

# Analisis Tensor Fase dan Pemodelan 2D Data Magnetotellurik (Studi Kasus Lapangan Panas Bumi Mountain Home, Idaho, USA)

Dea Dahlila<sup>1</sup>, Selvi Misnia Irawati<sup>1</sup> dan Andri Yadi Paembonan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Geofisika, Institut Teknologi Sumatera, Lampung, Indonesia

\*Email: ddahlila@gmail.com

Submit: 22 November 2022; Revised: 14 September 2024; Accepted: 18 September 2024

**Abstrak:** Salah satu metode geofisika untuk mengetahui bawah permukaan bumi adalah metode magnetotellurik yang memanfaatkan sumber alami berupa medan magnet bumi dari medan listrik dan variasi medan magnet. Namun, data yang diperoleh dari lapangan masih dipengaruhi oleh noise atau distorsi yang akan menutupi dimensionalitas sebenarnya dari struktur bawah permukaan, sehingga dapat mengakibatkan kesalahan dalam melakukan interpretasi. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis tensor fase untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan yang tidak dipengaruhi distorsi galvanik. Berdasarkan hasil yang diperoleh daerah penelitian memiliki dimensionalitas 2D dengan arah *geo-electrical strike* N1750°E berarah Utara Barat Laut hingga Tenggara. Hasil inversi 2D menunjukkan bahwa resistivitas rendah 1-10  $\Omega m$  diidentifikasi sebagai zona alterasi atau *clay cap* yang berupa batuan sedimen yang berada kedalaman  $\sim 1.5$  km dimana zona alterasi ini memiliki kemenerusan ke arah timur laut. Pada resistivitas 200-500  $\Omega m$  diidentifikasi sebagai basal berpori. Pada resistivitas 50-70  $\Omega m$  diidentifikasi sebagai riolit yang berasosiasi dengan fluida geotermal.

**Kata kunci:** Magnetotellurik, Tensor Fase, Dimensionalitas, Panas Bumi.

*Abstract: One of the geophysical methods to find out below the earth's surface is the magnetotelluric method which utilizes natural sources in the form of the earth's magnetic field from electric fields and variations in magnetic fields. However, the data obtained from the field is still affected by noise or distortion which will mask the true dimensionality of the subsurface structure, so that it can lead to errors in interpretation. Therefore, it is necessary to conduct phase tensor analysis to identify subsurface structures that are not affected by galvanic distortion. Based on the results obtained, the research area has a 2D dimensionality with the geo-electrical strike direction of N1750°E trending north-northwest to south-east. The 2D inversion results show that a low resistivity of 1-10  $\Omega m$  is identified as an alteration zone or clay cap in the form of sedimentary rock at a depth of  $\sim 1.5$  km where this alteration zone has a continuity to the northeast. At a resistivity of 200-500  $\Omega m$  identified as porous basalt. At a resistivity of 50-70  $\Omega m$  identified as rhyolite associated with geothermal fluids.*

**Keywords:** Magnetotelluric, Phase Tensor, Dimensionality, Geothermal.

## 1 PENDAHULUAN

Informasi mengenai distribusi parameter-parameter fisika bawah permukaan dapat dilakukan melalui survei geofisika yang bertujuan untuk membuat model bawah permukaan ([Grandis, 2013](#)). Salah satu metode geofisika untuk mengetahui bawah permukaan bumi adalah metode magnetotellurik yang memanfaatkan sumber alami berupa medan magnet bumi (bersifat pasif) dari medan listrik dan variasi medan magnet yang diukur secara tegak lurus. Gelombang elektromagnetik mengalami fluktuasi dan kemudian menginduksi bumi dalam bentuk *plane wave* ([Vozoff, 2012](#)) yang menyebabkan timbulnya medan magnet sekunder yang diukur dari permukaan bumi. Namun, data yang diperoleh dari lapangan masih dipengaruhi oleh noise atau distorsi yang akan menutupi dimensionalitas sebenarnya dari struktur bawah permukaan, sehingga dapat mengakibatkan kesalahan dalam melakukan interpretasi. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis tensor fase ([Caldwell dkk., 2004](#)) untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan yang tidak dipengaruhi distorsi.

Mountain Home merupakan salah satu daerah bagian barat Snake River dengan aliran panas tinggi yang berkorelasi dengan jalur hotspot Yellowstone ([Shervais dkk., 2016](#)) dimana daerah ini terdapat gradien panas bumi dengan suhu tinggi (69°C/km) pada kedalaman 1207 meter ([Lewis dan Stone, 1988](#)). Gradient termal dengan suhu yang cukup tinggi mampu memenuhi kebutuhan daya listrik maksimum di Mountain Home Air Force Base (MHFAB) sebesar 14 MW ([Breckenridge dkk., 2012](#)).

