



Studi Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Bumi Berdasarkan Data Gayaberat Panas Bumi SR-03

Received 11th August 2020

Accepted 11th August 2020

Published 11th August 2020

Open Access

Elisabeth Sinaga^{*1}, Ahmad Zaenudin¹, Rizka², Tony Rahadinata³^a Teknik Geofisika, Institut Teknologi Sumatera^b Teknik Geofisika, Universitas Lampung^c Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi** Corresponding E-mail: elisabeth.12116149@student.itera.ac.id*

Abstract: The SR-03 research area is one of the geothermal manifestations marked by geological structures beneath its surface. There are manifestations in the form of hot springs, fumaroles and solfatara which indicate the existence of potential heat beneath the surface. In this research, measurements were made directly to the field in order to obtain gravity data by processing these data. Data processing includes reduction of gravity anomaly to obtain CBA map, regional anomaly, residual anomaly, SVD anomaly map, and forward and forward modeling.

Based on the results of data processing using moving average filters and Second Vertical Derivative (SVD) and analysis supported by geological data. The results of the analysis obtained by using forward and inverse modeling obtained a layer in the form of a cross between the Kabatua Lava and the Pyroclastic Flow which was formed in the early quarter that had undergone changes due to the activity of the surrounding hydrothermal solution and from the modeling also obtained several faults contained in the modeling. These results are also supported from the results of the trajectory slice in the inverse modeling where the location affected by the fault is marked by the presence of high and low density density in the backward modeling results to confirm the results obtained, an analysis using SVD maps is also carried out on the residual gravity data, where this result can well identify fault patterns where the fault indicated by the SVD contour is equal to zero. This can be seen from the SVD graph which passes the zero SVD value. The fault in the SR-03 area was formed due to a fault that traverses Northeast-Southwest which facilitates the manifestation of Sempiang and Babakan Bogor and controls the flow of fluid up to the surface in the form of hot springs such as in the Babakan Bogor area where this fault is thought to be a fault trending Northwest - Southeast which is part of the Sumatra fault.

Keywords: Gravity, moving average, Second Vertical Derivative, forward modeling, inverse modeling, subsurface structure, graben, subsurface structures, alteration, zero contours.



Abstrak: Daerah penelitian SR-03 merupakan salah satu daerah manifestasi panas bumi yang ditandai dengan adanya struktur geologi di bawah permukaannya. Terdapat manifestasi berupa mata air panas, fumarol dan solfatara yang mengindikasikan keberadaan potensi panas di bawah permukaan. Pada penelitian ini telah dilakukan pengukuran langsung ke lapangan guna mendapatkan data gayaberat dengan pengolahan data tersebut. Adapun pengolahan data mencakup reduksi anomali gayaberat untuk memperoleh peta CBA, anomali regional, anomali residual, peta anomali SVD, dan pemodelan ke depan dan ke belakang.

Berdasarkan hasil pengolahan data dengan menggunakan *filter moving average* dan *Second Vertical Derivative (SVD)* serta analisis yang didukung oleh data geologi. Hasil analisis yang diperoleh dengan menggunakan *forward* dan *inverse modeling* diperoleh perlapisan berupa persilangan antara Lava Kabatua dan Aliran Piroklastik yang terbentuk pada zaman kuartar awal yang telah mengalami ubaha akibat adanya aktivitas larutan hidrotermal disekitarnya dan dari pemodelan juga diperoleh beberapa sesar yang terdapat dalam pemodelan tersebut. Hasil ini juga didukung dari hasil slice lintasan pada pemodelan ke belakang dimana lokasi yang terkena sesar ditandai dengan adanya kerapatan densitas antara densitas yang tinggi dan rendah pada hasil pemodelan ke belakang untuk mempertegas hasil yang diperoleh dilakukan juga analisis menggunakan peta SVD terhadap data gayaberat residual, dimana hasil ini dapat mengidentifikasi dengan baik pola-pola sesar dimana sesar ditunjukkan oleh kontur SVD sama dengan nol. Hal ini dapat dilihat dari grafik SVD yang melewati nilai SVD nol. Sesar pada daerah SR-03 ini terbentuk akibat sesar yang berarah Timur Laut-Barat Daya yang memfasilitasi manifestasi Sempiang dan Babakan Bogor serta mengontrol aliran fluida naik kepermukaan yang berupa mata air panas seperti pada daerah Babakan Bogor dimana sesar ini diduga merupakan sesar yang berarah Barat Laut-Tenggara yang merupakan bagian dari sesar Sumatera.

Kata Kunci : Gayaberat, *moving average*, *Second Vertical Derivative*, *forward modeling*, *inverse modeling*, struktur bawah permukaan, alterasi, kontur nol.

