

**KARAKTERISTIK ANOMALI GAYA BERAT  
DAN NILAI TAHANAN JENIS AUDIO MAGNETOTELURIK (AMT)  
DI DAERAH PANAS BUMI GIMPU, KABUPATEN SIGI, SULAWESI TENGAH**

**CHARACTERISTICS OF GRAVITY ANOMALIES  
AND RESISTIVITY VALUE OF AUDIO MAGNETOTELLURIC (AMT)  
IN GIMPU GEOTHERMAL AREA, SIGI REGENCY, CENTRAL SULAWESI**

**Asep Sugianto dan Mochamad Nur Hadi**  
Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi  
asep.sugianto@esdm.go.id

### ABSTRAK

Daerah panas bumi Gimpu merupakan salah satu daerah panas bumi di Sulawesi Tengah. Manifestasi panas bumi permukaan dicirikan dengan kemunculan mata air panas bertemperatur 53-67°C. Penelitian geofisika di daerah ini dilakukan untuk mengetahui struktur bawah permukaan yang menggambarkan sistem panas bumi daerah Gimpu. Pada makalah ini dibahas mengenai karakteristik anomali gaya berat dan nilai tahanan jenis data audio magnetotellurik (AMT). Hasil penelitian memperlihatkan pola sebaran anomali gaya berat yang membentuk kelurusan berarah hampir utara-selatan dan baratlaut-tenggara. Kelurusan tersebut juga terlihat dari hasil analisis *First Horizontal Derivative (FHD)*. Kelurusan tersebut diduga berhubungan dengan struktur sesar yang menjadi pengontrol kemunculan mata air panas di permukaan. Hasil pemodelan gaya berat 3D memperlihatkan adanya bodi dengan densitas tinggi di sekitar mata air panas Langkapa, diduga sebagai respon dari batuan beku yang mengindikasikan adanya sumber panas di bawah permukaan. Hasil pemodelan AMT 2D memperlihatkan sebaran nilai tahanan jenis rendah <40 Ohm.m di sekitar mata air panas Langkapa dan mata air panas Karani. Pola sebaran nilai tahanan jenis rendah di daerah ini tidak seperti di lingkungan vulkanik pada umumnya, tetapi lebih menyerupai pola sebaran tahanan jenis di daerah panas bumi non-vulkanik. Karena itu, daerah yang diperkirakan berasosiasi dengan batuan penudung pada sistem panas bumi Gimpu memiliki nilai tahanan jenis <40 Ohm.m. Zona tahanan jenis rendah tersebut terletak di sekitar mata air panas Langkapa dan mata air panas Karani dengan luas sekitar 3 km<sup>2</sup>.

**Kata kunci:** gaya berat, audio magnetotellurik, panas bumi, Gimpu, Sulawesi Tengah

### ABSTRACT

*The Gimpu geothermal area is one of the geothermal areas in Central Sulawesi. Surface geothermal manifestations are characterized by the emergence of hot springs with a temperature of 53–67 °C. Geophysics research in this area was conducted to determine the subsurface structure that describes the geothermal system in the Gimpu area. This paper discusses the characteristics of gravity anomalies and resistivity values in magnetotelluric audio (AMT) data. The results show that the distribution pattern of gravity anomalies forms a nearly north-south and northwest-southeast trending lineament. This alignment can also be seen from the results of the First Horizontal Derivative (FHD) analysis. This alignment is thought to be related to the fault structure, which controls the appearance of hot springs on the surface. The results of the 3D gravity modeling show that there is a high-density body around the Langkapa hot springs, presumably as a response from igneous rocks indicating a heat source beneath the surface. The results of 2D AMT modeling show the distribution of low resistivity values of 40 Ohm.m around the Langkapa and Karani hot springs. The distribution*

*pattern of low resistivity values in this area is not like that in volcanic environments in general but is more like the distribution pattern of resistivity in non-volcanic geothermal areas. Therefore, the area that is estimated to be associated with the cap rock in the Gimpu geothermal system has a resistivity value of 40 Ohm.m. The low resistivity zone is located around the Langkapa and Karani hot springs, with an area of about 3 km<sup>2</sup>.*

**Keywords:** gravity, audio-magnetotelluric, geothermal, Gimpu, Central Sulawesi

## PENDAHULUAN

Pada eksplorasi panas bumi digunakan metode geofisika untuk mengetahui kondisi bawah permukaan. Metode geofisika tersebut untuk mengetahui sifat fisika batuan di daerah survei. Kontras sifat batuan mengindikasikan adanya anomali geologi yang berkorelasi dengan tataan geologi ataupun sistem panas bumi. Anomali geofisika umumnya memiliki karakteristik tersendiri untuk masing-masing daerah. Karena itu, pemahaman mengenai karakteristik anomali dapat membantu proses interpretasi data geofisika di suatu daerah.

Daerah panas bumi Gimpu merupakan salah satu daerah panas bumi di Pulau Sulawesi yang berasosiasi dengan Sesar Palu-Koro. Daerah tersebut terletak di sebelah selatan Kota Palu dan secara administrasi termasuk ke Kabupaten Sigi, Provinsi Sulawesi Tengah (Gambar 1). Manifestasi panas bumi dicirikan dengan munculnya mata air panas bertemperatur 53-67°C (Kusnadi et al., 2017). Di daerah tersebut juga belum terdapat informasi data geofisika yang menggambarkan sistem panas bumi di daerah Gimpu, maka perlu dilakukan penelitian geofisika untuk memberikan informasi terkait karakteristik anomali geofisika yang dapat digunakan untuk memahami sistem panas bumi di daerah Gimpu.

