

IMPLEMENTASI METODE GRAVITASI UNTUK PEMODELAN KONSEPTUAL SISTEM PANAS BUMI DAERAH KARAHA-TALAGA BODAS PROVINSI JAWA BARAT

Ireneus Graharbarto, Herlienda Elizabeth Keilani Gagola, Kevin Febri Lantang Pasolang
Universitas Trisakti Jakarta, Indonesia
Email: ireneusgraharbarto@gmail.com

*Correspondence: ireneusgraharbarto@gmail.com

INFO ARTIKEL

Diajukan : 21-12-2022
Diterima : 24-01-2023
Diterbitkan : 31-01-2023

ABSTRAK

Tingginya penggunaan energi tak-terbarukan dan ketidakpastian sumber panas di daerah Karaha-Talaga Bodas menjadi latar belakang dalam penelitian ini. Tingginya penggunaan energi tak-terbarukan seiring meningkatnya kebutuhan dapat menyebabkan cadangan energi tak-terbarukan menjadi menipis. Oleh karena itu diperlukan perubahan cara pandang, yaitu dengan melakukan peralihan penggunaan energi tak-terbarukan menjadi energi terbarukan, yang salah satunya adalah energi panas bumi. Untuk mengoptimalkan potensi panas bumi, dibutuhkan penelitian terkait identifikasi komponen sistem panas bumi, yang salah satunya adalah sumber panas. Informasi mengenai kemungkinan sumber panas dapat diperkirakan melalui informasi permukaan, namun informasi tersebut masih kurang efektif, karena sebagian besar kemungkinan sumber panas tidak benar-benar sesuai dengan yang diindikasikan dari informasi permukaan, sehingga diperlukan metode untuk memvalidasi kemungkinan sumber panas tersebut, yang salah satu metodenya adalah gravitasi. Tujuan penelitian adalah untuk mengidentifikasi sumber panas dan memperkirakan model konseptual sistem panas bumi Karaha-Talaga Bodas dengan menggunakan metode gravitasi. Hasil kajian permukaan menunjukkan adanya kemungkinan sumber panas berupa pusat-pusat erupsi di daerah Karaha-Talaga Bodas. Hasil kajian gravitasi menunjukkan adanya kemungkinan sumber panas berdasarkan nilai anomali Bouguer, anomali gravitasi regional, anomali gravitasi residual, dan densitas yang tinggi di bawah daerah Talaga Bodas. Sedangkan kemungkinan sumber panas di bawah daerah Karaha ditunjukkan dengan nilai anomali gravitasi residual dan kontras densitas yang tinggi. Berdasarkan model konseptual sistem panas bumi Karaha-Talaga Bodas, dapat diinterpretasikan sistem panas bumi Karaha dan Talaga Bodas mempunyai sumber panas yang berbeda.

Kata Kunci: Gravitasi;
Sumber Panas; Model
Konseptual.

ABSTRACT

Keywords: Gravity; Heat
Source; Conceptual Model.

The high usage of non-renewable energy and the uncertainty of heat sources in the Karaha- Talaga Bodas area are the background of this research. The high usage of non-renewable energy over-increased necessity can cause the reserve become depleted. Therefore, a different perspective is needed by switching the use of non-renewable to renewable energy, which is geothermal energy. To optimize the potential of geothermal, similar research about geothermal's system component is needed, which is heat source. This piece of information

regarding the probability of the heat source being foreseeable from the surface, but the detail is still less-effective since most of the possible heat sources do not correspond to those indicated from the surface information, thereby, the gravity method can validating the probability of the heat source. The research purposely indicates the heat source and foresees the conceptual geothermal system in Karaha-Talaga Bodas area using the gravity method. The surface's study results shows a probability of heat source as the eruption centers in the Karaha-Talaga Bodas area. The gravity's study results shows a probability of heat source by the Bouguer anomaly, regional gravity anomaly, residual gravity anomaly, and high-density in the Talaga Bodas subsurface area. Meanwhile, the gravity's study results shows a probability of heat source in Karaha subsurface by the residual gravity anomaly and high density contrast. Based on the conceptual model of Karaha- Talaga Bodas geothermal system, it can be interpreted that the geothermal system in Karaha and Talaga Bodas has different heat source.