Pendahuluan

Panasbumi merupakan salah satu energi yang dapat digunakan untuk pembangkit listrik dalam dunia industri maupun rumah tangga. Energi panasbumi merupakan energi panas yang tersimpan di dalam batuan di bawah permukaan dan adanya fluida yang terkandung di dalamnya. Salah satu negara yang memiliki potensi besar adanya energi panasbumi adalah Indonesia, dimana Indonesia merupakan negara yang dilalui oleh jalur *ring of*

fire akibat dari tumbukan antar lempeng Pasifik, lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia yang menjadikan negara ini dilimpahi energi panasbumi yang cukup banyak.

Dalam pencarian dan eksplorasi sumber panas bumi daerah Kepahiang, salah satu metode geofisika yang dapat digunakan adalah metode gayaberat. Metode ini memiliki peranan penting dalam dalam mengidentifikasi daerah panasbumi dengan memperoleh informasi struktur geologi bawah permukaan yang berperan sebagai control

permeabilitas fluida pada daerah yang memiliki prospek panasbumi. Selain itu metode gayaberat juga sensitif terhadap perubahan vertikal sehingga cocok dalam mengidentifikasi struktur dasar dan patahan yang menjadi jalur mengalirnya fluida panasbumi pada daerah yang terdapat gunungapi. Untuk mengetahui struktur detail bawah permukaan daerah prospek panas bumi, perlu dilakukan analisis secara detail data anomali gayaberat dengan mengaplikasikan beberapa metode analisis dan pemodelan bawah permukaan.

Pada daerah penelitian telah dilakukan penyelidikan geofisika terpadu oleh Arsadipuran, dkk (2011) [3], dan penyelidikan terpadu geologi dan geokimia oleh Kusnadi, dkk (2011) yang memberikan informasi berupa data geologi dan geokimia dari daerah penelitian SR-03. Namun penelitian gayaberat menggunakan analisis *moving average* dan *Second Vertical Derivative (SVD)* belum pernah dilakukan dalam mengidentifikasi struktur bawah permukaan panas bumi pada daerah penelitian ini, oleh karena itu diharapkan penelitian ini dapat menambah informasi dari penelitian sebelumnya berupa struktur yang terdapat pada daerah panasbumi SR-03. Adapun metode gayaberat telah diterapkan sebelumnya dalam menganalisis struktur [4], mengidentifikasi struktur panas bumi di daerah Ulubelu [5], pemodelan data gayaberat pada daerah subduksi [6], dan analisis zona mineralisasi emas [7].

Metode

Penelitian ini dilakukan di Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panasbumi (PSDMBP), Bandung, Jawa Barat dan Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, Lampung. Jumlah titik pengukuran di lapangan sebanyak

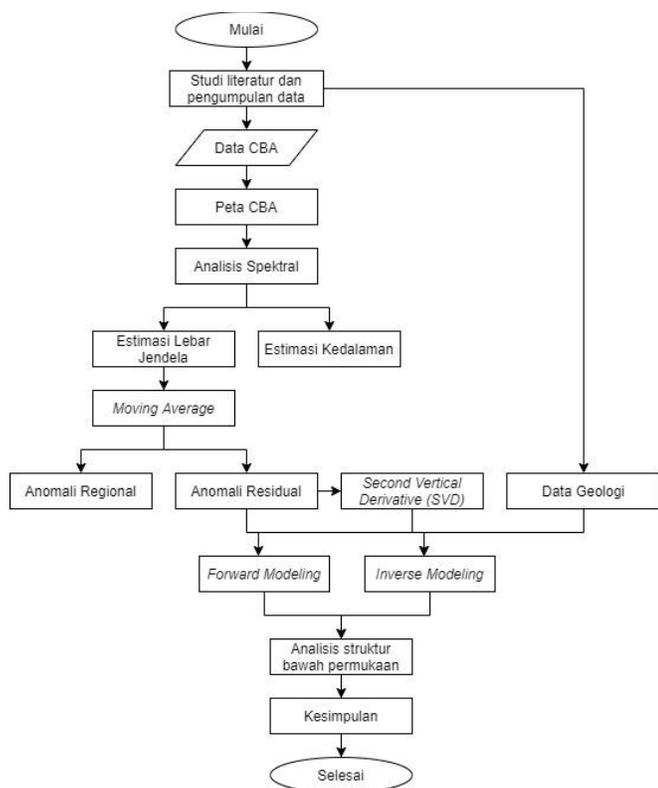
289 titik yang terdiri dari 187 titik ukur dan 102 titik ukur secara *random* (regional) dengan *polygon* tertutup [3].

Langkah awal yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pembuatan peta *Complete Bouguer Anomaly (CBA)* yang selanjutnya difilter menggunakan metode *moving average* sehingga diperoleh peta anomali regional dan residual.