Beberapa penelitian terkait aplikasi metode geofisika untuk eksplorasi panas bumi telah banyak dilakukan, diantaranya oleh (Daud et al., 2017, 2018; Xuben et al., 2015). Aplikasi dan analisis data gaya berat untuk memahami struktur bawah permukaan pada suatu sistem panas bumi juga telah banyak dilakukan diantaranya

oleh (Mulyani et al., 2022; Parapat et al., 2017; Setyawan et al., 2015; Sugianto et al., 2017; Sugianto & Rahadinata, 2015a). Beberapa peneliti juga telah melakukan kajian terkait aplikasi dan analisis data AMT untuk memahami struktur tahanan jenis pada suatu sistem panas bumi, diantaranya (Sugianto & Rahadinata, 2015b; Suryadi et al., 2019; Yuanita et al., 2015).

Aplikasi metode gaya berat dan AMT telah banyak diaplikasikan untuk eksplorasi panas bumi di daerah lain, tetapi belum ada yang mengaplikasikan metode tersebut di daerah panas bumi Gimpu. Karena itu, penulis sangat tertarik untuk memberikan informasi mengenai karakteristik anomali gaya berat dan nilai tahanan jenis (AMT) dalam memahami struktur bawah permukaan yang berkorelasi dengan kemunculan mata air panas di daerah panas bumi Gimpu.

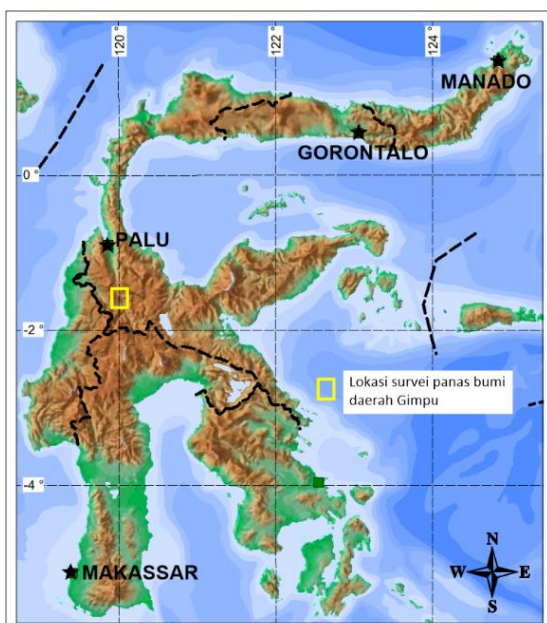
Tujuan dari penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai karakteristik anomali gaya berat dan nilai tahanan jenis (AMT) yang dapat menggambarkan struktur yang diduga mengontrol sistem panas bumi di daerah panas bumi Gimpu.

## METODOLOGI

Pengukuran gaya berat dilakukan pada 201 titik yang tersebar secara acak dengan interval antara 500 m sampai 1000 m, sedangkan pengukuran data AMT dilakukan pada 61 titik ukur yang tersebar pada 9 lintasan dengan interval 1000 m. Interpretasi terhadap data gaya berat dan AMT dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif.

Interpretasi kualitatif data gaya berat dilakukan terhadap peta anomali Bouguer, anomali Regional, dan anomali Residual. Interpretasi juga dilakukan terhadap data gaya berat hasil analisis *first horizontal derivative* untuk mengidentifikasi zona sesar. Interpretasi kuantitatif data gaya berat dilakukan terhadap hasil pemodelan gaya berat 3D (Pirttjarvi, 2004).

Interpretasi data AMT dilakukan terhadap hasil pemodelan 2D tahanan jenis AMT (Rodi & Mackie, 2001) yang disajikan dalam bentuk penampang tahanan jenis dan peta tahanan jenis.



**Gambar 1.** Peta lokasi daerah panas bumi Gimpu

**GEOLOGI**

Daerah Gimpu dan sekitarnya berada pada tataan geologi Mandala Sulawesi bagian tengah dan tepat berada pada jalur sesar Palu-Koro yang membentang dari Teluk Donggala hingga ke Teluk Bone di bagian selatan. Secara regional daerah Gimpu didominasi oleh batuan beku dengan jenis Granit. Pembentukan geologi di daerah Gimpu diawali pembentukan batuan Metamorfik berumur Pra-Tersier yang merupakan batuan dasar di daerah tersebut. Batuan Metamorf dijumpai di bagian tengah berupa Sekis, Sabak, dan di

