

## ANALISIS TENSOR FASE DAN PEMODELAN 2D DATA MAGNETOTELURIK GABBS VALLEY, NEVADA, USA

### *PHASE TENSOR ANALYSIS AND 2D MODELING OF MAGNETOTELLURIC DATA AT GABBS VALLEY, NEVADA, USA*

Pahri<sup>1</sup>, Andri Yadi Paembonan<sup>2</sup>, Selvi Misnia Irawati<sup>3\*</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Geofisika, Institut Teknologi Sumatera; Jl. Terusan Ryacudu, Way Huwi, Kecamatan Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung 35365

Received: 2023, June 15<sup>th</sup>

Accepted: 2023, October 11<sup>th</sup>

#### **Keywords:**

2D Inversion;  
Geothermal Exploration;  
Magnetotelluric;  
Phase Tensor.

#### **Correspondent Email:**

[selvi.irawati@tg.itera.ac.id](mailto:selvi.irawati@tg.itera.ac.id)

#### **How to cite this article:**

Pahri, Paembonan, A.Y., & Irawati, S.M. (2023). Analisis Tensor Fase dan Pemodelan 2D Data Magnetotelurik Gabbs Valley, Nevada, USA. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 09(03), 206-216.

**Abstrak.** Metode magnetotellurik (MT) merupakan salah satu teknik dalam metode geofisika yang menggunakan sumber alami dalam bentuk medan elektromagnetik yang berasal dari medan listrik dan variasi medan magnet di bumi. Dalam proses interpretasi kondisi bawah permukaan bumi, data MT masih dipengaruhi oleh *noise* atau distorsi yang akan menutupi dimensionalitas sebenarnya. Oleh karena itu dilakukan analisis tensor fase untuk menentukan dimensionalitas dan arah *geolectrical strike* guna mengidentifikasi struktur bawah permukaan yang tidak dipengaruhi oleh distorsi galvanic. Berdasarkan hasil yang diperoleh, daerah penelitian memiliki dimensionalitas 2D dengan orientasi barat laut – tenggara dengan arah N345°E. Hasil inversi 2D menunjukkan bahwa nilai resistivitas  $< 10 \Omega m$  diidentifikasi sebagai zona alterasi atau *clay cap* yang didominasi oleh mineral smektit. Nilai resistivitas 20 – 250  $\Omega m$  diidentifikasi sebagai reservoir yang bersifat permeabel yang tersusun atas batu pasir kasar, kerikil, basal, andesit, riolit, riadasit tuff dan konglomerat. Lapisan dengan nilai resistivitas  $> 250 \Omega m$  diidentifikasi sebagai *Upper Triassic Metasediment* yang mengalami sedimentasi yang sangat keras, hal tersebut disebabkan tekanan dan suhu tinggi. Lapisan ini tersusun atas meta batu lanau, batu lempung, meta batu pasir, dan meta konglomerat.

**Abstract.** The magnetotelluric (MT) technique is a geophysical methods that utilize natural sources in the form of the earth's electromagnetic field from the electric field and magnetic field variation. In the process of interpreting the subsurface conditions of the earth MT data is still affected by noise or distortion that will cover the true dimensionality. Therefore, phase tensor analysis is carried out based on the dimensionality and

© 2023 JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi). This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

*direction of the geoelectrical strike to identify subsurface structures that are not affected by galvanic distortion. Based on the results obtained, the study area has 2D dimensionality with a northwest-to-southeast in the direction of N345°N. The results of the 2D inversion showed that the resistivity value of  $< 10 \Omega m$  was identified as an alteration zone or clay cap dominated by smectite minerals. Resistivity values of  $20 - 250 \Omega m$  are identified as permeable reservoirs composed of coarse sandstone, gravel, basalt, andesite, rhyolite, tuff riodacite, and conglomerate. Layers with resistivity values of  $> 250 \Omega m$  are identified as Upper Triassic Metasediments that undergo very hard sedimentation, due to high pressure and temperature. This layer is composed of metamorphic siltstone, claystone, sandstone, and conglomerate*

## 1. PENDAHULUAN

*Magnetotelluric* (MT) merupakan salah satu metode geofisika yang menggunakan medan elektromagnetik (EM) alam sebagai sumber utama dalam pendugaan konduktivitas bawah permukaan (Simpson & Bahr, 2005). Metode ini memiliki kelebihan yaitu mempunyai jangkauan penetrasi yang dalam karena rentang frekuensi data MT yang panjang, dari 0,00001-10000 Hz (Simpson & Bahr, 2005). Parameter fisika yang dianalisis dari metode MT adalah resistivitas dan fase, sehingga dapat digunakan untuk menentukan sistem panas bumi seperti sumber panas (*heat source*), reservoir, dan batuan penudung (*cap rock*).