Metode Second Vertical Derivative (SVD) yang menunjukkan sumber anomali yang bersifat dangkal / residual. Metode Second Vertical Derivative juga mampu menampilkan struktur patahan dan sesar. Pada penelitian ini menggunakan operator Henderson Dalam menentukan jenis struktur patahan dapat dijabarkan dengan persamaan [13]:

$$\left(\frac{\partial^a \Delta g}{\partial z^2}\right)_{maks} > \left|\left(\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2}\right)\right|_{min} \text{ untuk patahan normal} \quad (1)$$

$$\left(\frac{\partial^a \Delta g}{\partial z^2}\right)_{min} < \left|\left(\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2}\right)\right|_{maks} \text{ untuk patahan naik} \quad (2)$$



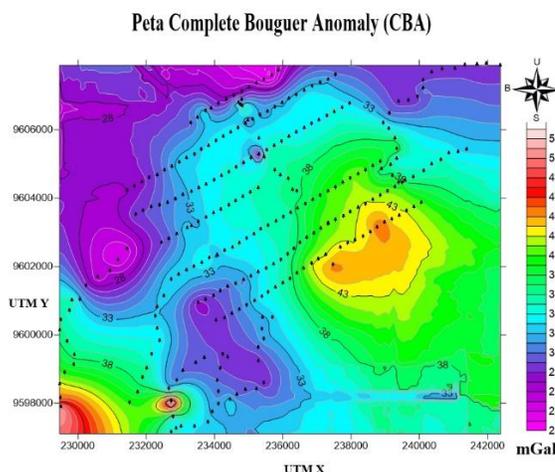
Gambar1 Diagram alir penelitian

Ada dua metode pemodelan yang dipakai pada penelitian kali ini yaitu *forward* dan *inverse modelling*. Proses *forward* dan *inverse modeling* dilakukan dengan menggunakan peta anomali residual *moving average* yang diperlukan dasar pembuatan pemodelan berupa peta geologi daerah penelitian. *Forward modeling* (pemodelan ke depan) merupakan metode interpretasi yang memperkirakan densitas bawah permukaan dengan membuat terlebih dahulu benda geologi bawah permukaan. Prinsip umum pemodelan ini adalah meminimumkan selisih dari anomali pengamatan untuk mengurangi ambiguitas pada data. Pemodelan ke depan dibuat berdasarkan pengetahuan geologi dan geofisika, dimana anomali dihitung dan dibandingkan dengan anomali observasi [10].

Pemodelan inversi sering dikatakan sebagai "kebalikan" dari pemodelan ke depan karena dalam pemodelan ini parameter model diperoleh secara langsung dari data. Pemodelan inversi sering pula disebut sebagai data *fitting* karena dalam prosesnya dicari parameter model yang menghasilkan respons yang *fit* dengan data pengamatan. Tujuan dari proses ini adalah untuk mengestimasi parameter fisis batuan yang tidak diketahui sebelumnya.

Hasil dan Pembahasan

Peta *Complete Bouguer Anomaly* ialah peta yang di buat berdasarkan nilai anomali pada tiap-tiap stasiun pengukuran di daerah penelitian yang telah terkoreksi Gambar 2.

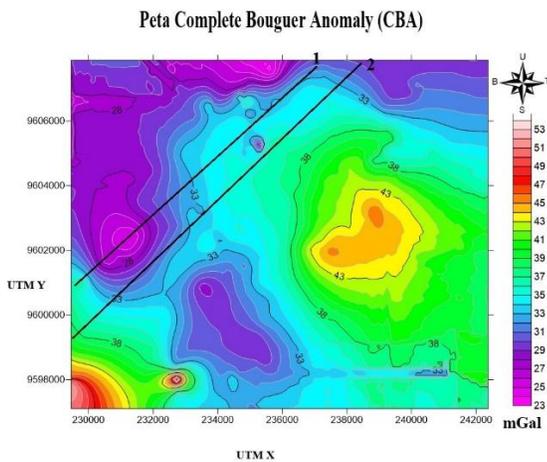


Gambar.2 Peta Complete Bouguer Anomaly

Peta anomali *Complete Bouguer Anomaly* (CBA) memiliki rentang nilai anomali berkisar antara 23 mGal hingga 53 mGal. Terlihat persebaran anomali yang tidak merata pada peta, seperti persebaran anomali rendah di daerah Barat Laut hingga Utara dengan nilai anomali 23 mGal sampai 35 mGal kelompok anomali ini dapat ditafsirkan sebagai respon dari batuan yang telah mengalami pelapukan atau ubahan

dari tingkat lemah sampai tingkat kuat, sedangkan anomali tinggi berada pada daerah Barat Daya dan daerah Timur dengan nilai anomali 37 mGal sampai 53 mGal. Kelompok anomali ini ditafsirkan sebagai respon dari batuan yang didominasi oleh aliran pirokalstik yang telah mengalami pelapukan, batuan andesit dan breksi gunung api. Perbedaan nilai anomali ini disebabkan oleh perbedaan densitas batuan penyusun dan struktur pada daerah penelitian. Nilai anomali tinggi berasal dari batuan yang memiliki densitas yang tinggi, sedangkan nilai anomali yang rendah berasal dari batuan yang mempunyai densitas rendah dari densitas batuan disekitarnya.