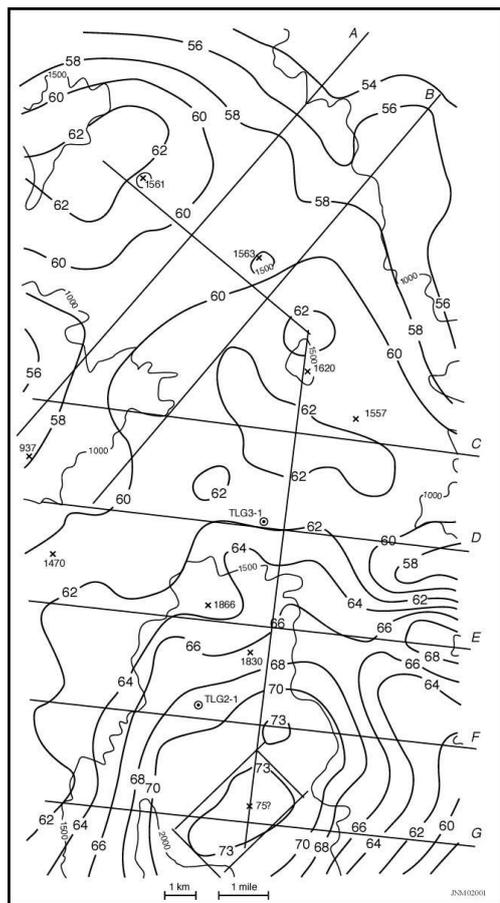
Attribution-ShareAlike 4.0 International

Pendahuluan

Tingginya penggunaan energi tak-terbarukan dan ketidakpastian sumber panas di daerah Karaha-Talaga Bodas menjadi latar belakang dalam penelitian ini. Tingginya penggunaan energi tak-terbarukan seiring meningkatnya kebutuhan dapat menyebabkan cadangan energi tak-terbarukan menjadi menipis. Oleh karena itu diperlukan perubahan cara pandang, yaitu dengan melakukan peralihan penggunaan energi tak-terbarukan menjadi energi terbarukan, yang salah satunya adalah energi panas bumi. Untuk mengoptimalkan potensi panas bumi, dibutuhkan penelitian terkait identifikasi komponen sistem panas bumi, yang salah satunya adalah sumber panas. Informasi mengenai kemungkinan sumber panas dapat diperkirakan melalui informasi permukaan, namun, informasi tersebut masih kurang efektif, karena sebagian besar kemungkinan sumber panas tidak benar-benar sesuai dengan yang diindikasikan dari informasi permukaan, sehingga diperlukan metode untuk memvalidasi kemungkinan sumber panas tersebut, yang salah satu metodenya adalah gravitasi. Rumusan masalah pada penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi sumber panas dan membuat model konseptual sistem panas bumi Karaha-Talaga Bodas. Tujuan penelitian adalah untuk mengidentifikasi sumber panas dan memperkirakan model konseptual sistem panas bumi Karaha-Talaga Bodas dengan menggunakan metode gravitasi. Mengacu pada Tripp dkk. (2002), terdapat kemungkinan sumber

panas berdasarkan nilai anomali Bouguer yang tinggi di bagian selatan peta, tepatnya di daerah tersebut dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antar keduanya, berikut persamaannya:

Talaga Bodas (Gambar 1), Hasil kajian tersebut didukung dengan hasil analisis petrografi dari beberapa sumur yang menunjukkan kemunculan *quartz diorite* (Tripp dkk., 2002).



Gambar 1. Peta anomali Bouguer Karaha- Talaga Bodas (Tripp dkk., 2002).

Metode gravitasi merupakan metode geofisika yang didasarkan pada hukum Newton mengenai gravitasi. Hukum gravitasi Newton menyatakan bahwa gaya tarik menarik antara dua benda berbanding lurus dengan kedua benda tersebut dan berbanding lurus dengan kedua benda,

Hukum Newton ke-2 menyatakan bahwa Jika benda bermassa m yang mengalami gaya sebesar F maka benda tersebut mengalami percepatan sebesar a , dalam hal ini $a = g$ (percepatan gravitasi bumi) berikut persamaan hukum Newton ke-2:

$$F = m \times g$$

Dengan demikian persamaan percepatan gravitasi adalah sebagai berikut:

$$g = G \times \frac{M}{R^2}$$

Keterangan:

g : percepatan gravitasi (m/s^2)

M : massa bumi (kg)

m : massa benda (m) (kg)

R : jarak antar pusat massa benda (m)

G : konstanta gravitasi

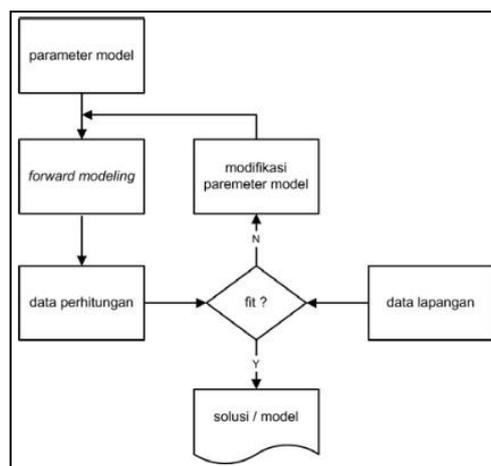
$$(6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}\text{s}^{-2})$$

Nilai percepatan gravitasi hasil akuisisi di lapangan, perlu dikoreksi terlebih dahulu sampai dapat diinterpretasi secara kualitatif hingga kuantitatif. Metode-metode yang dilakukan adalah berupa; koreksi pasang surut (*tidal correction*), koreksi apungan (*drift correction*), koreksi lintang (*latitude correction*), koreksi udara bebas (*free air correction*), koreksi Bouguer (*Bouguer correction*), koreksi medan (*terrain correction*), Anomali Bouguer Lengkap (*Complete Bouguer Anomaly*), analisis spektrum, dan pemrosesan lanjut.