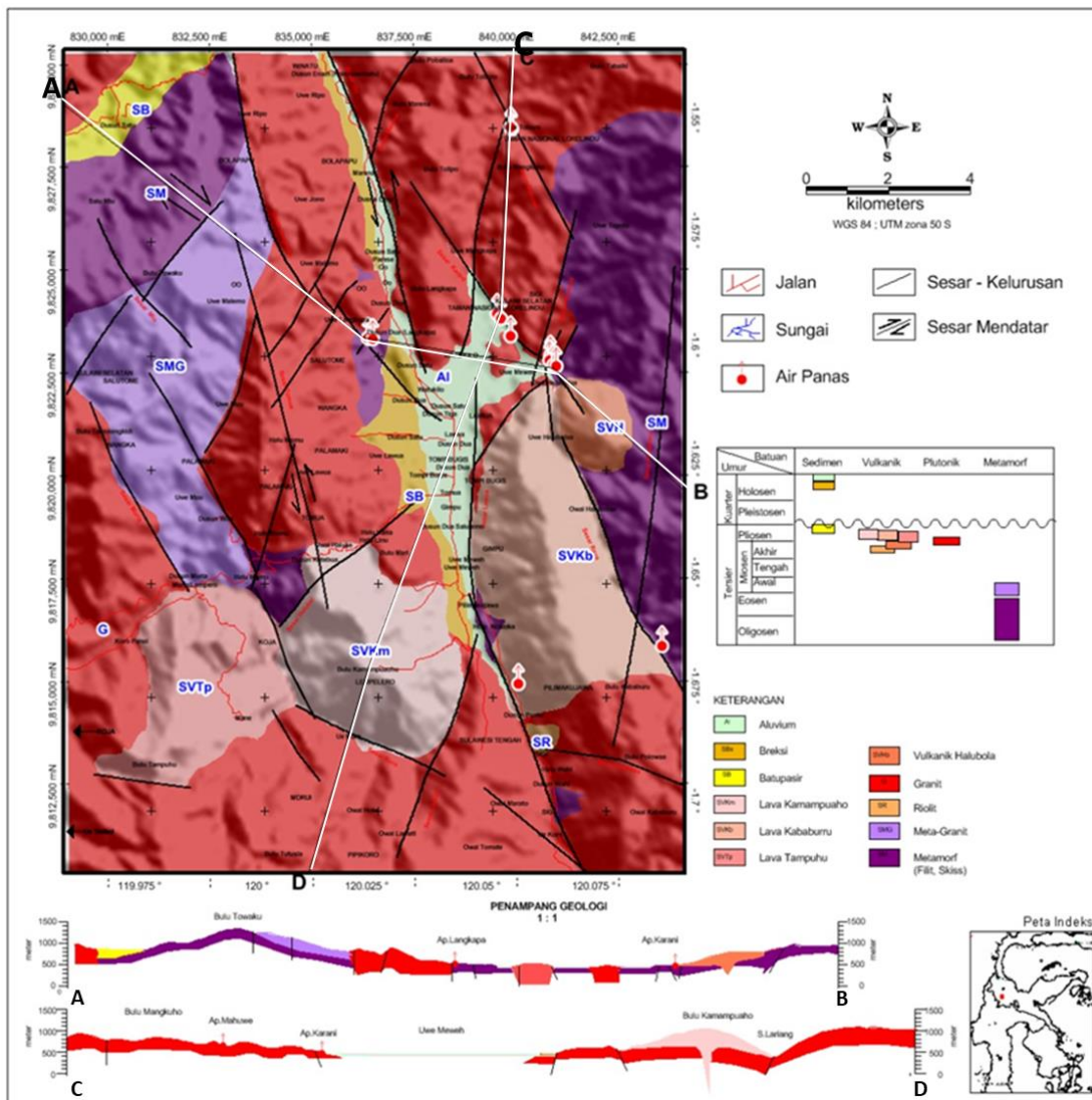
bagian timur berupa Filit tersebar luas di sepanjang Sungai Halu Bola.

Pada Kala Awal Oligosen terjadi tumbukan antar benua di Sulawesi bagian tengah (Parkinson, 1998; Villeneuve et al., 2002) dan disertai obduksi antara lempeng Mikro Kontinen Banggai Sula dan Sulawesi bagian barat pada Kala Miosen Awal (Simandjuntak et al., 1997). Proses tersebut memfasilitasi terjadinya orogenesis pada batuan Vulkanik dan Plutonik di sekitar Sulawesi bagian tengah. Di daerah Gimpu kenampakannya ditunjukkan oleh terbentuknya Riolit dan disertai oleh pembentukan intrusi Granit secara regional termasuk dalam Formasi Granit Kambuno. Aktivitas vulkanik terjadi hingga periode Tersier Akhir atau Pliosen dan membentuk produk berupa Lava Dome Halubola, Tampuhu, Kababuru dan Kamampua. Di bagian barat laut berkembang sedimentasi menghasilkan satuan Batupasir dengan sisipan Lignit dan Lempung hitam serta Konglomerat, yang terbentuk pada lingkungan darat. Produk terakhir seiring dengan aktifnya sesar besar Oo dan Lawua menghasilkan produk Breksi yang mengisi celah-celah sesar tersebut.

Stratigrafi daerah Gimpu tersusun atas 11 satuan batuan, yaitu satuan Metamorf, satuan Metagranit, satuan Riolit, satuan Granit, , satuan Vulkanik Halubola, Lava Tampuhu, Lava Kababuru, Lava Kamampua, satuan Batupasir, satuan Breksi, dan Alluvium (Kusnadi et al., 2017), lihat Gambar 2.

Struktur geologi yang terbentuk di daerah survei berpola barat laut-tenggara sejajar dengan Sesar Palu-Koro dan juga antitetiknya yang berarah baratdaya-timurlaut. Sesar yang terbentuk di sekitar Langkapa memfasilitasi munculnya air panas Langkapa dan membatasi depresi Gimpu bersama sesar Karani yang memfasilitasi air panas Karani dan Halubola serta sesar Lawua yang mengontrol air panas Pili Mangkujawa (Kusnadi et al., 2017).