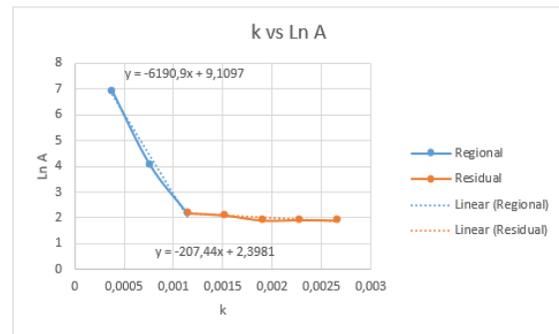
Analisis spektrum dilakukan pada data Anomali Bouguer yaitu sebanyak 2 penampang lintasan seperti terlihat pada Gambar 3.



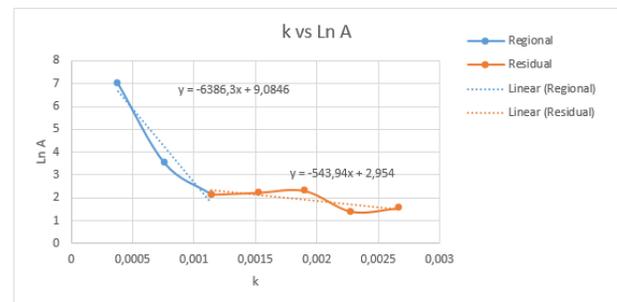
Gambar.3 Peta lintasan analisis spektrum

Nilai *Complete Bouguer Anomaly* pada garis slice tersebut di analisis menggunakan analisis spektrum dengan proses transformasi Fourier yang selanjutnya diperoleh 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 spektrum dengan Microsoft Excel. untuk proses pembuatan grafik serta perhitungan estimasi lebar jendela (Gambar 4 dan Gambar 5).



Gambar4 Grafik analisis spektrum lintasan 1



Gamba.5 Grafik analisis spektrum lintasan 2

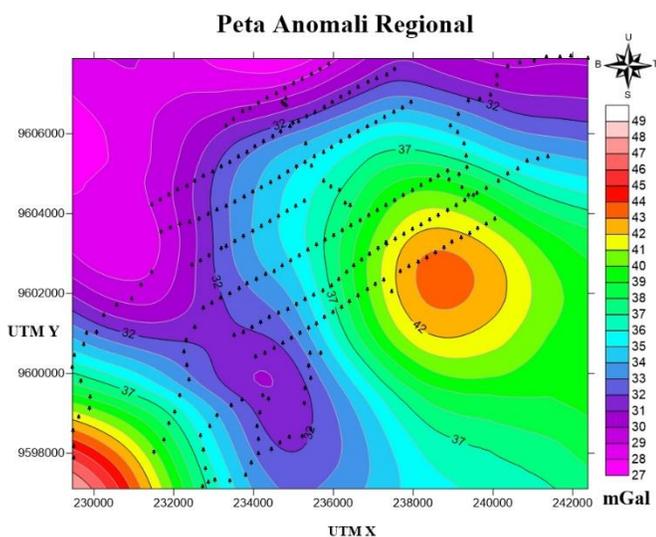
Tabel 1 Hasil analisis spektrum

m1	m2	c1	c2	m1-m2	c2-c1	k (cut off)	lamda	N
-6190.9	-207.44	9.1097	2.3981	-5983.46	-6.7116	0.001122	5601.524	22.4061
-6386.3	-543.94	9.0846	2.954	-5842.36	-6.1306	0.001049	5987.771	23.95109
Rata-rata	Rata-rata							Rata-rata
-6288.6	-375.69							23.17859
								23

Hasil dari proses tersebut maka, maka diperoleh nilai untuk lebar *window* sebesar 23 yang merupakan batas antara nilai anomali regional dan residual, hal ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Dalam memperoleh nilai dari lebar *window*, terlebih dahulu melakukan proses perhitungan analisis spektrum antara

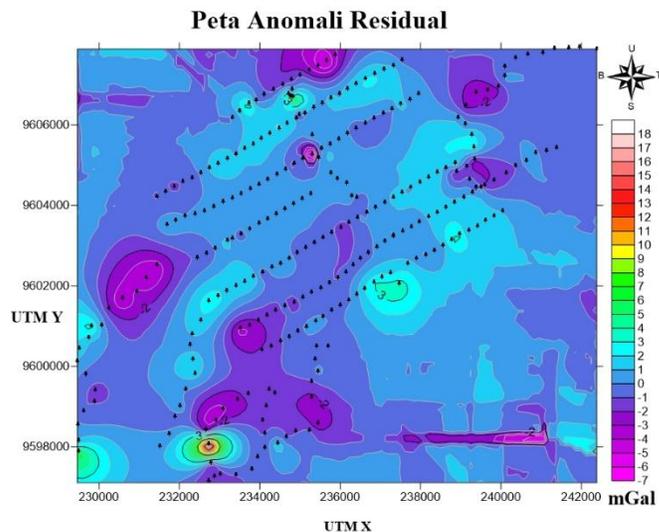
nilai k , frekuensi, bilangan gelombang dan amplitudo hingga diperoleh nilai dari lebar *window* untuk setiap proses *slicing*. Hasil dari kedua lebar *window* yang telah diperoleh kemudian dirata-ratakan hingga memperoleh lebar *window* yang tepat. Nilai dari lebar *window* ini merupakan batas antara nilai regional dan residual, yang kemudian akan diinput ke dalam proses *filtering* menggunakan *Surfer* hingga diperoleh peta anomali regional seperti pada Gambar 6.