Pemodelan gravitasi dapat dilakukan setelah proses pengolahan data telah selesai dilakukan.

Pemodelan inversi merupakan salah satu jenis pemodelan gravitasi. Pemodelan inversi sering dikatakan sebagai “kebalikan” dari pemodelan ke depan karena dalam pemodelan inversi parameter model diperoleh secara langsung dari data. Pemodelan inversi pada dasarnya adalah proses sebagaimana digambarkan pada Gambar

2 namun mekanisme modifikasi model agar diperoleh kecocokan data perhitungan dan data pengamatan yang lebih baik dilakukan secara otomatis. Dalam proses pemodelan inversi, dicari parameter model yang menghasilkan repons yang sesuai dengan data pengamatan (Grandis, 2009).



Gambar 2. Teknik pemodelan dengan cara mencoba-coba dan memodifikasi parameter modal hingga diperoleh kecocokan antara data perhitungan dan data lapangan (Grandis, 2009).

Secara geologi, bumi tersusun atas berbagai macam jenis batuan yang memiliki densitas bervariasi. Densitas batuan dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Densitas batuan (Telford dkk., 1990).

<i>Rock type</i>	<i>Range (g/cm³)</i>	<i>Average (g/cm³)</i>
<i>Sediments (wet)</i>		
<i>Overburden</i>		1.92
<i>Soil</i>	1.2 – 2.4	1.92
<i>Clay</i>	1.63 – 2.6	2.21
<i>Gravel</i>	1.7 – 2.4	2.0

<i>Sand</i>	1.7 – 2.3	2.0
<i>Sandstone</i>	1.61 – 2.76	2.35
<i>Shale</i>	1.77 – 3.2	2.40
<i>Limestone</i>	1.93 – 2.90	2.55
<i>Dolomite</i>	2.28 – 2.90	2.70
<i>Sedimentary rocks (av.)</i>		2.50
<i>Igneous rocks</i>		
<i>Rhyolite</i>	2.35 – 2.70	2.52
<i>Andesite</i>	2.4 – 2.8	2.61
<i>Granite</i>	2.50 – 2.81	2.64
<i>Granodiorite</i>	2.67 – 2.79	2.73
<i>Porphyry</i>	2.60 – 2.89	2.74
<i>Quartz diorite</i>	2.62 – 2.96	2.79
<i>Diorite</i>	2.72 – 2.99	2.85
<i>Lavas</i>	2.80 – 3.00	2.90
<i>Diabase</i>	2.50 – 3.20	2.91
<i>Basalt</i>	2.70 – 3.30	2.99
<i>Gabbro</i>	2.70 – 3.50	3.03
<i>Peridotite</i>	2.78 – 3.37	3.15
<i>Acid igneous</i>	2.30 – 3.11	2.61
<i>Basic igneous</i>	2.09 – 3.17	2.79
<i>Metamorphic rocks</i>		
<i>Quartzite</i>	2.5 – 2.70	2.60
<i>Schists</i>	2.39 – 2.9	2.64
<i>Graywacke</i>	2.6 – 2.7	2.65
<i>Marble</i>	2.6 – 2.9	2.75
<i>Serpentine</i>	2.4 – 3.10	2.78

Tabel 2. Densitas batuan (lanjutan) (Telford dkk., 1990).

<i>Rock type</i>	<i>Range (g/cm³)</i>	<i>Average (g/cm³)</i>
<i>Metamorphic rocks</i>		
<i>Slate</i>	2.7 – 2.9	2.79
<i>Gneiss</i>	2.59 – 3.0	2.80

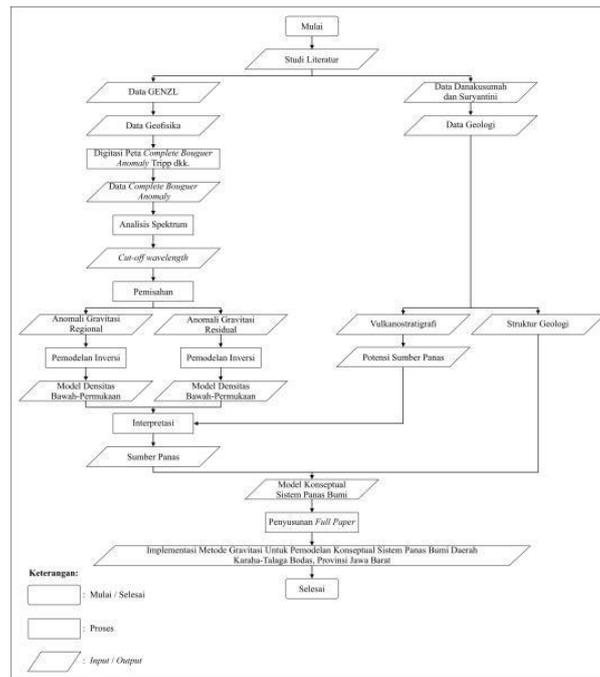
<i>Amphibolite</i>	2.90 – 3.04	2.96
<i>Eclogite</i>	3.2 – 3.54	3.37
<i>Metamorphic</i>	2.4 – 3.1	2.74