Gambar 2. Peta geologi daerah panas bumi Gimpu (modifikasi dari Kusnadi et al., 2017)

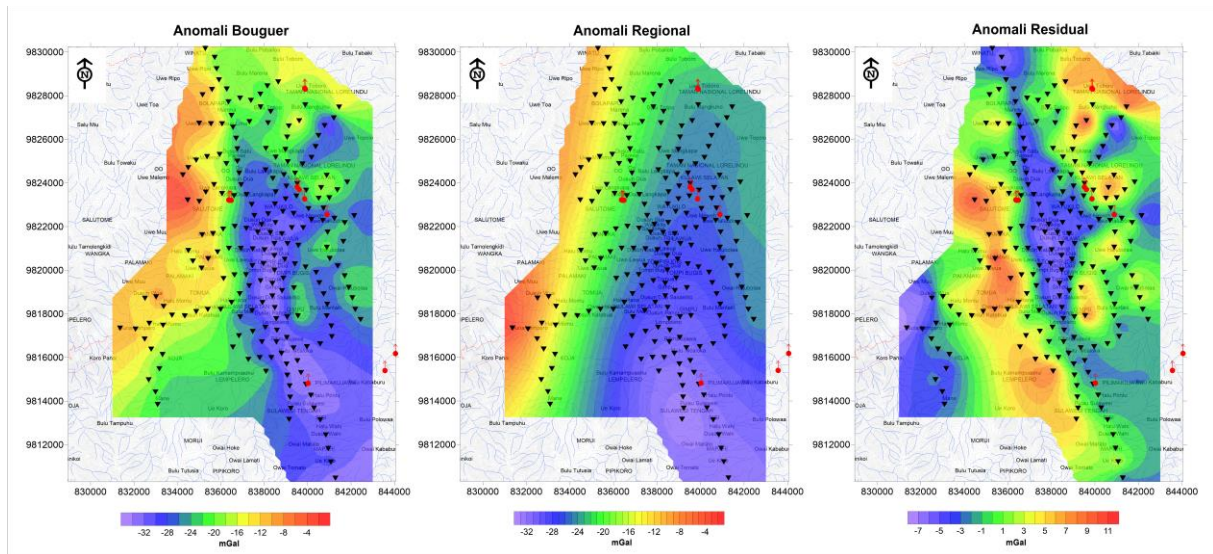
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**HASIL**