Penelitian yang telah dilakukan [Shervais dkk. \(2016\)](#) menggunakan metode magnetotellurik untuk memodelkan penyebaran resistivitas bawah permukaan dan juga menggunakan metode gaya berat untuk menentukan struktur bawah permukaan yang dilakukan oleh [Shervais dkk. \(2016\)](#); [Glen dan Bouligand \(2014\)](#). Namun, belum ada penelitian menggunakan analisis tensor fase untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan di daerah penelitian. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan berdasarkan analisis tensor fase dan melakukan pemodelan inversi 2D.

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Metode Magnetotellurik

Metode magnetotellurik merupakan metode yang memanfaatkan medan elektromagnetik yang berasal dari proses yang kompleks dengan menghasilkan spektrum  $10^{-5} \text{ Hz} - 10^4 \text{ Hz}$  (Grandis, 2013). Perubahan yang terjadi pada gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang pendek menimbulkan eddy current dan medan magnet sekunder. Pada frekuensi diatas 1 Hz sumber alami gelombang EM berasal dari meteorologi seperti petir. Pada frekuensi di bawah 1 Hz dihasilkan dari solar wind (Vozoff, 2012). Secara matematis, prinsip metode magnetotellurik dijelaskan pada persamaan Maxwell:

$$\nabla \times E = - \frac{\partial B}{\partial t} \tag{1}$$

$$\nabla \times H = \frac{\partial D}{\partial t} \tag{2}$$

$$\nabla \cdot H = 0 \tag{3}$$

$$\nabla \cdot D = q \tag{4}$$

dimana  $E$  adalah medan listrik (Volt/m),  $B$  adalah induksi Magnetik (Weber/m<sup>2</sup> atau Tesla),  $H$  adalah medan magnet (Ampere/mJ adalah rapat arus (Ampere/m<sup>2</sup>),  $D$  adalah perpindahan listrik (Coulomb/ m<sup>2</sup>) dan  $q$  adalah rapat muatan listrik (Coulomb/ m<sup>3</sup>) (Telford dkk., 1990).

2.2 Gradien Panas Bumi

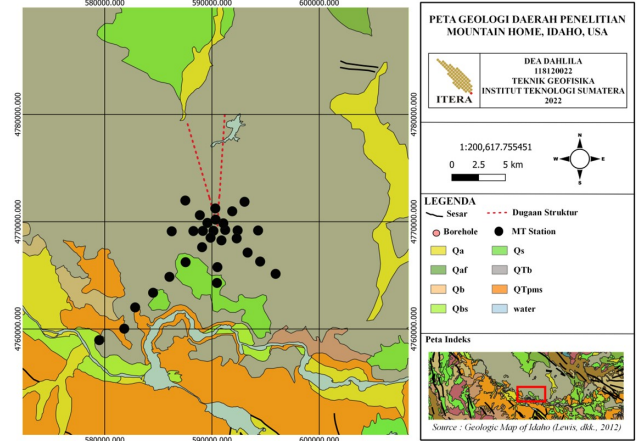
Gradien panas bumi didefinisikan sebagai peningkatan suhu seiring bertambahnya kedalaman (Kanan & Matveyev, 1989). Umumnya lempeng benua pada gradien panas bumi berada pada kedalaman 3 – 5 km dari permukaan bumi dengan kenaikan suhu 25°/km (DiPietro, 2012). Terkait gradien panas bumi dapat dihitung konduktivitas panas (H):

$$H = \lambda \frac{dT}{dz} \tag{5}$$

dimana  $\lambda$  merupakan konduktivitas termal,  $dT/dz$  merupakan gradient geothermal. Nilai  $\lambda$  batuan biasanya berkisar 1.5 hingga lebih dari 10 Wm(°C)<sup>-1</sup>, dengan batuan beku berada pada kisaran 1.8 Wm(°C)<sup>-1</sup> untuk batuan basal, dan granit 3.5 Wm(°C)<sup>-1</sup> (Roy et al., 1981). Pada benua yang lebih tua, gradien panas bumi lebih rendah dari 10°Ckm<sup>-1</sup>, sedangkan di daerah vulkanik aktif lebih dari 100°Ckm<sup>-1</sup>.

2.3 Geologi Daerah Penelitian

Secara umum daerah penelitian tersusun oleh batuan kuarter sedimen yaitu aluvium (Qa) yang terdiri dari kerikil, batu pasir, dan lanau. Didominasi oleh aliran basal kuarter (Qtb) yang berasal dari letusan selama 6 – 7 miliar tahun terakhir (Shervais dkk., 2002; Pierce dan Morgan, 1992; Bonnichsen dan Godchaux, 2004; Hughes dkk., 2002; Pierce dkk., 2002). Terdapat endapan riolit yang terbentuk dari



Gambar 1. Geologi Daerah Penelitian (Lewis dkk., 2012).