Gambar6 Peta anomali regional

Hasil dari *filtering moving average* peta anomali regional yang diperoleh berdasarkan nilai *gradient* yang lebih dalam menunjukkan anomali yang berbeda dari peta anomali CBA. Anomali tertinggi pada peta anomali regional berada pada daerah Timur-Tenggara dan daerah Barat Daya dengan rentan nilai 35 mGal hingga 49 mGal yang ditafsirkan sebagai hasil respon dari batuan andesit, breksi gunung api dan lava piroklastik ubahan, sedangkan anomali terendah berada pada daerah Barat Laut hingga ke Utara dengan nilai anomali 27 mGal hingga 34 mGal yang ditafsirkan merupakan hasil respon dari batuan yang telah mengalami

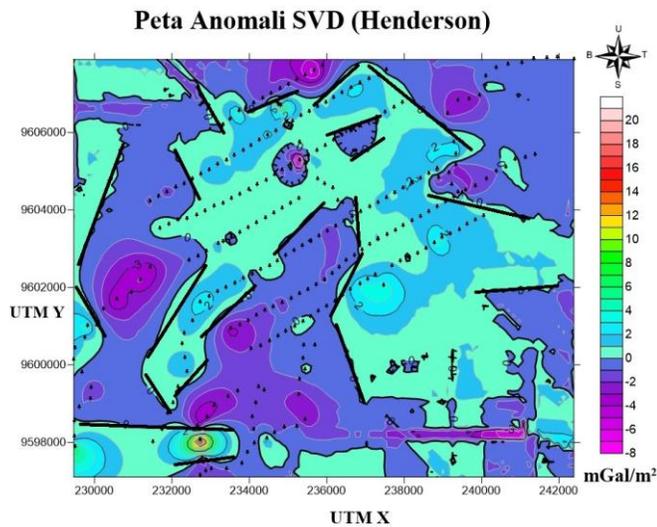
pelapukan atau ubahan akibat naiknya larutan hidrotermal dan daerah ini diperkirakan sebagai defleksi dari aliran piroklastik yang telah mengalami ubahan dan batuan lava andesit.



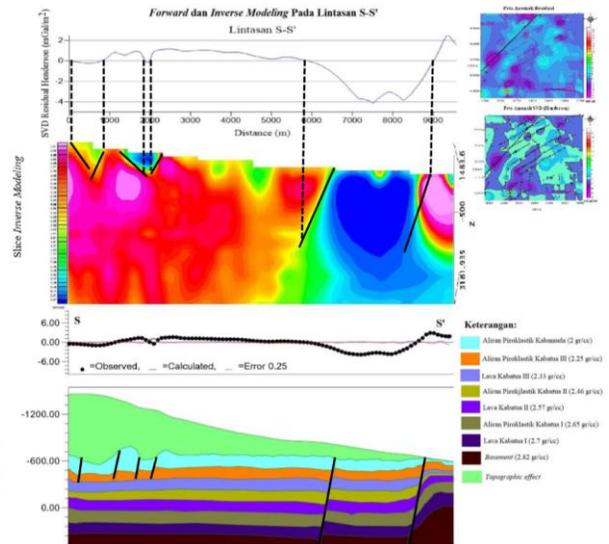
Gambar7 Peta anomali residual

Peta anomali residual *moving average* menunjukkan anomali yang beragam dengan rentang anomali mulai dari -7 mGal hingga 18 mGal. Pola anomali positif dan negatif ini merupakan salah satu indikasi adanya struktur sesar, yang sekaligus memperkuat pendugaan awal hasil analisis pada peta CBA. Nilai anomali residual memiliki rentang yang lebih rendah dibandingkan anomali regional, hal ini dikarenakan perbedaan densitas dari batuan penyusun pada daerah residual. Persebaran nilai anomali yang rendah lebih dominan daripada nilai anomali tinggi pada peta anomali residual, kemungkinan daerah dengan anomali yang rendah berhubungan dengan zona alterasi (ubahan) di bawah permukaan sementara daerah dengan anomali tinggi diperkirakan merupakan daerah yang dilewati oleh aliran piroklastik dan juga lava dari gunung Kaba. Hasil dari analisis sementara terlihat beberapa daerah yang berpotensi

adanya struktur sesar yang ditandai dengan persebaran anomali yang cukup kontras, sehingga langkah yang digunakan untuk menentukan keberadaan dari sesar adalah dengan melakukan analisis pada peta *Second Vertical Derivative* (SVD).