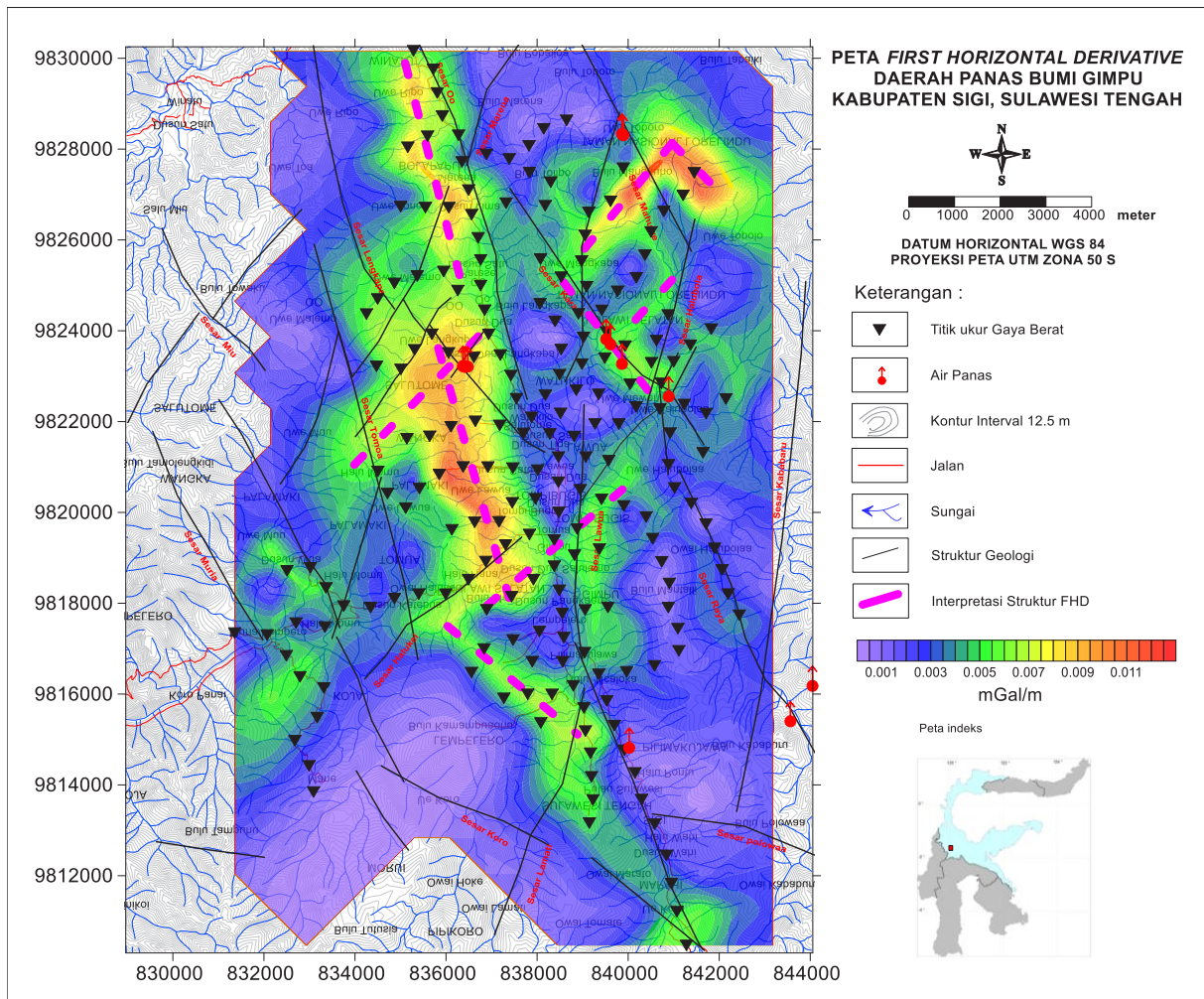
**Gaya Berat**

Hasil pengukuran gaya berat di daerah Gimpu disajikan dalam bentuk Peta Anomali Bouguer, Anomali Regional, dan Anomali Residual (Gambar 3). Ketiga anomali tersebut dihitung dengan menggunakan densitas Bouguer 2,6 g/cm<sup>3</sup>. Anomali Bouguer membentuk pola kelurusan berarah baratlaut-tenggara dengan anomali tinggi berada di sebelah barat dan anomali rendah terletak di sebelah timur. Anomali regional membentuk lineasi berarah baratdaya-

timurlaut dengan anomali tinggi berada di sebelah baratlaut dan anomali rendah terletak di sebelah tenggara. Anomali residual memperlihatkan sebaran anomali rendah di bagian tengah dan berkorelasi dengan graben Gimpu, sehingga anomali rendah tersebut diinterpretasikan sebagai respon dari batuan pengisi graben Gimpu. Di sebelah barat dan timur zona graben tersebut terdapat anomali tinggi yang diduga berkorelasi dengan batuan granit Kambuno di sebelah barat dan batuan metamorf di sebelah timur. Pola anomali residual juga membentuk kelurusan berarah baratlaut-tenggara yang berkorelasi dengan struktur sesar Palu-Koro.

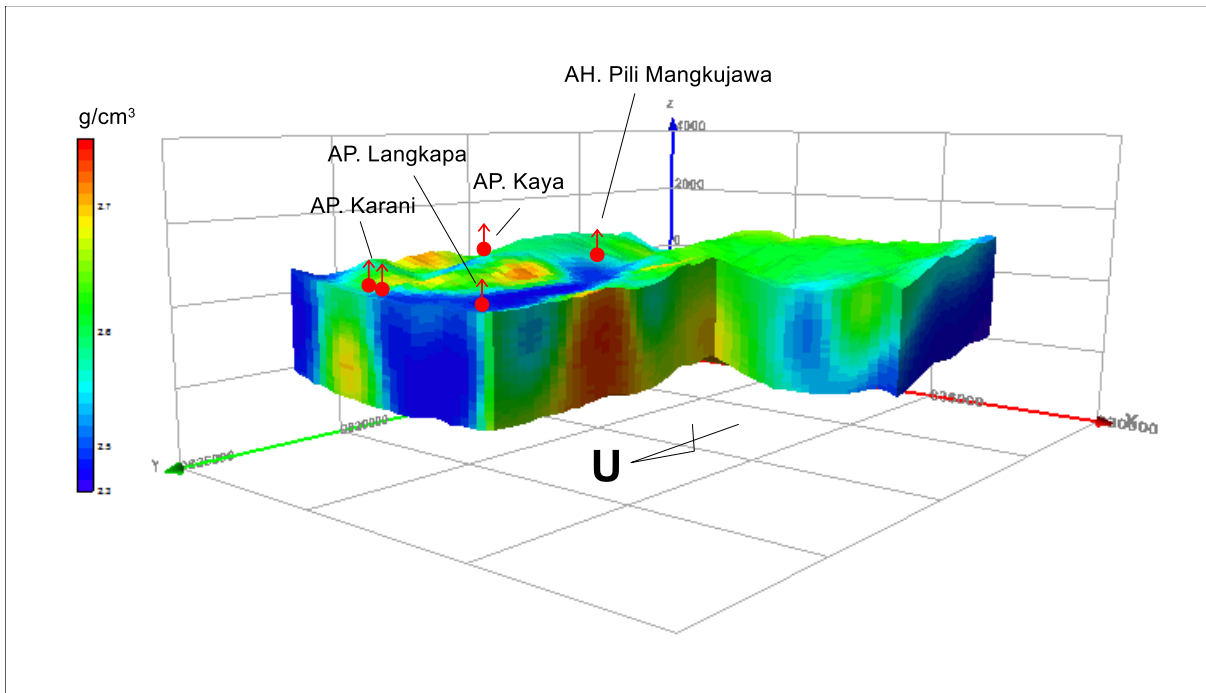


Gambar 3. Perbandingan anomali Bouguer, regional, dan residual



Gambar 4. Peta First Horizontal Derivative (FHD)