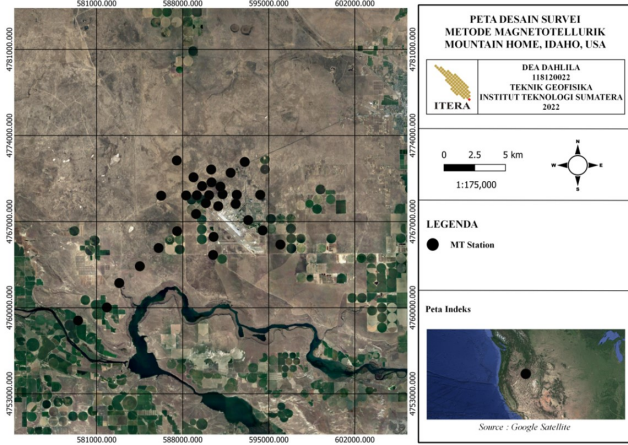
fraksinasi ekstensif dari magma basal yang berasal dari hotspot Yellowstone (McCurry dkk., 2008; McCurry dan Rodgers, 2009; Knott dkk., 2016). Peta geologi daerah penelitian terlampir pada Gambar 1.

Berdasarkan hasil data log litologi, suhu, gamma ray (GR), dan log neutron dari lubang bor MH-2 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.3 didapatkan bahwa terdapat aliran basal kuarter setebal 200 m yang menutupi sedimen lakustrin setebal ~600 m yang diselingsi dengan batu pasir tipis dan terdapat basal teralterasi serta hyaloclastites membentuk 880 m dari bagian bawah lubang bor. Air mengalir dengan suhu 1400C ditemukan di kedalaman 1745 m (Kessler dkk., 2017). Struktur di daerah penelitian dicirikan dengan dua struktur yaitu sesar normal dan sesar oblique (Shervais dkk., 2002). Sesar-sesar yang berarah Utara – Barat laut (Shervais dkk., 2005; Shervais dan Vetter, 2009).

3 DATA DAN METODE

Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari akuisisi metode MT di daerah MHAFFB oleh tim oleh Quantec Geo-science for Lawrence Berkeley National Lab, Mountain Home. Pengambilan data dilakukan dengan jumlah titik 39 titik pengukuran dengan format \*.edi yang dipublikasikan di situs resmi OpenEi oleh Jared Peacock dan Erika Gasperikova tahun 2018 (USGS, 2020). Namun yang digunakan pada penelitian ini hanya menggunakan 28 titik pengukuran yang dibagi menjadi 5 lintasan. Adapun design akuisisi terlampir pada Gambar 2.

Penelitian ini menggunakan analisis tensor fase dan inversi Non-Linear Conjugate Gradient. Tensor fase ( $\Phi$ ) merupakan rasio antara bilangan riil dan imajiner dari suatu bilangan kompleks tensor impedansi. Tensor fase diilustrasikan sebagai elips yang terdiri dari 4 komponen bilangan riil yaitu  $\Phi_{xx}, \Phi_{xy}, \Phi_{yx}$  dan  $\Phi_{yy}$  dan terdapat 4 sudut invarian yaitu sudut  $\alpha_p$  yang bukan rotational invariant serta tiga parameter rotasi invariant yaitu sumbu maksimum  $\Phi_{max}$ , minimum  $\Phi_{min}$  dan skew angle tensor fase ( $\beta$ ). Sudut skew angle ini nantinya dapat digunakan untuk memperoleh informasi mengenai dimensionalitas regional pada data MT (Caldwell dkk., 2004). Nilai  $\alpha$  dan  $\beta$  dapat dihitung meng-



**Gambar 2.** Peta desain akuisisi daerah penelitian. Lingkaran hitam menunjukkan lokasi pengukuran MT (modifikasi dari Google Satelit 2022).

gunakan persamaan berikut:

$$\alpha = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{\Phi_{xy} + \Phi_{yx}}{\Phi_{xx} - \Phi_{yy}} \quad (6)$$

$$\alpha = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{\Phi_{xy} - \Phi_{yx}}{\Phi_{xx} + \Phi_{yy}} \quad (7)$$

### 3.1 Tensor Fase 1D

Pada medium 1D, tensor fase memiliki sumbu maksimum dan minimum yang sama  $\Phi_{max} = \Phi_{min}$  dengan bentuk diagram berbentuk lingkaran, dengan nilai  $\beta = 0$  (tensor fase tidak terdefinisi) (Caldwell dkk., 2004). Tensor fase pada medium 1D diilustrasikan pada Gambar 3.