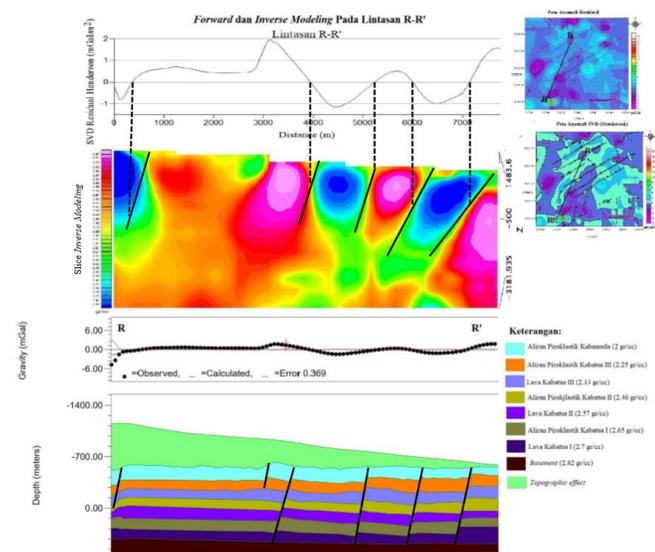


Dari hasil peta anomali residual SVD dapat dilihat bahwa ada beberapa daerah yang terindikasi adanya patahan berupa sesar, hal ini ditunjukkan dengan perbedaan signifikan antara anomali rendah dan tinggi pada peta residual atau dapat dilihat dari kontur bernilai 0 pada peta. Berdasarkan Gambar 5.7 terdapat struktur dengan dua arah berbeda, struktur dengan arah Timur Laut-Barat Daya diduga karena adanya aktivitas dari panas bumi (*geothermal*) yang mengontrol manifestasi air panas Sempiang, sementara struktur dengan arah Barat Laut-Tenggara diperkirakan merupakan struktur sesar aktif dari struktur sesar Sumatera dan merupakan kontrol struktur dari manifestasi air panas Babakan Bogor.



Pemodelan ke depan (*forward modeling*) dilakukan bertujuan untuk mengetahui informasi litologi bawah permukaan, dimana dalam pembuatan pemodelan dua dimensi hal ini bergantung pada parameter tertentu seperti nilai rapat massa jenis (*densitas*) batuan, kedalaman dan geometri atau bentuk batuan yang tidak dapat ditentukan secara sembarang tetapi juga di kontrol oleh data geologi. Berdasarkan hasil *slice* pada lintasan yang sama pada *forward* dan *inverse modeling* pada lintasan S-S' (Gambar 9) dengan panjang lintasan sekitar 9 km pada hasil *forward modeling* terdapat beberapa sesar yang diduga terbentuk akibat aktivitas vulkanik dan sesar Sumatera. Sesar pertama berada pada daerah lintasan S yang diduga akibat dari sesar lokal yang berarah Timur Laut-Barat Daya yang merupakan sesar Sempiang kemudian pada daerah Barat Daya terdapat dua sesar dimana akibat dari sesar tersebut daerah ini mengalami penurunan hingga membentuk graben, sesar ini merupakan zona sesar aktif utama dari sistem sesar Sumatera yang diduga sebagai sesar yang merekonstruksi manifestasi panas bumi Babakan Bogor hingga muncul di

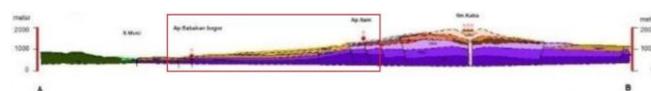
permukaan. Diantara perlapisan ini terdapat lapisan intrusi yang berada dekat dengan daerah Timur Laut juga diemukan sesar yang merupakan hasil dari aktivitas vulkanik Gunung Kaba, hal ini didukung dengan data grafik SVD dimana pada lokasi tersebut ditemukan grafik dengan nilai SVD = 0, dimana nilai ini merupakan nilai kontur yang menunjukkan bahwa pada daerah tersebut ditemukan adanya struktur sesar yang melewati daerah tersebut.



Gambar 10 Korelasi pemodelan dan SVD lintasan R-R'

Dari hasil pemodelan dengan lintasan R-R' (Gambar 10) juga menunjukkan pemodelan dengan informasi yang sama seperti pemodelan pada lintasan S-S', dimana pada lintasan R-R' ini masih dilewati oleh lima sesar dimana pada lapisan ini jika dilihat dari peta anomali SVD terdapat perbedaan anomali yang cukup kontras antara anomali tinggi dan anomali rendah, hal ini juga dibuktikan dengan grafik nilai SVD yang berada pada daerah ini memiliki nilai SVD sebesar nol, sesar yang melewati daerah ini adalah sesar normal dimana nilai dari SVD maksimumnya lebih besar dibandingkan nilai SVD dari minimumnya, begitu juga pada

jarak 6 km hingga 7 km ditemukan sesar normal yang ditunjukkan dari grafik SVD nilai maksimumnya lebih besar dari nilai minimumnya dan ini juga didukung dari analisis peta residual dan peta anomali SVD sebelumnya, dimana pada daerah ini ditemukan adanya anomali positif dan negatif yang cukup dekat dan hasil ini juga direpresentasikan oleh model inversi yang ditunjukkan dengan adanya densitas yang rendah dan tinggi yang berada berdampingan. Keberadaan sesar normal pada daerah penelitian ini juga didukung oleh hasil *slice* peta geologi dengan arah Barat Daya-Timur Laut (Babakan Bogor-Sempiang/itam) yang ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11 Slice Peta Geologi A-B