Pada studi MT, sebelum dilakukan interpretasi untuk memperoleh gambaran bawah permukaan yang akurat, data yang diperoleh perlu dilakukan analisis untuk menentukan dimensionalitas serta arah *geoelectrical strike* (Castells, 2006; Hardini dkk., 2013). Tensor fase merupakan salah satu parameter analisis MT, dikarenakan data yang dihasilkan dari pengukuran di lapangan masih terpengaruh oleh *noise* dan distorsi (Febrika dkk., 2017). Keberadaan distorsi tersebut dapat menutupi dimensionalitas sebenarnya, sehingga mengakibatkan terjadinya kesalahan interpretasi (Caldwell dkk., 2004).

Daerah penelitian berada di Gabbs Valley, Nevada, USA yang berbatasan dengan pegunungan Monte Cristo disebelah utara, lautan Hawthorne disebelah timur, dan

pegunungan Gabbs Valley di bagian selatan. Gabbs Valley, Nevada memiliki manifestasi panas bumi yang terkenal seperti mata air panas dan pembangkit listrik yang memanfaatkan *blind geothermal system*. Pada lokasi penelitian terdapat patahan *Petrified Spring* dengan arah barat laut-tenggara, patahan *oblique* yang bergerak secara *dextral* di area Walker Lane yang mempunyai arah timur laut-barat daya, dan di bagian selatan Gabbs Valley terdapat patahan normal ke arah utara – timur laut (Tait dkk., 2018).

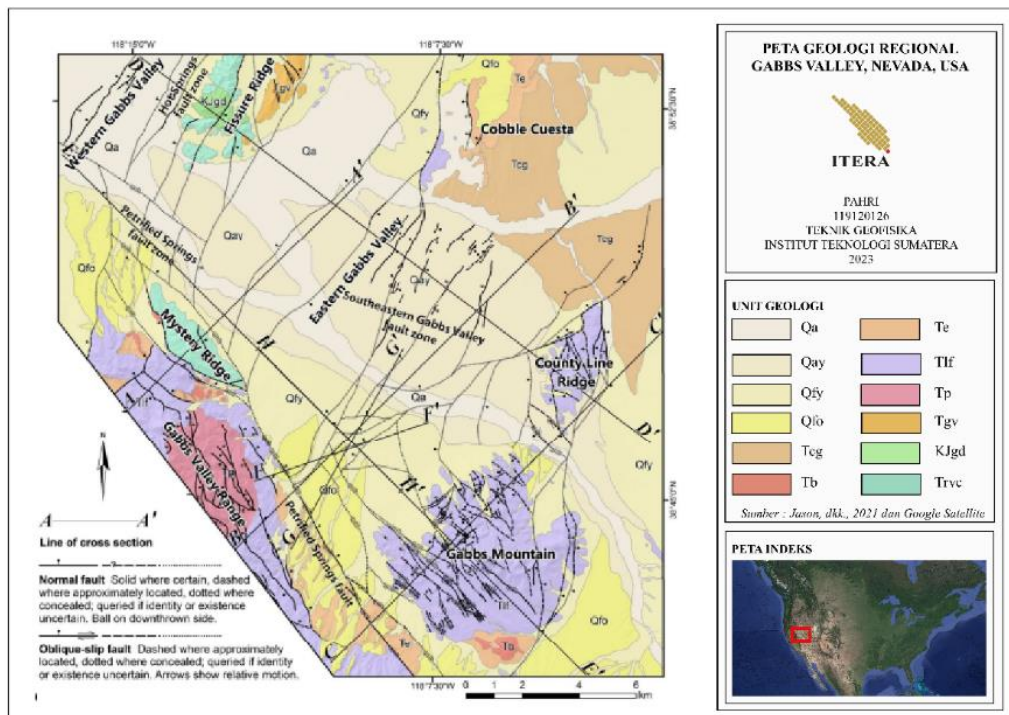
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis data MT berupa *geoelectrical strike* dan dimensionalitas berdasarkan analisis tensor fase yang akan menggambarkan kondisi bawah permukaan secara 2D di area *blind geothermal system*, Gabbs Valley, Nevada, USA.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Area penelitian berada di Gabbs Valley, Nevada yang merupakan *blind geothermal system* dan terletak 5 km sebelah utara Gabbs Valley Range serta  $\pm 15$  km sebelah tenggara pembangkit listrik panas bumi Don A. Campbell (Muntean dkk., 2017). Berdasarkan peta geologi Nevada pada **Gambar 1**. Terdapat 3 jenis lapisan berdasarkan umur batuan yaitu lapisan kuartar (*Holocene to Pliocene*), *Tertiary lava flows* (*Miocene to Oligocene*), *Metasedimentary rock* (*Upper Triassic*). Secara umum daerah penelitian berada di zona kuartar dan endapan vulkanik.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Jason dkk. (2021) menyatakan bahwa lokasi penelitian berada pada *blind geothermal* dengan nilai suhu 114,5-124,9°C. Menurut Faults dkk. (2018) dan Earney dkk. (2020), area Gabbs Valley bagian selatan mempunyai karakteristik anomaly magnetic rendah, resistivitas rendah,