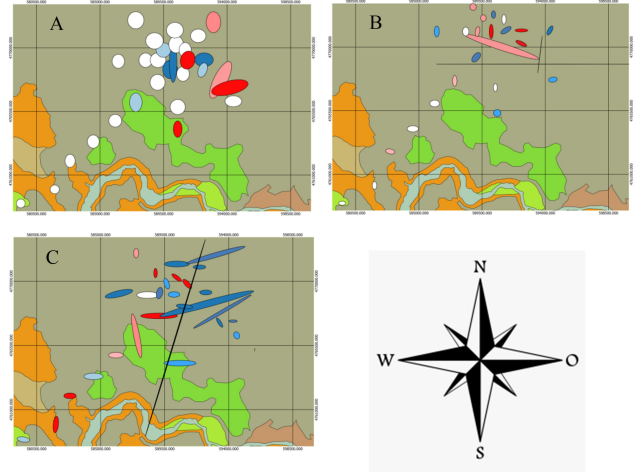
### 3.2 Tensor Fase 2D

Pada medium 2D, tensor fase memiliki sumbu maksimum dan minimum yang berbeda  $\Phi_{max} \neq \Phi_{min}$  dengan bentuk diagram berbentuk elips simetris sejajar dengan struktur utama, dengan nilai  $\beta = 0$  (tensor fase tidak terdefinisi) yang menyebabkan arah tensor fase ini bergantung pada sudut  $\alpha_p$  dan memiliki ambiguitas  $90^\circ$  yang didominasi oleh fase TE dan TM (Caldwell dkk., 2004). Tensor fase pada medium 2D diilustrasikan pada Gambar 3.

### 3.3 Tensor Fase 3D

Pada medium 3D, tensor fase memiliki sumbu maksimum dan minimum yang berbeda  $\Phi_{max} \neq \Phi_{min}$  dengan bentuk diagram berbentuk elips simetris, dengan nilai ( $\beta < -3^\circ$ ) atau ( $\beta > 3^\circ$ ) dengan  $\beta \neq 0$  dimana sudut  $\alpha_p$  tidak dapat didefinisikan sebagai arah struktur (*strike*) (Caldwell dkk., 2004). Tensor fase pada medium 3D diilustrasikan pada Gambar 3.

Dari analisis tensor fase kemudian dilakukan analisis *geo-electrical strike* yang divisualisasikan diagram mawar (*rose diagram*) untuk semua titik *sounding* pada interval periode pendek, sedang, dan tinggi.



**Gambar 3.** Tensor fase data MT. Gambar A merupakan peta eliptisitas tensor fase periode rendah, gambar B merupakan peta eliptisitas tensor fase periode sedang, gambar C merupakan peta eliptisitas tensor fase periode tinggi.

Inversi yang digunakan pada penelitian ini menggunakan inversi NLCG (*Non-linear Conjugate Gradient*). Inversi ini menggunakan algoritma yang dapat menyederhanakan suatu fungsi objektif ( $\psi$ ) yang terdapat pada resistivitas (Rodi dan Mackie, 2001). Jika suatu model disebut sebagai ( $m$ ), suatu fungsi matematis disebut sebagai ( $F$ ) dan ( $d$ ) merupakan suatu data, maka persamaan model inversi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$d = f(m) + e \quad (8)$$

dimana  $d$  adalah vektor hasil pengukuran di lapangan,  $m$  adalah parameter model berupa fungsi resistivitas, dan  $e$  adalah nilai *error*. Sehingga diperoleh persamaan fungsi objektif menurut Rodi dan Mackie (2001) dengan menyederhanakan model fungsi objektif ( $\psi$ ) sebagai berikut:

$$\psi = (d - F(m))^T V^{-1} (d - F(m)) + \lambda m^T L^T L m \quad (9)$$

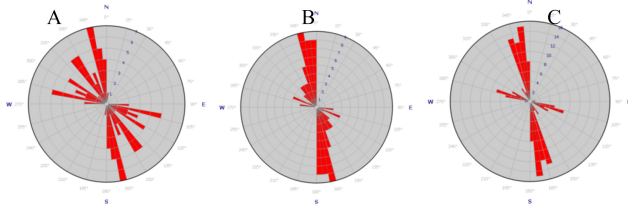
dimana  $\lambda$  adalah parameter regulasi yang merupakan bilangan positif,  $V$  adalah variasi dari *error*, dan  $L$  adalah Laplacian yang dituliskan sebagai berikut:

$$\|L(m - m_0)\|^2 = \int (\Delta(m - m_0))^2 dx \quad (10)$$

## 4 HASIL DAN DISKUSI

Pada penelitian ini dilakukan *overlay* diagram elips tensor fase dengan peta geologi regional untuk memudahkan dalam melakukan analisis tensor fase. Analisis *geo-electrical strike* ditampilkan dalam diagram mawar yang untuk menentukan arah struktur yang nantinya digunakan untuk merotasi data MT. Adapun rentang periode yang digunakan meliputi periode rendah, sedang, dan tinggi.