Sesar yang terdapat dari lintasan S-S' dan R-R' ini diduga akibat adanya batuan yang mengalami ubahan tingkat lemah hingga kuat dan juga dipengaruhi oleh adanya larutan hidotermal yang melewati sesar menuju permukaan. Berdasarkan hasil yang diperoleh daerah yang memiliki anomali rendah yang berada pada daerah Utara hingga Timur Laut diperkirakan sebagai defleksi dari batuan lava andesit dan aliran piroklastik yang telah mengalami ubahan (alterasi) dan juga karena aktivitas dari sesar yang berarah Barat Daya-Timur Laut yang melewati daerah ini.

Struktur lainnya yang diperoleh dari daerah bagian Utara hingga ke Tengah dan memanjang menuju Barat Daya, di daerah lainnya ditemukan juga struktur yang berarah hampir Utara-Selatan yang diperkirakan struktur yang terdapat pada daerah ini merupakan struktur yang terbentuk akibat adanya aktivitas panasbumi Sempiang

yang muncul ke permukaan. Pada daerah ujung Barat Daya dari lintasan S-S' dan R-R' terlihat anomali tinggi liniasi kerapatan kontur yang cukup tajam pada peta SVD yang diperkirakan merupakan sesar aktif Sumatera yang mengontrol struktur dan manifestasi air panas Babakan Bogor dengan arah sesar Barat Laut-Tenggara.

Berdasarkan hasil pengolahan data gayaberat hingga menghasilkan *forward* dan *inverse modeling* pada daerah penelitian ini, lokasi batuan penudung dari system panas bumi SR-03 batuan penudung (caprock) dari system panas bumi daerah ini adalah batuan yang diperkirakan merupakan batuan alterasi dan batuan dari produk Kabamuda yang belum terkekarkan seperti ada lapisan Aliran Piroklastik Kabamuda, kemudian lapisan yang diduga sebagai reservoir pada daerah penelitian ini adalah batuan yang diperkirakan merupakan hasil dari produk vulkanik Kabatua berupa Lava maupun Piroklastika seperti halnya pada lapisan Lava Kabatua dan Aliran Piroklastik yang ditemukan pada model lintasan S-S' dan R-R', namun dari lapisan reservoir ini belum diketahui secara pasti lapisan dari top reservoirnya.

Kesimpulan

Hasil dari pengolahan data metode gayaberat dalam peta Bouguer, residual dan SVD terdapat kesamaan informasi bahwa pada daerah penelitian yang terdapat kontras anomali yang cukup tajam diduga merupakan daerah yang dilewati oleh sesar, sesar yang berada pada lokasi yang diperkirakan adalah sesar yang mengontrol aktivitas panas bumi pada bawah permukaan dan adanya larutan hidrotermal dan akibat adanya sesar aktif Sumatera (Semangko), hal ini dapat dilihat dari peta anomali SVD yang

menunjukkan secara jelas lokasi yang dilalui oleh sesar yang ditandai dengan anomali kontur nol pada daerah tersebut.

Berdasarkan hasil dari peta anomali SVD diperoleh persebaran anomali rendah hingga tinggi yang tidak merata dengan rentang anomali yang diperoleh yaitu -8 mGal/m^2 hingga 20 mGal/m^2 . Dari peta anomali SVD terdapat struktur dengan dua arah berbeda, struktur dengan arah Timur Laut-Barat Daya diduga karena adanya aktivitas dari panas bumi (*geothermal*) yang mengontrol manifestasi air panas Sempiang, sementara struktur dengan arah Barat Laut-Tenggara diperkirakan merupakan struktur sesar aktif dari struktur sesar Sumatera dan merupakan kontrol struktur dari manifestasi air panas Babakan Bogor.

Berdasarkan hasil pemodelan ke depan dan ke belakang diperoleh hasil bahwa sesar yang terdapat pada lintasan S-S' dan R-R' merupakan sesar yang terbentuk akibat aktivitas panas bumi yang terdapat dibawah permukaan daerah penelitian, pada daerah Utara hingga Timur dilalui oleh sesar yang berarah Barat Daya-Timur Laut yang merekonstruksi manifestasi panas di daerah Sempiang sementara itu daerah yang berada diujung Barat Daya merupakan daerah yang dilalui sesar yang berarah Barat Laut-Tenggara dimana daerah ini memiliki liniasi kerapatan kontur yang cukup tajam yang diperkirakan merupakan hasil dari sesar aktif Sumatera, hal ini didukung oleh hasil pemodelan ke belakang dan grafik SVD yang telah dikorelasikan dan juga didukung oleh data geologi daerah penelitian.