dan temperatur tinggi. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Tait dkk. (2018) menggunakan metode gaya berat dan magnetik diperoleh anomaly panas di Gabbs Valley bagian selatan yang terletak di patahan *oblique* ke arah barat laut – tenggara dan patahan normal ke arah timur laut – barat daya.



**Gambar 1.** Peta geologi regional (Jason dkk., 2021).

### 3. METODE PENELITIAN

Metode MT adalah metode geofisika pasif yang memanfaatkan gelombang elektromagnetik yang terbentuk secara alami (EM). MT mengukur variasi medan listrik dan medan magnet yang bervariasi secara tegak lurus terhadap waktu, sehingga variasi resistivitas bawah permukaan dapat ditemukan (Vozoff, 1991). MT mampu menginterpretasikan keadaan geologi di bawah permukaan hingga kedalaman ribuan meter (>5000 m) berdasarkan sifat fisiknya yaitu sifat kelistrikan batuan. Rentang frekuensi yang digunakan dalam metode MT berkisar antara  $10^{-4}$  Hz hingga  $10^4$  Hz (Simpson & Bahr, 2005).

Semakin rendah frekuensi perangkat yang kita gunakan, semakin besar penetrasi yang dapat dihasilkan.

Penelitian ini menggunakan data MT berupa kurva *sounding* resistivitas semu dan fase terhadap periode atau frekuensi. Metode ini dapat mencitrakan persebaran nilai resistivitas bawah permukaan pada area panas bumi. Dalam penelitian ini, digunakan data sekunder yang berjumlah 24 titik pengukuran dalam format \*.edi yang dipublikasikan di situs resmi USGS yang diakuisisi bulan November 2017 (Peacock & Siler, 2021). Desain survei daerah penelitian dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Metode MT didasari oleh persamaan *Maxwell* yang dalam domain frekuensi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (1)$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{j} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \quad (2)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = q \quad (3)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad (4)$$

Keterangan:

$\mathbf{E}$  : Medan listrik (Volt/m)