Pada periode rendah dari rentang  $10^{-3} - 10^{-1}$ s didominasi dengan bentuk lingkaran putih yang merepresentasikan



**Gambar 4.** Diagram mawar dari analisis tensor fase dari (A) periode rendah, (B) sedang, dan (C) periode tinggi.

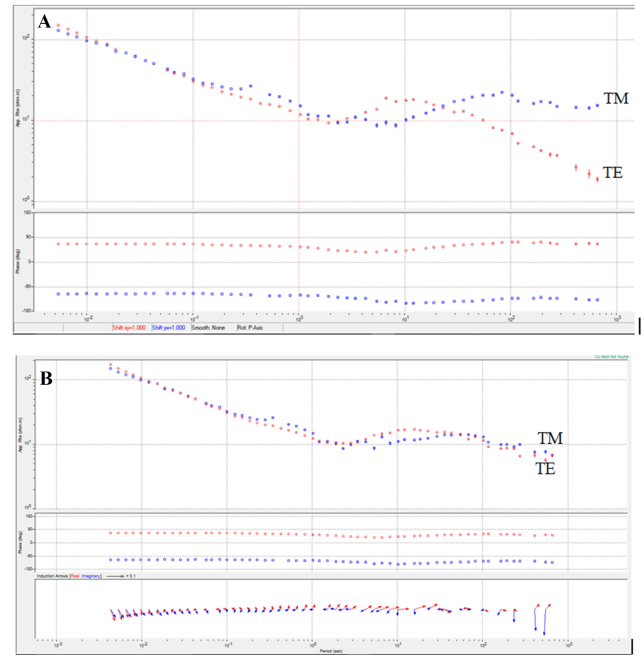
nilai *skew angle*  $\beta = 0$  (Gambar 3A). Hal ini menunjukkan bahwa dimensionalitas data MT menunjukkan karakteristik 1D yang berasosiasi dengan kedalaman dangkal. Pada periode sedang dari rentang  $10^0 - 10^1$  s (Gambar 3B) didominasi dengan dimensionalitas 2D dimana sumbu maksimal tidak sama dengan sumbu minimal  $\Phi_{max} \neq \Phi_{min}$  dengan nilai *skew angle*  $-3^\circ \leq \beta \leq 3^\circ$ . Jika struktur data MT mempunyai dimensionalitas 2D, hal ini mengidentifikasi bahwa semakin bertambahnya kedalaman maka terdapat struktur yang lebih kompleks. Pada periode tinggi (Gambar 3C) dengan nilai *skew angle*  $\beta \neq 0$  dimana nilai *skew angle*  $\beta \leq -3^\circ$  atau  $\beta \geq 3^\circ$ . Hal ini menunjukkan bahwa data MT memiliki karakteristik 2D dan 3D yang merepresentasikan kedalaman yang relatif dalam. Secara keseluruhan data MT daerah penelitian untuk semua rentang periode didominasi oleh dimensionalitas 2D.

Dari analisis tensor fase ini didapatkan sudut yang kemudian diplot diagram mawar untuk mengetahui arah *geoelectrical strike* daerah penelitian yang hasilnya berupa arah struktur. Arah *geoelectrical strike* pada periode rendah  $10^{-3} - 10^{-1}$  s menunjukkan diagram mawar (Gambar 4A) dari analisis tensor fase memiliki orientasi N175°E. Pada periode sedang sedang  $10^0 - 10^1$  s (Gambar 3B) memiliki orientasi N170°E sampai N175°E dan pada periode tinggi mempunyai orientasi sebesar N170°E (Gambar 3C).

Berdasarkan analisis tensor fase dan *geoelectrical strike* dari rentang periode rendah, sedang, dan tinggi diketahui bahwa data MT daerah Mountain Home mempunyai arah *geoelectrical strike* sebesar N175°E dengan dimensionalitas 2D. Namun, analisis tensor fase dalam menentukan *geoelectrical strike* ini memiliki ambiguitas 90°, oleh karena itu perlu dikorelasikan dengan geologi daerah penelitian. Arah *geological strike* pada daerah penelitian berarah utara – barat laut (Glenn dan Bigland, 2014) dimana hal ini sesuai dengan arah struktur berdasarkan analisis *geoelectrical strike*.