Saran

Perlunya dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan metode geofisika lainnya seperti metode

Original Article

MT/AMT untuk mendapatkan kedalaman dari *cap rock* dan mengetahui top reservoir daerah penelitian.

Perlu dilakukan pengukuran tambahan ke area Utara untuk memetakan *heat source* dan menentukan batas zona reservoir daerah penelitian.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Pusat Sumber daya Mineral Batubara dan Panas Bumi atas kesempatan melakukan penelitian dan analisis data gayabarat daerah Bengkulu.

Daftar Pustaka

- [1] A. Sugianto and A. Kristianto, *Survei magnetotellurik daerah panas bumi kepahiang kabupaten kepahiang, bengkulu*, 1st ed., vol. 1. Bandung: Kelompok Penyidikan Bawah Permukaan, 2011.
- [2] K. E. dan S. D. Mineral, *Potensi Panas Bumi Indonesia Jilid 1*, 1st ed., vol. 53. Jakarta: Direktorat Panas Bumi Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2017.
- [3] S. Arsadipura, D. Djukardi, and M. Kholid, *Penyelidikan Geofisika Terpadu Gaya Berat, Geomagnet dan Geolistrik Daerah Panas Bumi Kepahiang, Kecamatan Kaba Wetan, Kabupaten Kepahiang, Provinsi Bengkulu*, 1st ed. Bandung: Prosiding Hasil Kegiatan Pusat Sumber Daya Geologi, 2011.
- [4] D. Erviantari and M. Sarkowi, "Studi Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Dan Keberadaan Hidrokarbon Berdasarkan Data Anomali Gaya Berat Pada Daerah Cekungan Kalimantan Tengah," *J. Geofis. Eksplor.*, vol. 2, no. 1, pp. 13–20, 2008, doi: <http://dx.doi.org/10.23960/jge.v2i01.215>.
- [5] M. Sarkowi, "Identifikasi struktur daerah panasbumi ulubelu berdasarkan analisa data svd anomali bouguer," *J. Sains MIPA*, vol. 16, no. 2, pp. 111–118, 2010.
- [6] F. H. Pradana, W. Lestari, and D. Warnana, "Pemodelan Nilai Data Gaya Berat Subduksi Pulau Jawa," *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. July 2018, pp. 6–9, 2017, doi: 10.12962/j23373539.v6i2.23530.
- [7] A. Zaenudin, M. Sarkowi, G. . Pambudi, and R. Z. Sinambela, "Analisis Zona Mineralisasi Emas Dengan Metode Derivative dan Pemodelan 3D Anomali Gayabarat, Studi Kasus: Pongkor, Jawa Barat," *Semin. Nas. AVoER XI 2019*, pp. 23–24, 2019.
- [8] W. . Telford, L. . Geldart, and R. E. Sheriff, *Applied Geophysics Second Edition*, 2nd ed. Cambridge, UK: Press Syndicate of The University of Cambridge, 1990.
- [9] H. Alsadi and E. Baban, *Introduction To Gravity Exploration Method*, First edit., no. October. Sulaimaniyah, Iraq: University of Sulaimaniyah, 2014.
- [10] R. J. Blakely, *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge, UK: Cambridge University, 1996.
- [11] B. Hardiansyah, "Identifikasi Struktur Bawah

- Permukaan Daerah Panas Bumi TG-11 Dengan Menggunakan Metode Gayaberat,” UNILA, 2016.
- [12] A. A. L. Imbron, “Deliniasi Sub-Cekungan Seram Untuk Mengetahui Potensi Hidrokarbon Berdasarkan Data Gayaberat,” UNILA, 2017.
- [13] J. M. Reynold, *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. North Wales, UK: John Wiley & Sons Ltd., 1997.
- [14] F. Wahyuningsih, “Pendugaan Struktur Bawah Permukaan dan Reservoir Lapangan Panasbumi Malingping Berdasarkan Analisis Data Gayaberat,” UNILA, 2017.
- [15] R. B. Sihombing, “Pemodelan dan Analisa Struktur Bawah Permukaan Daerah Prospek Panasbumi Kepahiang Berdasarkan Metode Gayaberat,” UNILA, 2017.
- [16] H. Grandis, *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*, no. 80. Bandung: Himpunan Ahli Geofisika Indonesia (HAGI), 2009.
- [17] A. Handyarso and T. Padmawidjaja, “Struktur Geologi Bawah Permukaan Cekungan Bintuni Berdasarkan Analisis Data Gayaberat,” *J. Geol. dan Sumberd. Miner.*, vol. 18, no. 2, pp. 53–66, 2017.
- [18] D. Kusnadi, M. Nurhadi, and Suparman, *Penyelidikan Terpadu Geologi dan Geokimia Daerah Panas Bumi Kepahiang, Kabupaten Kepahiang, Bengkulu*, 1st ed. Bandung: Bidang Energi, 2011.