Metode Penelitian

Metodologi penelitian terbagi menjadi 7 tahap, yaitu tahap studi literatur, tahap pengumpulan data, tahap pengolahan data, tahap pemodelan inversi, tahap interpretasi, tahap pemodelan konseptual sistem panas bumi, dan tahap penyusunan *full paper*. Diagram alir metodologi penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.

1. Tahap Studi Literatur
Pada tahap ini, studi literatur yang dilakukan dengan mempelajari geologi dan referensi-referensi peneliti terdahulu yang terkait dengan daerah penelitian.
2. Tahap Pengumpulan Data
Pada tahap ini, pengumpulan data yang dilakukan berupa mendigitasi *print* peta *Complete Bouguer Anomaly* (CBA) Karaha-Talaga Bodas (Gambar 1), yang diperoleh dari survei gravitasi tahun 1997 oleh GENZL.
3. Tahap Pengolahan Data
Pada tahap ini, pengolahan data yang dilakukan berupa pemrosesan lanjut data CBA, meliputi; analisis spektrum dan pemisahan anomali gravitasi regional-residual.
4. Tahap Pemodelan Inversi
Pada tahap ini, pemodelan inversi dilakukan pada data anomali gravitasi regional dan anomali gravitasi residual.
5. Tahap Interpretasi
Pada tahap ini, interpretasi dilakukan pada hasil pemodelan inversi.
6. Tahap Pemodelan Konseptual Sistem Panas Bumi
Hasil kajian permukaan dan pemodelan inversi diintegrasikan untuk mempekirakan model konseptual sistem panas bumi Karaha-Talaga Bodas.
7. Tahap Penyusunan *Full Paper*
Tahap Penyusunan *Full Paper* merupakan tahap terakhir dari metodologi penelitian.

Implementasi Metode Gravitasi Untuk Pemodelan Konseptual Sistem Panas Bumi Daerah Karaha-Talaga Bodas, Provinsi Jawa Barat



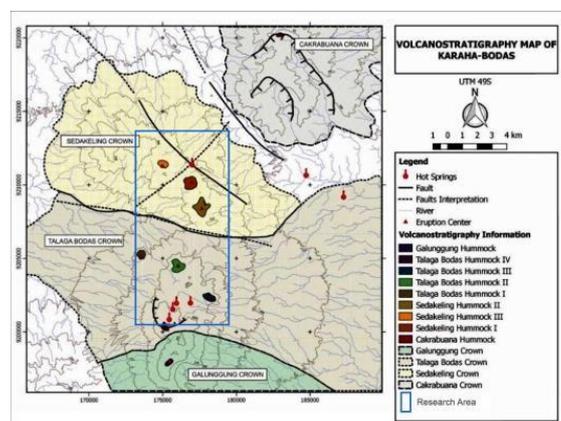
Gambar 3. Diagram alir metodologi penelitian.