Hasil *geoelectrical strike* yang diperoleh sebesar N175°E kemudian digunakan untuk merotasi data MT sebesar 175° agar sejajar dengan arah *strike* regional. Setelah dirotasi terlihat bahwa kurva TE dan TM pada resistivitas semu bergeser, sedangkan kurva fase tidak ada perubahan. Hal ini disebabkan karena fase tidak dipengaruhi distorsi galvanik. Ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini.

Setelah dilakukan analisis data MT kemudian dilakukan pemodelan 2D untuk memperoleh informasi mengenai persebaran resistivitas bawah permukaan. Terdapat 28 titik pengukuran yang dibagi menjadi 5 lintasan. Pemodelan 2D ini dilakukan dengan menggunakan inversi *Nonlinear Conjugate Gradient* (NLCG). Algoritma inversi yang digunakan pada



**Gambar 5.** Pengaruh rotasi data MT berdasarkan arah *geoelectrical strike* (A) sebelum dilakukan rotasi (B) sesudah dilakukan rotasi. TE mode (warna merah), dan TM mode (warna biru)

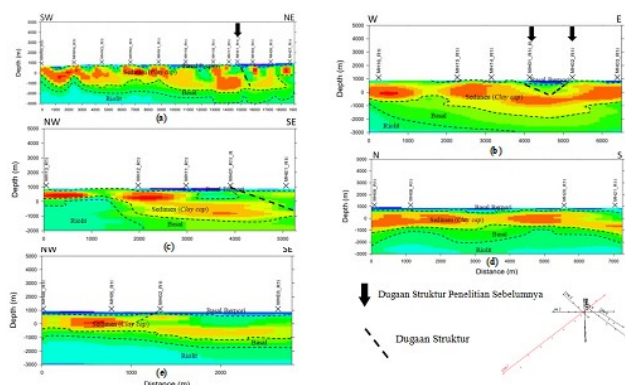
**Table 1.** Resistivitas Penelitian Sebelumnya.

No	Batuan	Nilai Resistivitas	Sumber
1	Sedimen (zona alterasi)	1-10 $\Omega$ .m	(Shervais dkk., 2016)
2	Basal Berpori	200-500 $\Omega$ .m	(Shervais dkk., 2016)
3	Riolit	50-70 $\Omega$ .m	(Shervais dkk., 2016)

inversi ini menggunakan persamaan diferensial pada fungsi minimum yang bertujuan untuk meminimumkan pengaruh outliers hingga diperoleh solusi optimum. Parameter yang digunakan dalam fungsi minimum adalah *tau* dan faktor pengali *lagrange*. Nilai *tau* dan *lagrange* pada penelitian ini menggunakan nilai yang berbeda-beda tiap modelnya. Dari hasil inversi didapatkan persebaran nilai resistivitas bawah permukaan daerah penelitian berdasarkan nilai resistivitasnya (Tabel 1).

Dari hasil inversi diperoleh nilai persebaran resistivitas di setiap lintasannya (Gambar 6a – 6e). Pada lintasan 1 (Gambar 6a) terdiri dari 12 titik sounding (MHW5, MHW4, MHW3, MHW2, MHW1, MH19, MH18, MH17, MH01, MH05, MH06, MH07) yang berarah barat daya – timur laut dengan RMS error sebesar 2.3%. Pada lintasan 2 (Gambar 6b) terdiri dari 6 titik sounding (MH16, MH15, MH14, MH01, MH02, MH03) dengan RMS error sebesar 2.8%. Lintasan 3 (Gambar 6c) terdiri dari 5 titik sounding (MH13, MH12, MH11, MH01, MHE1) yang berarah barat laut-tenggara RMS error sebesar 2%. Lintasan 4 (Gambar 6d) terdiri dari 4 titik sounding (MH09, MH08, MH20, MH21) yang berarah utara-selatan. Lintasan 5 (Gambar 6e) yang terdiri dari 4 titik sounding (MH08, MH05, MH02, MH36) yang berarah barat laut-tenggara dengan RMS error 2.6%.





**Gambar 6.** Hasil pemodelan 2D inversi (a) lintasan 1, (b) lintasan 2, (c) lintasan 3, (d) lintasan 4, (e) lintasan 5.

Berdasarkan informasi geologi lapangan panas bumi daerah penelitian merupakan gradien panas bumi dengan suhu tinggi. Gradien panas bumi dengan suhu yang tinggi dari rata-rata ada karena kedekatannya dengan hotspot Yellowstone dan aktivitas vulkanik di daerah penelitian.