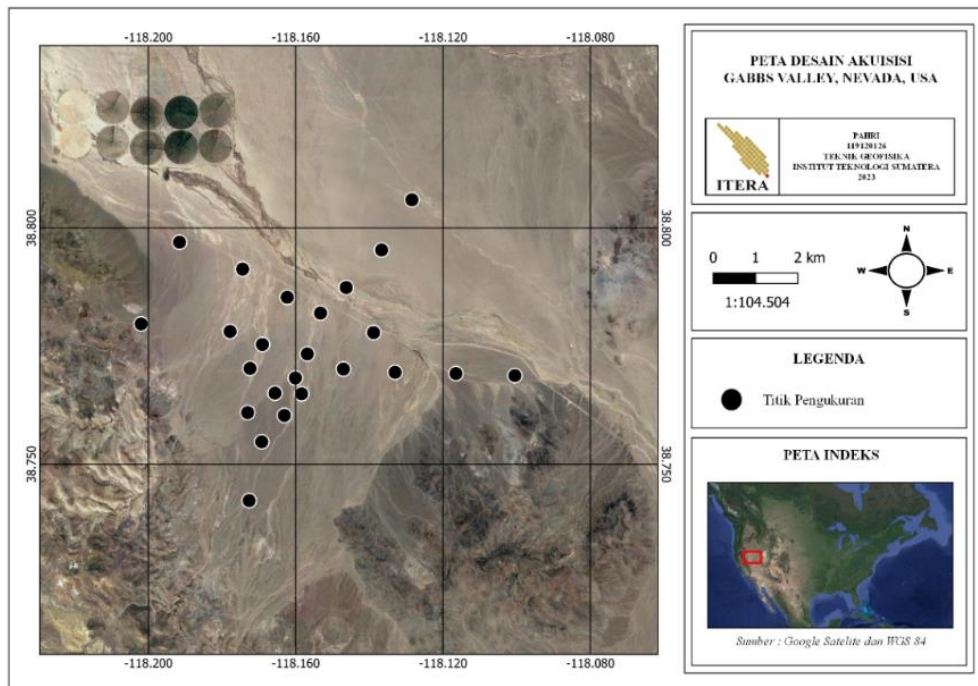
$\mathbf{B}$  : Induksi magnetik (Weber/m<sup>2</sup>)

$\mathbf{H}$  : Medan magnet (Ampere/m)

$\mathbf{j}$  : Rapat arus (Ampere/m<sup>2</sup>)

$\mathbf{D}$  : Perpindahan listrik (Coulomb/m<sup>2</sup>)

$q$  : Rapat Muatan listrik (Coulomb/m<sup>3</sup>)



**Gambar 2.** Desain survei daerah penelitian (*Google satellite & WGS 84*).

Hubungan antara resistivitas semu, fase, dan impedansi rotasi dalam situasi ini dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\rho_a = \frac{1}{\omega \mu_0} |Z|^2 \quad (5)$$

$$\varphi = \tan^{-1} \left| \frac{\text{Im}(Z)}{\text{Re}(Z)} \right| \quad (6)$$

Keterangan:

$\rho_a$  : Resistivitas semu ( $\Omega\text{m}$ )

$Z$  : Impedansi (V/A)

$\omega$  : Frekuensi sudut (Rad/s)

$\mu$  : Permeabilitas magnetik (H/m)

$\varphi$  : Fase (Derajat)

Dalam menjelaskan proses penetrasi gelombang elektromagnetik pada suatu material, sering digunakan besaran fisis yang dikenal dengan *skin depth*. *Skin depth* adalah besaran yang didefinisikan sebagai kedalaman dimana gelombang elektromagnetik teratenuasi hingga 1/e dari nilai awalnya.

$$\delta = 503 \sqrt{\frac{\rho}{f}} \quad (7)$$

dengan  $\delta$  merupakan *skin depth* dalam satuan meter,  $f$  merupakan frekuensi dalam Hz, dan  $\rho$  merupakan resistivitas semu dalam Ohm.meter ( $\Omega\text{m}$ ) (Simpson & Bahr, 2005).

Sebelum membuat pemodelan 2D, dilakukan analisis tensor fase berupa dimensionalitas dan *geoelectrical strike* untuk mengetahui arah struktur utama daerah penelitian. *Geolectrical strike* merupakan arah aliran arus listrik regional di bawah permukaan akibat ketidakhomogenan konduktivitas listrik bumi secara lateral (Niasari, 2016). Caldwell dkk., (2004) mengasumsikan bahwa metode tensor fase dianggap kebal terhadap distorsi galvanik yang timbul akibat heterogenitas konduktivitas dari bawah permukaan.

Distribusi heterogenitas permukaan yang menghasilkan distorsi galvanik dinetralkan oleh tensor fase. Hal ini mengurangi efek *random noise* dalam estimasi *strike* menggunakan tensor fase. Secara fisik, sumber muatan adalah medan listrik yang tidak terdistorsi, sehingga energinya harus sebanding dengan energi sumbernya. Tensor fase merupakan rasio bilangan real  $X$  dan bilangan imajiner  $Y$  dari tensor impedansinya atau dapat dirumuskan dalam persamaan berikut (Caldwell dkk., 2004).

