gaya berat dan magnet menunjukkan beberapa struktur geologi yang diduga menjadi komponen penting dalam merekonstruksi sistem panas bumi daerah

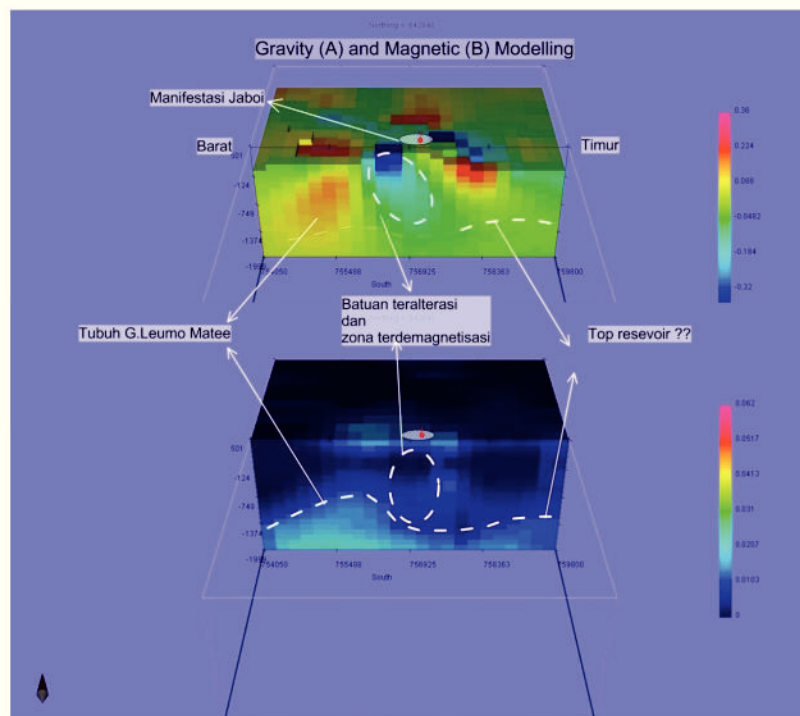
Jaboi. Pada pemodelan terindikasi suatu area dengan nilai densitas dan magnet tinggi di sisi selatan dan bagian tengah ke arah barat laut. Nilai tinggi di sisi selatan diduga merupakan respon dari tubuh Gunung Semeureuguh sedangkan yang di barat laut merupakan tubuh Gunung Leumo Matee. Daerah sekitar kompleks manifestasi Jaboi diperlihatkan oleh zona densitas dan magnet rendah yang mengindikasikan adanya pengaruh kuat dari fluida panas yang menurunkan nilai sifat fisis batuan sekitarnya.



Gambar 8. Model inversi 3D gaya berat dan magnet berarah utara-selatan

Penampang model gaya berat dan magnet kedua berarah barat-timur yang diperlihatkan oleh Gambar 9. Pada model ini, tubuh dari Gunung Leumo Matee terlihat di bagian barat sedangkan di bagian timur hanya terindikasi sebagian tubuh dari Gunung Semereuguh. Zona batuan ubahan terindikasi kuat di bagian tengah baik dari

pemodelan gaya berat dan magnet sampai kedalaman sekitar 500 m. Pada model juga terindikasi adanya suatu lapisan dengan sifat fisis yang hampir seragam yang terdeteksi pada kedalaman sekitar 750 meter. Diduga lapisan ini merupakan batas antara lapisan penutup dengan lapisan reservoir.



Gambar 9. Model inversi 3D gaya berat dan magnet berarah barat-timur

KESIMPULAN

Analisis dan pemodelan inversi 3D dari anomali gaya berat dan magnet di daerah panas bumi Jaboi dapat menunjukkan gambaran yang lebih jelas mengenai struktur geologi bawah permukaan yang mengontrol sistem panas bumi daerah Jaboi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Rasa terima kasih penulis sampaikan kepada kepala Pusat Sumber Daya Geologi dan tim survei panas bumi Jaboi atas dukungan data sebagai bahan penulisannya. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada rekan geofisika Pusat Sumber Daya Geologi atas kesediaan waktu diskusi dalam proses penulisan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2005, Penyelidikan Terpadu Geologi, Geokimia dan Geofisika Daerah Panas Bumi Jaboi, Pulau Weh, NAD, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral (DIM), Bandung.
- Anonim, 2006, Pemboran Landaian Suhu Daerah Panas Bumi Jaboi, Pulau Weh, NAD, Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung.
- Kadir, W.G.A., 2000, Eksplorasi Gaya Berat dan Magnetik, Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral, Institut Teknologi Bandung.
- Kauffman A., and G. V. Keller, 1981, The Magnetotelluric Sounding Method, Elsevier, Amsterdam.
- Grandis, H., 2009, Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika, Institut Teknologi Bandung.
- Suhanto, E., dan Kasbani., 2007, Delineation of Prospect Area and Reservoir Structures of Jaboi Geothermal Fields as Mapped from Resistivity Data, proceeding HAGI-IAGI-IATMI joint convention Bali.

Diterima tanggal 8 Februari 2013
Revisi tanggal 24 April 2013