Secara keseluruhan model inversi yang diperoleh terdapat kemiripan pada persebaran nilai resistivitasnya (Gambar 6a – 6e). Pada lapisan paling atas diidentifikasi sebagai basal berpori dengan nilai resistivitas yang paling tinggi yaitu sebesar 200–500  $\Omega$ .meter. Pada resistivitas 50-70 Ohm meter diidentifikasi sebagai unit kristal vulkanik berupa riolit yang berasosiasi dengan fluida geotermal (di kedalaman 1745 m) dimana batuan ini sebagai sumber panas. Sumber panas daerah penelitian ini memiliki nilai resistivitas yang tidak terlalu besar karena sumber panasnya berasal dari intrusi magma dalam yang didukung adanya rangkaian alkali transisi K tinggi di daerah penelitian. Terdapat lapisan konduktif dengan nilai resistivitas rendah 1-10  $\Omega$ .meter diidentifikasi batuan sedimen yang bertindak sebagai lapisan penutup atau yang menjebak fluida hidrotermal keluar ke permukaan dimana batuan penutup ini berada pada kedalaman  $\sim$ 1.5 km yang memiliki kemenerusan ke arah timur laut. Berdasarkan data bor pada MH02 *claycap* ini mengandung smektit yang menunjukkan alterasi hidrotermal. Namun pada kedalaman 1708-1793 meter terdapat korensit dimana transisinya tiba-tiba, tanpa adanya campuran smektit dan korensit. Pada kedalaman 1793 m terdapat lagi mineral smektit. Hal ini menunjukkan bahwa kehadiran kembalinya mineral smektit ini ditafsirkan sebagai patahan.

Fluida pada sistem panas bumi daerah penelitian bukan sepenuhnya air meteorit melainkan campuran antara air meteorit dan cairan magmatik yang terisolasi dari atmosfer selama 65 tahun (Fournier, 1999). Aliran fluida bersuhu tinggi ini keluar melalui rekahan dan patahan (Gudmunds dkk., 2002; Gupta dan Roy 2007; Kattenhorn dan Schaefer 2007). Patahan yang berarah utara-barat laut hingga tenggara yang dibuktikan dengan hasil analisis tensor fase dan *geolectrical strike* serta inversi yang terlihat dari kontras resistivitas yang mana merupakan patahan yang berarah utara barat laut hingga tenggara dan didukung dengan data bor yang dilakukan di sumur MH01 dan MH02 terdapat patahan/sesar berupa campuran sesar normal dan *oblique* yang berupa blok *horst* dan *oblique* yang berupa blok *horst*.

## 5 KESIMPULAN

Dari hasil yang diperoleh dapat disimpulkan:

(i) Berdasarkan analisis tensor fase, diperoleh bahwa dimensionalitas daerah penelitian berkarakteristik 1D untuk kedalaman dangkal, 2D untuk kedalaman menengah dan dalam, dan 3D untuk kedalaman dalam dengan arah *geolectrical strike* N1750°E. Arah ini digunakan untuk merotasi data MT dan meminimalisir kesalahan dalam melakukan interpretasi.

(ii) Pemodelan 2D inversi data MT menunjukkan batuan lapisan penutup dengan nilai resistivitas 1-10 Ohm meter. Lapisan batuan penutup ini memiliki kemenerusan ke arah timur laut. Pada resistivitas 50-70 Ohm meter merupakan lapisan hasil intrusi batuan, lapisan ini diduga sebagai reservoir panas bumi yang berupa batuan unit kristal yaitu riolit. Terdapat kontras resistivitas yang diidentifikasi sebagai struktur berupa sesar campuran sesar normal dan *oblique* yang berupa blok *horst*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu peneliti dalam menyelesaikan penelitian ini. Terutama kepada USGS yang telah menyediakan data yang digunakan pada penelitian yang dipublikasikan di situs resmi OpenEi: <https://gdr.openei.org/submissions/1249>.

## Pustaka

- Bonnichsen, B. Godchaux, M. (2004): Late miocene, pliocene, and pleistocene geology of southwestern idaho with emphasis on basalts in the bruneau-jarbridge, twin falls, and western snake river plain regions. *Idaho Geol. Surv. Bull.*, **30**, 229–312.
- Breckenridge, R.P., Nielson, D.L., Shervais, J.W. Wood, T.R. (2012): Exploration and resource assessment at mountain home air force base, idaho using an integrated team approach. *Geothermal Resource Council Trans.*
- Caldwell, T.G., Bibby, H.M. Brown, C. (2004): The magnetotelluric phase tensor. *Geophysical Journal International*, **158**(2), 457–469, ISSN 0956-540X, doi:10.1111/j.1365-246X.2004.02281.x.
- DiPietro, J. (2012): Landscape Evolution in the United States: An Introduction to the Geography, Geology, and Natural History. Elsevier Science, ISBN 978-0-12-397799-1, doi:https://doi.org/10.1016/C2011-0-05551-5.
- Fournier, R.O. (1999): Hydrothermal processes related to movement of fluid from plastic into brittle rock in the magmatic-epithermal environment. *Economic Geology and the Bulletin of the Society of Economic Geologists*, **94**(8), 1193–1211, doi:10.2113/gsecongeo.94.8.1193.
- Grandis, H. (2013): Metoda Magnetotelurik (MT). Institut Teknologi Bandung.
- Hughes, S., Wetmore, P. Casper, J. (2002): Evolution of quaternary tholeiitic basalt eruptive centers on the eastern snake river plain, idaho. *Idaho Geological Survey, Boise*.
- Kessler, J. dkk. (2017): Geology and in situ stress of the MH-2 borehole, Idaho, USA: Insights into western