$$\Phi = X^{-1}Y \quad (8)$$

$$\alpha = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left( \frac{\Phi_{12} + \Phi_{21}}{\Phi_{11} - \Phi_{22}} \right) \quad (9)$$

$$\beta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left( \frac{\Phi_{12} - \Phi_{21}}{\Phi_{11} + \Phi_{22}} \right) \quad (10)$$

Tensor fase memiliki sifat yakni, tidak dipengaruhi oleh distorsi galvanik, sudut kemiringan ( $\beta$ ) menunjukkan karakter dimensionalitas data MT dan memberikan informasi mengenai arah *geolectrical strike*. Apabila tensor fase memiliki bentuk lingkaran dengan nilai  $\beta=0$  menunjukkan karakter data MT 1D. Jika tensor fase berbentuk elips dengan nilai  $-3^\circ < \beta < 3^\circ$  merupakan karakter data MT 2D. Jika tensor fase elips dengan nilai  $\beta < -3^\circ$  atau  $\beta > 3^\circ$  maka menunjukkan karakter data 3D (Pranata dkk., 2017).

Pemodelan inversi 2D pada penelitian ini menggunakan inversi NLCG (*Non-Linear Conjugate Gradient*). Proses inversi ini

melibatkan penggunaan algoritma yang mampu menyederhanakan fungsi objektif ( $\Phi$ ) yang berkaitan pada resistivitas (Rodi & Mackie, 2001). Proses inversi ini bertujuan untuk mengestimasi parameter fisik suatu batuan yang sebelumnya tidak diketahui, dimana parameter fisis yang tidak diketahui tersebut adalah resistivitas batuan. Jika suatu model adalah  $m$ , fungsi matematis adalah  $F$ , dan data adalah  $d$ , maka persamaan model inversi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$d = F(m) \quad (11)$$

sehingga diperoleh persamaan fungsi objektif dengan menyederhanakan model objektif sebagai berikut:

$$\Phi(m, \tau) = \Phi d + \tau \Phi m \rightarrow \min \quad (12)$$

$$\Phi(m) = (d - F(m))^T V^{-1} (d - F(m)) + \tau m^T L^T L m^T \quad (13)$$

$\tau$  adalah parameter regulasi yang merupakan bilangan positif yang digunakan untuk pembobotan  $\Phi d$  dan  $\Phi m$ ,  $\Phi d$  merupakan fungsi misfit antara data kalkulasi dan observasi, sedangkan  $\Phi m$  merupakan fungsi kekasaran suatu model.  $V$  adalah variasi dari error bar, dan  $L$  adalah Laplacian.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis Tensor Fase

Sebelum melakukan pemodelan, perlu dilakukan analisis data berupa *geolectrical strike* dan dimensionalitas data untuk menghindari adanya distorsi pada model. Adapun analisis data yang dilakukan adalah menggunakan metode tensor fase berdasarkan teori dari Caldwell dkk. (2004) dan Booker (2013).

Analisis tensor fase pada penelitian ini dibagi menjadi tiga periode yaitu periode rendah (0,001-0,1 s), menengah (0,1-10 s), dan tinggi (10-1000 s) seperti yang dilakukan oleh Irawati dkk. (2019). Pada periode rendah (0,001-0,1 s), tensor fase didominasi dengan bentuk lingkaran dengan nilai *skew angles*  $\beta =$



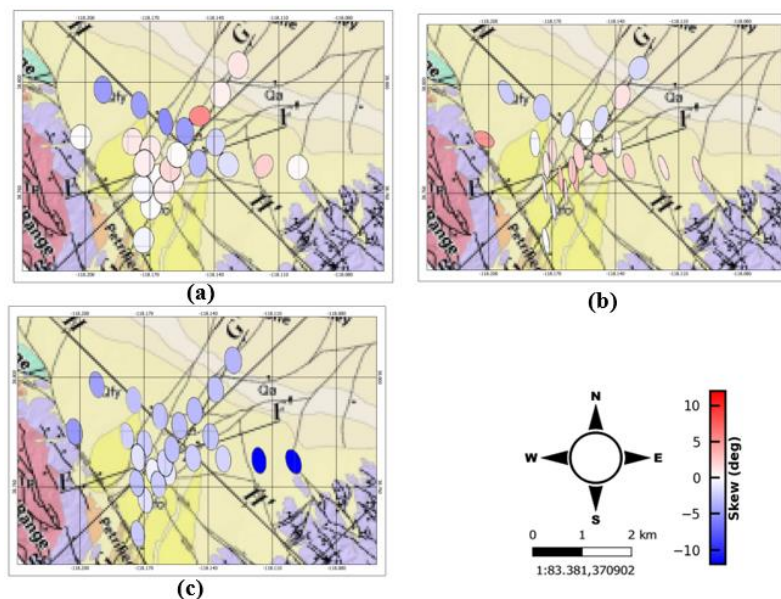
0 seperti yang terlihat pada **Gambar 3(a)**. Hal ini menunjukkan karakter data MT adalah 1D. Selanjutnya arah *geolectrical strike* pada periode rendah ini mempunyai arah N45°E yang dapat dilihat pada **Gambar 4(a)**.