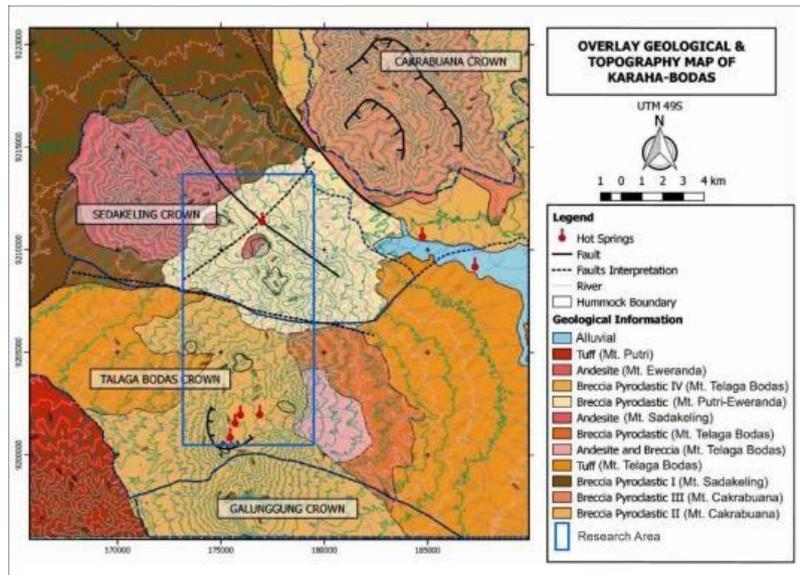
Hasil dan Pembahasan

I.1 Vulkanostratigrafi

Merujuk pada hasil kajian vulkanostratigrafi oleh Danakusumah dan Suryantini (2020), daerah penelitian terletak di daerah Karaha-Talaga Bodas yang tersusun atas produk vulkanik. Berdasarkan peta vulkanostratigrafi (Gambar 4), daerah penelitian terdiri dari Khuluk Cakrabuana, Khuluk Sedakeling, Khuluk Talaga Bodas, Khuluk Galunggung, Gumuk Cakrabuana, Gumuk Sedakeling I, Gumuk Sedakeling II, Gumuk Sedakeling III, Gumuk Talaga Bodas I, Gumuk Talaga Bodas II, Gumuk Talaga Bodas III, Gumuk Talaga Bodas IV, dan Gumuk Galunggung. Detail *overlay* peta geologi dan topografi Karaha-Talaga Bodas dapat dilihat pada Gambar 5. Stratigrafi daerah Karaha-Talaga Bodas dapat dilihat pada Gambar 6. Adapun pola struktur geologi di daerah Karaha-Talaga Bodas berarah barat laut-tenggara dan timur laut-barat daya, melewati Kawah Karaha (Gambar 5). Struktur yang diperkirakan berarah Barat Barat Laut - Timur Timur Tenggara ini terletak di antara punggung Karaha dan Talaga Bodas (Danakusumah dan Suryantini, 2020).

Gambar 4. Peta vulkanostratigrafi Karaha- Talaga Bodas dimodifikasi dari (Danakusumah





dan Suryantini, 2020).

Gambar 5. Overlay peta geologi dan topografi Karaha-Talaga Bodas dimodifikasi dari (Danakusumah dan Suryantini, 2020).

Dates (m. y.)		Symbol	Lithology
Q u a r t e r	0.507		Alluvial
	0.554		Tuff (Mt. Putri)
	0.586		Andesite (Mt. Eweranda)
			Breccia Pyroclastic IV (Mt. Telaga Bodas)
			Breccia Pyroclastic (Mt. Putri-Eweranda)
			Andesite (Mt. Sadakeling)
			Breccia Pyroclastic (Mt. Telaga Bodas)
			Andesite and Breccia (Mt. Telaga Bodas)
			Tuff (Mt. Telaga Bodas)
0.649		Breccia Pyroclastic I (Mt. Sadakeling)	
1.3		Breccia Pyroclastic III (Mt. Cakrabuana)	
1.74		Breccia Pyroclastic II (Mt. Cakrabuana)	

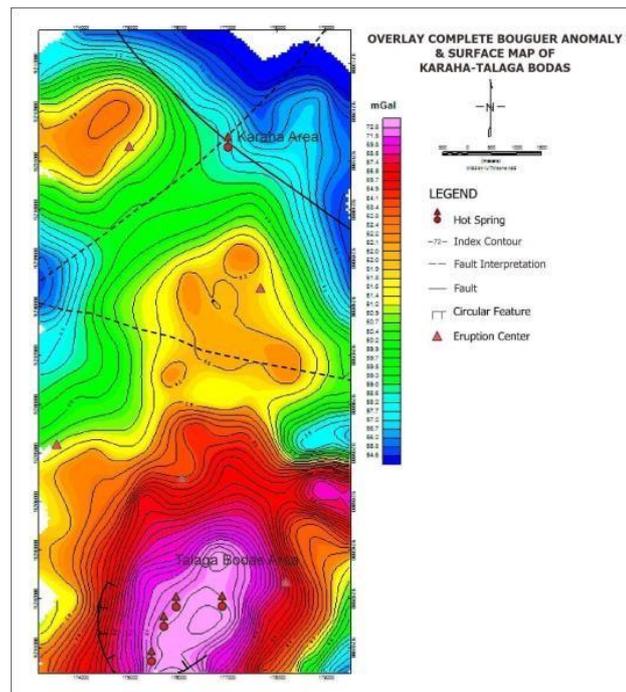
Gambar 6. Stratigrafi Karaha-Talaga Bodas (Danakusumah dan Suryantini, 2020).