- Snake River Plain structure from geothermal exploration drilling. *Lithosphere*, **9**(3), 476–498, ISSN 1941-8264, doi:10.1130/L609.1.
- Knott, T.R. dkk. (2016): Mid-Miocene record of large-scale Snake River-type explosive volcanism and associated subsidence on the Yellowstone hotspot track: The Cassia Formation of Idaho, USA. *GSA Bulletin*, **128**(7-8), 1121–1146, ISSN 0016-7606, doi:10.1130/B31324.1.
- Lewis, R. Stone, M. (1988): Geohydrologic data from a 4,403-foot geothermal test hole, mountain home air force base, elmore county, idaho. *Open-File Report U.S. Geological Survey*, (88-166), doi:10.3133/ofr88166.
- Lewis, R.S., Link, P.K., Stanford, L.R. Long, S.P. (2012): Geologic map of idaho. *Idaho Geological Survey*.
- McCurry, M., Hayden, K.P., Morse, L.H. Mertzman, S. (2008): Genesis of post-hotspot, a-type rhyolite of the eastern snake river plain volcanic field by extreme fractional crystallization of olivine tholeiite. *Bulletin of Volcanology*, **70**, 361–383, ISSN 1432-0819, doi:10.1007/s00445-007-0143-4.
- McCurry, M. Rodgers, D.W. (2009): Mass transfer along the yellowstone hotspot track i: Petrologic constraints on the volume of mantle-derived magma. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **188**(1), 86–98, ISSN 0377-0273, doi:https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2009.04.001, the Track of the Yellowstone Hotspot.
- Pierce, K.L., Morgan, L.A. Saltus, R.W. (2002): Yellowstone plume head: Postulated tectonic relations to the vancouver slab, continental boundaries, and climate. *Open-File Report 00-498, U.S. Geological Survey*, **30**, doi:10.3133/ofr00498.
- Pierce, R.L. Morgan, L.A. (1992): The track of the yellowstone hotspot: Volcanism, faulting, and uplift. *Open-File Report 90-415, U.S. Geological Survey*, doi:10.3133/ofr90415.
- Rodi, W. Mackie, R.L. (2001): Nonlinear conjugate gradients algorithm for 2-d magnetotelluric inversion. *Geophysics*, **66**(1), 174–187, doi:10.1190/1.1444893.
- Shervais, J.W. dkk. (2016): Geothermal play fairway analysis of the snake river plain volcanic province: Phase 1. *Proceedings Forty-First Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, California*.
- Shervais, J., Shroff, G., Vetter, S., Matthews, S., Hanan, B. McGee, J. (2002): Origin and evolution of the western snake river plain: Implications from stratigraphy, faulting, and the geochemistry of basalts near mountain home, idaho. *Idaho Geological Survey Bulletin*, **30**, 343–361.
- Shervais, J.W. Vetter, S.K. (2009): High-k alkali basalts of the western snake river plain (idaho): Abrupt transition from tholeiitic to mildly alkaline plume-derived basalts. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **188**(1), 141–152, ISSN 0377-0273, doi:https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2009.01.023, the Track of the Yellowstone Hotspot.
- Shervais, J.W. dkk. (2005): Basaltic volcanism of the central and western Snake River Plain: A guide to field relations between Twin Falls and Mountain Home, Idaho. In: *Interior Western United States*. Geological Society of America, ISBN 9780813700069, doi:10.1130/2005.fd006(02).
- Telford, W.M., Telford, W., Geldart, L. Sheriff, R.E. (1990): Applied geophysics. Cambridge university press.
- USGS (2020): Magnetotelluric Data from Mountain Home, ID [data set]. Retrieved from, doi:https://dx.doi.org/10.15121/1666377.
- Vozoff, K. (2012): The Magnetotelluric Method. Society of Explorational Geophysicst, doi:10.1190/1.9781560802686.ch8.