Pada periode menengah (0,1-10 s), geometri tensor fase didominasi dengan bentuk elips asimetris yang merepresentasikan nilai *skew angles*  $\beta < -3^\circ$  atau  $\beta > 3^\circ$  dengan nilai sumbu maksimum tidak sama dengan sumbu minimum ( $\Phi_{max} \neq \Phi_{min}$ ). Kondisi tersebut menunjukkan data MT 3D. Berdasarkan analisis arah *geolectrical strike* pada **Gambar 4(b)** periode sedang diperoleh terminasi barat laut - tenggara yaitu N350°E.

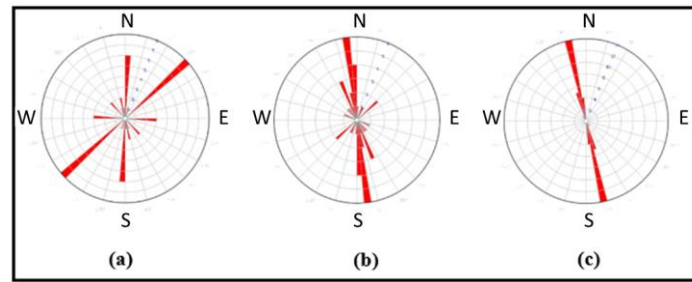
Para periode tinggi (10-1000 s), tensor fase didominasi dengan bentuk elips simetris yang merepresentasikan nilai *skew angles*  $-3^\circ < \beta < 3^\circ$  atau mendekati 0 dengan nilai sumbu maksimum tidak sama dengan sumbu minimum ( $\Phi_{max} \neq \Phi_{min}$ ). Pada periode tinggi dimensionalitas menunjukkan karakter medium 2D. Berdasarkan arah *geolectrical strike* pada **Gambar 4(c)** periode panjang memiliki arah *strike* barat laut – tenggara yaitu N345°E.

Berdasarkan analisis dari distribusi nilai tensor fase dari semua periode diketahui bahwa data MT daerah Gabbs Valley, Nevada mempunyai arah *geolectrical strike* N345°E seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 5(a)**. Namun analisis tensor fase dalam menentukan *geolectrical strike* memiliki ambiguitas  $\pm 90^\circ$  (Yogasatria & Grandis, 2018), sehingga perlu dilakukan korelasi nilai arah *geological strike* dari penelitian sebelumnya (Peacock & Siler, 2021) yang menyatakan arah barat laut - tenggara dengan rentang nilai  $340^\circ - 350^\circ$  yang terlihat pada **Gambar 5(b)**. Dari analisis tersebut dapat dikatakan bahwa hasil tensor fase berkorelasi positif/sesuai dengan *geological strike* sehingga data MT bisa dirotasikan ke arah N345°E.

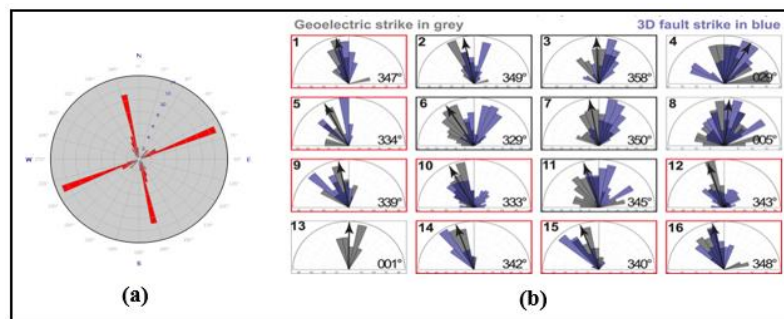
Ditinjau dari dimensionalitas pada semua periode, tensor fase didominasi dengan bentuk elips yang mempunyai *skew*  $-3^\circ < \beta < 3^\circ$  (**Gambar 6**). Hal ini menunjukkan data MT mempunyai dimensionalitas 2D. Dengan demikian, pemodelan 2D dapat dilakukan pada data ini.