Gambar 5. Visualisasi model gaya berat 3D

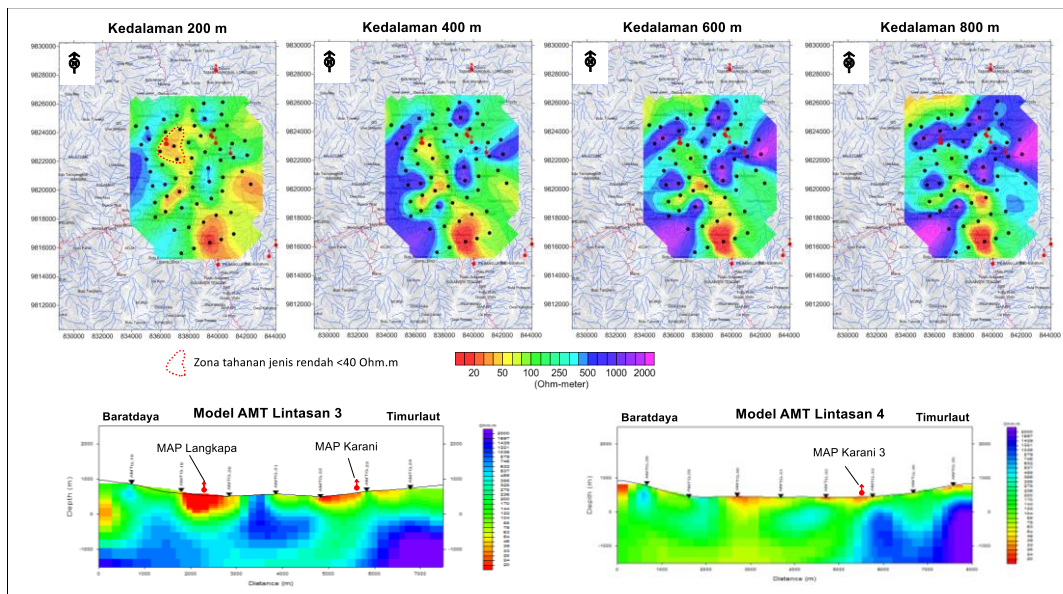
Hasil analisis struktur data gaya berat yang dilakukan dengan metode gradien horizontal (*first horizontal derivative*) memperlihatkan adanya magnitudo maksimum di sekitar mata air panas Langkapa dengan penyebaran yang cukup luas dan memiliki pola memanjang ke arah selatan dan tenggara (Gambar 4). Magnitudo maksimum juga ditemukan di beberapa tempat dengan pola penyebaran yang tidak terlalu luas, diantaranya di sekitar mata air panas Karani dan Bola, di sebelah selatan mata air panas Mahue, dan di sebelah barat mata air hangat Pili Mangkujawa. Zona magnitudo maksimum tersebut diinterpretasikan sebagai indikasi adanya struktur sesar. Karena itu, zona magnitudo maksimum yang berada di sekitar mata air panas diprediksi sebagai zona sesar yang mengontrol kemunculan mata air panas tersebut. Zona tersebut juga diduga memiliki banyak kekar sehingga mempunyai permeabilitas yang tinggi.

Model gaya berat 3D memperlihatkan adanya batuan berdensitas rendah (<2,55 g/cm<sup>3</sup>) yang terletak di antara mata air panas Langkapa dan mata air panas Karani. Batuan berdensitas rendah

tersebut berkorelasi dengan zona graben Gimpu, sehingga diinterpretasikan sebagai batuan pengisi zona graben. Di sebelah baratnya terdapat bodi berdensitas tinggi yang diduga berkorelasi dengan batuan granit Kambuno. Di sekitar mata air panas Langkapa dan Karani terdapat kontras densitas batuan yang mengindikasikan terdapatnya struktur sesar.

**Audio Magnetotelurik**

Hasil survei AMT disajikan dalam bentuk peta tahanan jenis dan model tahanan jenis 2D (Gambar 5). Pada kedalaman 200 m, terdapat sebaran nilai tahanan jenis (<40 ohm.m) di sekitar mata air panas Langkapa dengan pola memanjang ke arah selatan dan melebar ke arah timur (sekitar mata air panas Karani). Zona konduktif tersebut cenderung mengecil pada kedalaman 400 m, bahkan menghilang di kedalaman 600 m dan 800 m. Nilai tahanan jenis tinggi (>200 ohm.m) tersebar di sebelah barat dan timur daerah survei dengan pola penyebaran yang semakin meluas seiring bertambahnya kedalaman. Zona resistif tersebut diinterpretasikan sebagai respon dari batuan Granit Kambuno di sebelah barat dan batuan Metamorf di sebelah timur.



**Gambar 6.** Peta dan model tahanan jenis hasil pemodelan 2D AMT

Pada model tahanan jenis AMT lintasan 3 terdapat zona konduktif di sekitar mata air panas Langkapa dan mata air panas Karani. Zona konduktif tersebut diinterpretasikan sebagai batuan ubahan. Hal tersebut didukung dengan ditemukannya batuan ubahan di sekitar daerah kemunculan air panas. Zona konduktif tersebut menerus ke arah tenggara (lintasan 4) dengan pola yang cenderung menipis. Zona konduktif tersebut juga diinterpretasikan sebagai batuan ubahan, walaupun tingkat alterasinya tidak terlalu kuat. Di bagian bawah kedua model tersebut terdapat zona resistif yang diduga berkorelasi dengan batuan Granit ataupun batuan Metamorf.

Kontras nilai tahanan jenis rendah dan tinggi di sekitar kemunculan mata air panas diduga berkorelasi dengan zona struktur sesar yang membentuk graben Gimpu dan juga mengontrol kemunculan mata air panas di permukaan.