Evolusi geologi yang ditunjukkan dari sejarah aktivitas vulkanik di daerah penelitian dapat digunakan sebagai indikasi kemungkinan sumber panas. Hasil kajian permukaan menunjukkan adanya kemungkinan sumber panas berupa pusat-pusat erupsi di daerah Karaha-Talaga Bodas, terutama di Khuluk Talaga Bodas dan Khuluk Sedakeling (Gambar 4). Potensi panas bumi pada Karaha-Talaga Bodas diyakini memiliki potensi dengan sistem dominasi uap dengan temperatur mencapai 350°C (Powell dkk., 2001). Di sisi lain, keberadaan fitur sirkular tepatnya Kawah Galunggung di daerah Talaga Bodas menurut Allis dkk., (2000) mengindikasikan ada peran aktivitas vulkanik terhadap sistem panas bumi Karaha-Talaga Bodas yang menyebabkan daerah utara dari Karaha-Talaga Bodas tersusun dari Breksi, Breksi Piroklastik dan Andesit yang berasal dari erupsi gunung api tua. Sedangkan pada bagian selatan terdiri atas Breksi Piroklastik hasil dari gunung api muda.

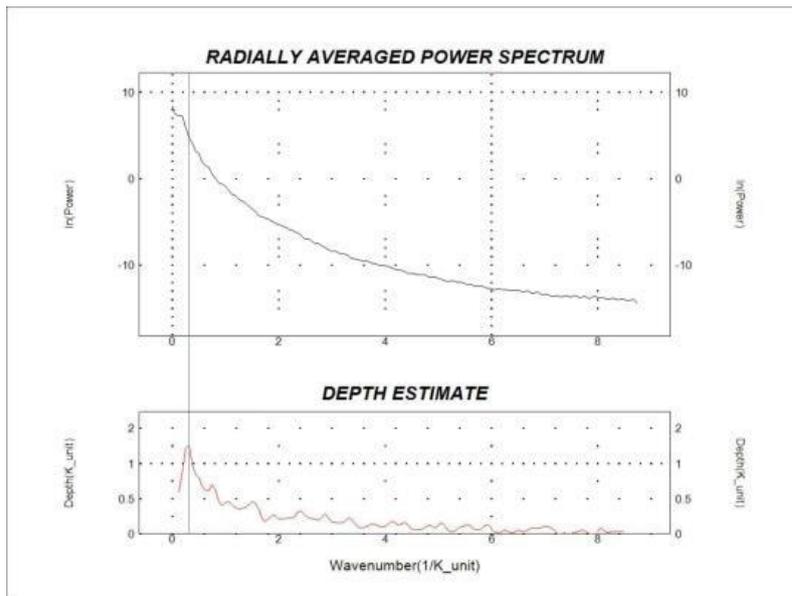
Complete Bouguer Anomaly didapatkan dari hasil digitasi *print* peta *Complete Bouguer Anomaly* (CBA) Karaha-Talaga Bodas (Tripp dkk., 2002). Berdasarkan *overlay* peta CBA dan permukaan Karaha-Talaga Bodas diketahui bahwa kemungkinan sumber panas ditunjukkan dengan adanya pusat-pusat erupsi di daerah Karaha-Talaga Bodas. Kemungkinan sumber panas di bawah daerah Talaga Bodas didukung dengan distribusi nilai anomali Bouguer yang tinggi di bagian selatan (Gambar 7).

Gambar 7. *Overlay* peta CBA dan permukaan Karaha-Talaga Bodas.

Analisis spektrum digunakan untuk menentukan *cut-off* frekuensi spasial untuk proses



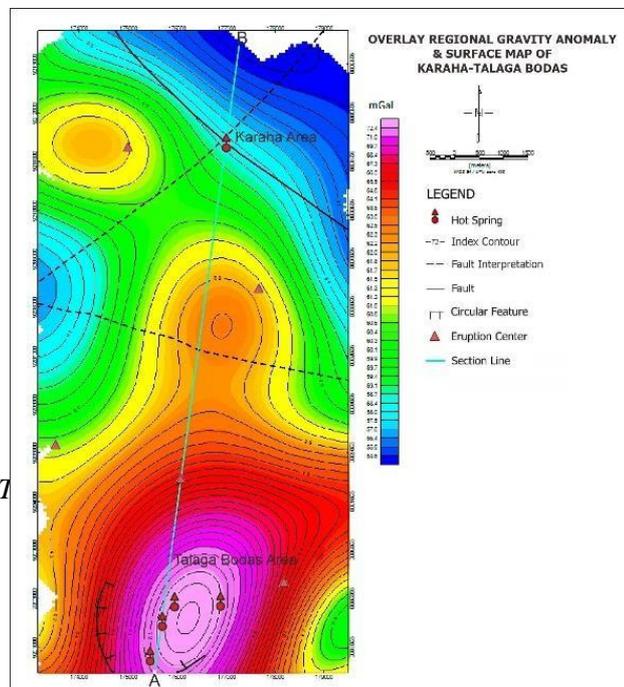
filtering lebih lanjut (Grandis, 2015). Berdasarkan *radially averaged power spectrum*, *cut-off wavenumber* adalah sekitar 0.26 km^{-1} (Gambar 8), sesuai dengan panjang gelombang 3.82 km atau 3820 m.