**PEMBAHASAN**

Hasil pengukuran gaya berat yang disajikan dalam bentuk peta anomali Bouguer memperlihatkan pola sebaran anomali tinggi >-12 mGal di sebelah barat, anomali sedang -16 mGal sampai dengan -12 mGal terlihat di sebelah utara dan

timurlaut, sedangkan anomali rendah <-24 mGal tersebar di bagian tengah daerah survei dan menerus hingga ke sisi selatan. Kontras anomali tinggi dan rendah membentuk kelurusan berarah hampir utara-selatan dan berarah baratlaut-tenggara.

Analisis *First Horizontal Derivative (FHD)* memperlihatkan amplitudo maksimum di sekitar mata air panas Langkapa dengan pola memanjang dari utara hingga ke selatan. Amplitudo maksimum juga terlihat di sebelah baratlaut.

Struktur sesar umumnya memiliki amplitudo gradien horizontal yang maksimum (Setyawan et al., 2015; Sugianto et al., 2017). Amplitudo maksimum di sekitar mata air panas Langkapa dengan pola memanjang dari utara hingga ke selatan mencirikan keterdapatan struktur geologi/patahan yang menjadi salah satu pengontrol kemunculan mata air panas tersebut. Amplitudo gradien horizontal yang tinggi di sebelah utara dan selatan juga mengindikasikan adanya struktur patahan yang menjadi pengontrol kemunculan mata air panas di sekitar daerah tersebut.

Pemodelan gaya berat 3D memperlihatkan kontras anomali tinggi dan rendah di sekitar

Mata air panas Karani dan air panas Langkapa. Model 3D tersebut juga memperlihatkan anomali densitas tinggi di antara mata air panas Langkapa dan mata air hangat Pili Mangkujawa. Anomali densitas tinggi tersebut diperkirakan berasosiasi dengan batuan beku yang umumnya memiliki densitas tinggi (Parapat et al., 2017; Sugianto & Rahadinata, 2015a). Anomali densitas tinggi tersebut juga dapat diperkirakan sebagai indikasi adanya sumber panas di bawah permukaan.

Peta tahanan jenis dari hasil pemodelan 2D data AMT memperlihatkan sebaran nilai tahanan jenis rendah  $<40$  Ohm.m di sekitar mata air panas Langkapa dan mata air panas Karani dan di sebelah selatan di sekitar mata air panas Pili Mangkujawa. Nilai tahanan jenis tinggi  $>200$  Ohm.m tersebar di sebelah barat dan timur daerah survei.

Batuan penudung pada suatu sistem panas bumi di lingkungan vulkanik umumnya memiliki nilai tahanan jenis yang sangat rendah ( $<10$  Ohm.m), sedangkan reservoir panas bumi memiliki nilai tahanan jenis yang lebih tinggi (20-80 Ohm.m) (Daud et al., 2019; Rejeki et al., 2010). Namun di daerah panas bumi Gimpu tidak ditemukan sebaran nilai tahanan jenis sangat rendah  $<10$  Ohm.m. Daerah panas bumi Gimpu juga tidak berkorelasi dengan aktivitas vulkanik. Karena itu interpretasi nilai tahanan jenis pada sistem panas bumi daerah Gimpu tidak sepenuhnya dapat mengacu kepada sistem panas bumi di daerah vulkanik, akan tetapi mengacu ke sistem panas bumi non vulkanik di Sulawesi (Risdianto et al., 2015). Di daerah ini, nilai tahanan jenis yang berkorelasi dengan batuan penudung diperkirakan memiliki nilai  $<40$  Ohm.m. Zona dengan nilai tahanan jenis  $<40$  Ohm.m terletak di sekitar mata air panas Langkapa dan Karani yang diduga berasosiasi dengan batuan ubahan yang terdapat di sekitar mata air panas tersebut. Zona tahanan jenis rendah tersebut memiliki luas sekitar  $3 \text{ km}^2$ .

## KESIMPULAN

Secara umum sebaran anomali data gaya berat memperlihatkan pola kelurusan berarah hampir utara-selatan dan barat-laut-tenggara. Kelurusan tersebut juga terlihat dari hasil analisis gradien horizontal (FHD). Kelurusan tersebut diinterpretasikan sebagai zona struktur sesar yang menjadi pengontrol kemunculan mata air panas di permukaan. Anomali densitas tinggi yang terlihat pada model gaya berat 3D diperkirakan berasosiasi dengan batuan beku yang menjadi indikasi adanya sumber panas di daerah tersebut.

Pola sebaran nilai tahanan jenis di daerah Gimpu memiliki nilai  $<40$  Ohm.m, terletak di sekitar mata air panas Langkapa dan Karani yang diduga berasosiasi dengan batuan ubahan yang terdapat di sekitar mata air panas tersebut. Zona tahanan jenis rendah tersebut memiliki luas sekitar  $3 \text{ km}^2$ .

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Kepala Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi dan Koordinator Kelompok Panas Bumi atas izin penggunaan data dalam makalah ini. Penulis juga memberikan apresiasi yang setinggi-tingginya kepada rekan-rekan tim survei geofisika Gimpu dan rekan-rekan yang telah membantu dalam penulisan makalah ini.

## DAFTAR PUSTAKA

Daud, Y., Nuqramadha, W. A., Fahmi, F., Sesesega, R. S., Fitrianita, Pratama, S. A., & Munandar, A. (2019). Resistivity Characterization of the Arjuno-Welirang Volcanic Geothermal System (Indonesia) Through 3-D Magnetotelluric Inverse Modeling. *Journal of Asian Earth Sciences*, 174, 352–363. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2019.01.033>



- Daud, Y., Rosid, M. S., Armando, A., Putranto, T. W., & Ruslita, F. M. (2018). Applying Audio-frequency magnetotelluric (AMT) and gravity technology for discovering reservoir beneath Mt. Pancar geothermal prospect. *AIP Conference Proceedings*, 2023(2018). <https://doi.org/10.1063/1.5064275>
- Daud, Y., Rosid, S., Nuqramadha, W. A., Fahmi, F., Lestari, A. I., & Liati, D. (2017). Imaging Reservoir Structure of Mt. Pancar Geothermal Prospect Using Audio-Frequency Magnetotelluric ( AMT ) and Gravity Technology. *42nd Workshop on Geothermal Reservoir Engineering*, 3–10.
- Kusnadi, D., Hadi, M. N., Sugianto, A., & Sukaesih. (2017). Laporan Akhir Survei Terpadu Geologi, Geokimia, dan Geofisika Daerah Panas Bumi Gimpu Kabupaten Sigi, Provinsi Sulawesi Tengah. In *Laporan Akhir*.
- Mulyani, S., Daud, Y., Pasiki, R. G., & Siagian, H. (2022). Karakterisasi Struktur Patahan pada Lapangan Panas Bumi X (Sumatra) Berdasarkan Pemetaan Geologi, Penginderaan Jauh, dan Data Gaya Berat. *Buletin Sumber Daya Geologi*, 17, 109–124.
- Parapat, J., Hilyah, A., Utama, W., & Rahadinata, T. (2017). Pemodelan 3D Data Gaya Berat Untuk Mengidentifikasi Sumber Panas Daerah Panas Bumi Sipoholon, Sumatera Utara. *Jurnal Geosaintek*, 3(3), 167. <https://doi.org/10.12962/j25023659.v3i3.3215>
- Parkinson, C. (1998). An Outline of the Petrology, Structure and Age of the Pompangeo Schist Complex of Central Sulawesi, Indonesia. *The Island Arc*, 7(1–2), 231–245. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1738.1998.00171.x>
- Pirttijarvi, M. (2004). *GRABLOX: Gravity Interpretation and Modeling Software Based on a 3-D Block Model*.
- Rejeki, S., Rohrs, D., Nordquist, G., & Fitriyanto, A. (2010). Geologic Conceptual Model Update of the Darajat Geothermal Field , Indonesia. *World Geothermal Congress 2010, April*, 1–5.
- Risdianto, D., Permana, L. A., Wibowo, A. E. A., Sugianto, A., & Hermawan, D. (2015). *Sistem Panas Bumi Non-Vulkanik di Sulawesi*. Pusat Sumber Daya Geologi.
- Rodi, W., & Mackie, R. L. (2001). Nonlinear Conjugate Gradients Algorithm for 2-D Magnetotelluric Inversion. *Geophysics*, 66(1), 174–187. <https://doi.org/10.1190/1.1444893>
- Setyawan, A., Yudianto, H., Nishijima, J., & Hakim, S. (2015). Horizontal Gradient Analysis for Gravity and Magnetic Data Beneath Gedongsongo Geothermal Manifestations , Ungaran , Indonesia. *World Geothermal Congress 2015, April*, 1–6.
- Simandjuntak, T. O., Surono, & Supandjono, J. B. (1997). *Peta Geologi Lembar Poso, Sulawesi*.
- Sugianto, A., & Rahadinata, T. (2015a). Pemodelan Gaya Berat 3D Daerah Panas Bumi Dolok Marawa Kabupaten Simalungun, Sumatera Utara. *Buletin Sumber Daya Geologi*, 10(2), 32–45. <https://doi.org/10.47599/bsdg.v10i2.140>
- Sugianto, A., & Rahadinata, T. (2015b). Struktur Tahanan Jenis Sistem Panas Bumi Dolok Marawa-Sumatera Utara Berdasarkan Data Audio Magnetotellurik. *Buletin Sumber Daya Geologi*, 10(3), 141–151.
- Sugianto, A., Takodama, I., Tony, D., Pusat, R., Daya, S., & Bumi, P. (2017). Identifikasi Struktur Sistem Panas Bumi Pantar Berdasarkan Analisis Gradien Horizontal dan Pemodelan 3D Data Gaya Berat. *Buletin Sumber Daya Geologi*, 12, 135–143.

- Suryadi, Haerudin, N., Karyanto, & Sudrajat, Y. (2019). Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Lapangan Panas Bumi Way Ratai Berdasarkan Data Audio Magnetotelluric (AMT). *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 3.
- Villeneuve, M., Gunawan, W., Cornee, J. J., & Vidal, O. (2002). Geology of the Central Sulawesi Belt (Eastern Indonesia): Constraints for Geodynamic Models. *International Journal of Earth Sciences*, 91(3), 524–537.  
<https://doi.org/10.1007/s005310100228>
- Xuben, W., Lanfang, H. E., Xiaoming, Z., & Nian, Y. U. (2015). Application of Geophysical Methods to the Geothermal Investigation. *Fortieth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Figure 1*, 1–8.
- Yuanita, E., Harmoko, U., Hananto, N. D., & Handayani, L. (2015). Karakterisasi Panas Bumi Diwak Dan Derekan Dan Identifikasi Sesar Dengan Menggunakan Metode Audiomagnetotellurik. *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan*, 25(1), 23.  
<https://doi.org/10.14203/risetgeotam2015.v25.131>

Diterima	: 24 Oktober 2022
Direvisi	: 1 Maret 2023
Disetujui	: 31 Mei 2023