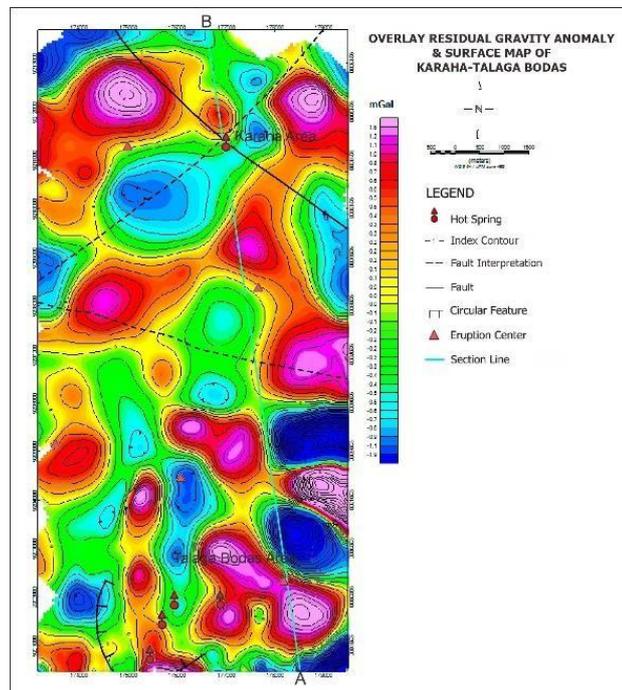
Gambar 8. Radially averaged power spectrum.

Kemungkinan sumber panas telah teridentifikasi dari peta CBA (Gambar 7), namun CBA merupakan penjumlahan dari anomali gravitasi regional dan anomali gravitasi residual. Anomali gravitasi regional merupakan anomali gravitasi dengan panjang gelombang yang panjang dan berkaitan dengan anomali dalam, sedangkan anomali gravitasi residual merupakan anomali gravitasi dengan panjang gelombang yang pendek dan berkaitan dengan anomali dangkal. Kedua anomali tersebut perlu dipisahkan untuk mendapatkan anomali yang berkaitan dengan sumber panas yang menjadi tujuan penelitian.

Anomali gravitasi regional didapatkan dari *low-pass Butterworth filter*, sedangkan anomali gravitasi residual didapatkan dari *high pass Butterworth filter*. *Cut-off wavelength* yang dipergunakan yaitu 3820 m (didapatkan dari analisis spektrum). Berdasarkan *overlay* peta anomali gravitasi regional dan permukaan Karaha-Talaga Bodas diketahui bahwa kemungkinan sumber panas ditunjukkan dengan adanya pusat-pusat erupsi di daerah Karaha-Talaga Bodas. Kemungkinan sumber panas di bawah daerah Talaga Bodas didukung dengan distribusi nilai anomali gravitasi regional- residual yang tinggi di bagian selatan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9 dan Gambar 10.

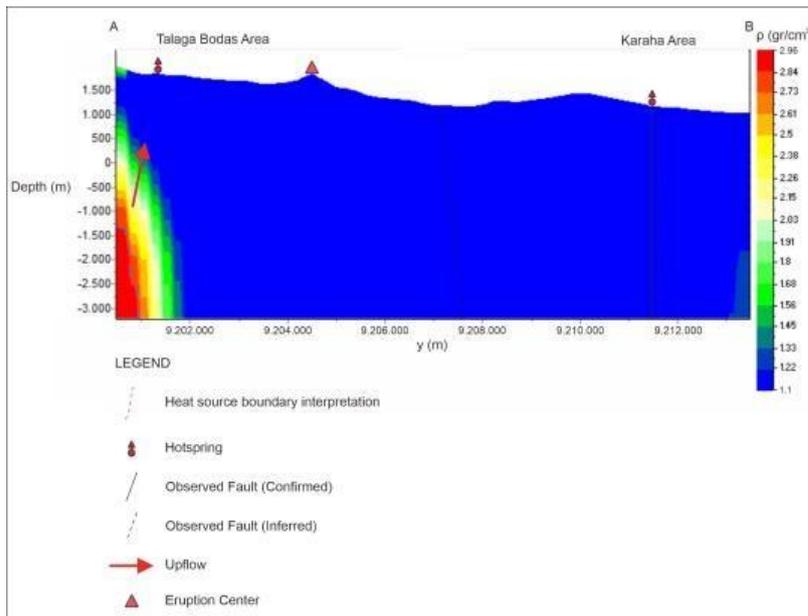


Gambar 9. Overlay peta anomali gravitasi regional dan permukaan Karaha-Talaga Bodas.

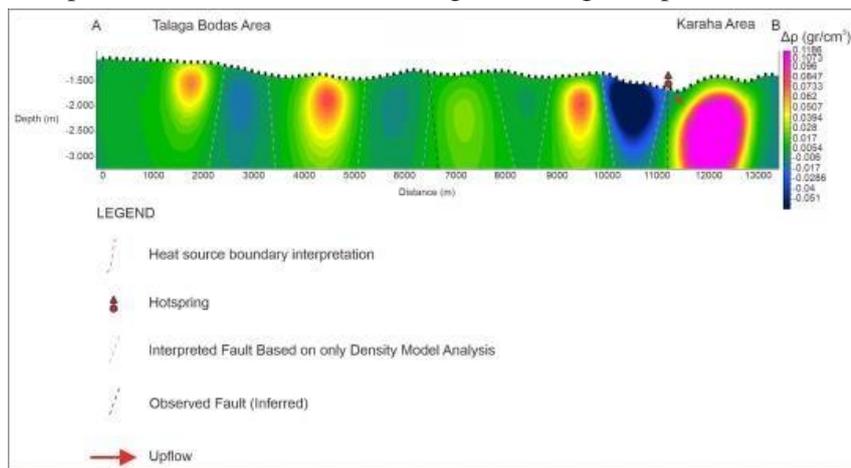


Gambar 10. Overlay peta anomali gravitasi

Perkiraan model konseptual sistem panas bumi Karaha-Talaga Bodas ditunjukkan pada Gambar 11 dan Gambar 12. Model konseptual hasil integrasi kajian permukaan dengan pemodelan inversi menunjukkan bahwa sistem panas bumi Karaha-Talaga Bodas masing-masing memiliki kemungkinan sumber panas. Model konseptual hasil integrasi kajian permukaan dan pemodelan inversi data anomali gravitasi regional profil A-B menunjukkan adanya kemungkinan sumber panas berdasarkan nilai densitas yang tinggi, yaitu sekitar $2.84 - 2.96 \text{ gr/cm}^3$ di bawah daerah Talaga Bodas. Berdasarkan tabel densitas batuan oleh Telford dkk. (1990) (Tabel 1), nilai densitas tersebut kemungkinan merupakan *quartz diorite*. Hasil kajian tersebut didukung dengan hasil analisis petrografi dari beberapa sumur yang menunjukkan kemunculan *quartz diorite* (Tripp dkk., 2002). Kemungkinan sumber panas tersebut terletak pada kedalaman sekitar ± -1000 m. Sedangkan model konseptual hasil integrasi kajian permukaan dan pemodelan inversi data anomali gravitasi residual profil A-B menunjukkan adanya kemungkinan sumber panas berdasarkan nilai kontras densitas yang tinggi, yaitu sekitar $0.1073 - 0.1186 \text{ gr/cm}^3$ di bawah daerah Karaha.



Gambar 11. Model konseptual sistem panas bumi Karaha-Talaga Bodas hasil integrasi kajian permukaan dan pemodelan inversi data anomali gravitasi regional profil A-B.



Gambar 12. Model konseptual sistem panas bumi Karaha-Talaga Bodas hasil integrasi kajian permukaan dan pemodelan inversi data anomali gravitasi residual profil A-B.

Kesimpulan

Hasil kajian gravitasi menunjukkan adanya kemungkinan sumber panas berdasarkan nilai anomali Bouguer, anomali gravitasi regional, anomali gravitasi residual, dan densitas yang tinggi di bawah daerah Talaga Bodas. Sedangkan kemungkinan sumber panas di bawah daerah Karaha ditunjukkan dengan nilai anomali gravitasi residual dan kontras densitas yang tinggi. Berdasarkan model konseptual sistem panas bumi Karaha-Talaga Bodas, diinterpretasikan sistem panas bumi Karaha dan Talaga Bodas mempunyai sumber panas yang berbeda.

Bibliografi

- Allis, R., Moore, J., McCulloch, J., Petty, S., dan DeRocher, T. (2000): Karaha-Telaga- Bodas, Indonesia: A Partially Vapor- Dominated Geothermal System, *Transactions-Geothermal Resources Council*, 217–222.
- Danakusumah, G., dan Suryantini (2020): Integration of the Lineament Study in the Karaha-Bodas Geothermal Field, West Java, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Institute of Physics Publishing, 417.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/417/1/012008>
- Grandis, H. (2009): Pengantar pemodelan inversi geofisika, *Himpunan Ahli Geofisika Indonesia (HAGI)*.
- Grandis, H. (2015): Gravity and magnetics for hydrocarbon and geothermal exploration.
- Powell, T., Moore, J., DeRocher, T., dan McCulloch, J. (2001): Reservoir Geochemistry of the Karaha-Telaga Bodas Prospect, Indonesia, *Transactions- Geothermal Resources Council*, 363–368.
- Telford, W. M., Telford, W. M., Geldart, L. P., dan Sheriff, R. E. (1990): *Applied geophysics*, Cambridge university press.
- Tripp, A., Moore, J., Ussher, G., dan McCulloch, J. (2002): Gravity modeling of the Karaha- Telaga Bodas geothermal system, Indonesia, *Procedings, Twenty-seventh Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University*.