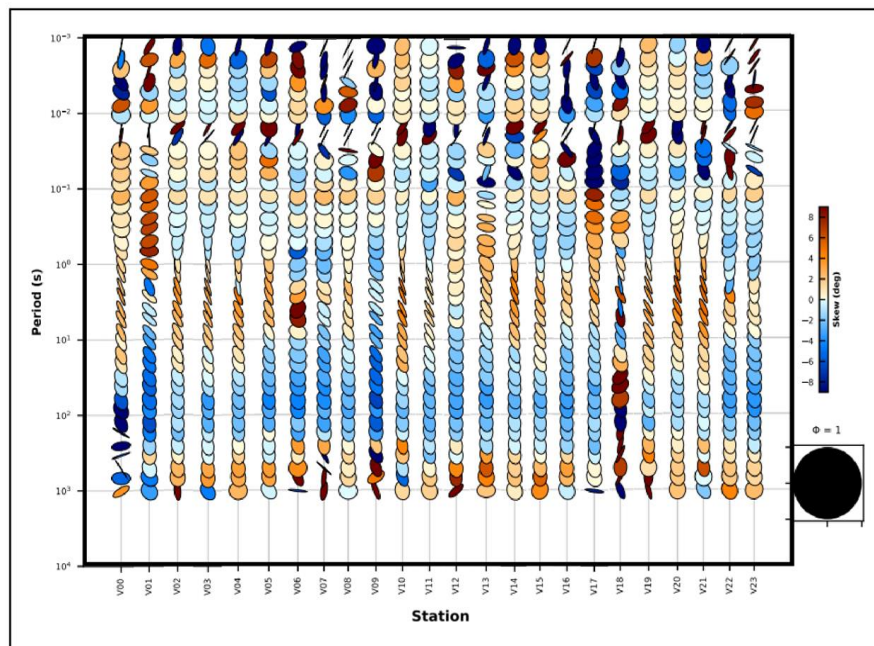
**Gambar 3.** Peta tensor fase (a) periode rendah (0,001-0,1 s), (b) periode sedang (0,1-10 s), dan (c) periode tinggi (10-1000 s).



**Gambar 4.** Rose diagram dari analisis tensor fase (a) periode rendah (0,001- 0,1 s) dengan arah struktur timur laut – barat daya yaitu N45°E, (b) periode sedang (0,1 – 10 s) dengan arah struktur barat laut tenggara yaitu N350°E, dan (c) periode tinggi (10 - 1000 s) dengan arah struktur barat laut – tenggara yaitu N345°E.



**Gambar 5.** (a) Rose diagram dari analisis tensor fase semua periode dan (b) informasi arah struktur penelitian sebelumnya (Peacock & Siler, 2021).



**Gambar 6.** Hasil tensor fase semua periode pada seluruh titik pengukuran MT didominasi dengan bentuk elips dengan nilai  $skew -3^{\circ} < \beta < 3^{\circ}$  yang menunjukkan karakter data MT 2D.

#### 4.2 Model 2D MT

Setelah dilakukan analisis tensor fase pada data magnetotellurik, selanjutnya dilakukan pemodelan 2D dengan menggunakan inversi *Nonlinear Conjugate Gradient* (NLCG). Inversi ini menggunakan fungsi *differential* yang bertujuan untuk meminimumkan *outliers* sehingga menghasilkan model yang optimum. Model awal yang digunakan adalah medium homogen yang mendekati nilai resistivitas semu secara keseluruhan atau berdasarkan nilai rata-rata resistivitasnya (Irawati dkk., 2022).

Lintasan 1 terdiri dari 8 titik pengukuran MT yang berarah timur laut – barat daya yang memotong patahan normal dengan menghasilkan model dengan nilai *RMS error* 2,3606%. Pada lintasan 2 terdiri dari 8 titik pengukuran yang berarah timur – barat yang memotong patahan *oblique* dan patahan normal dengan menghasilkan model dengan nilai *RMS error* 1,9469%. Pada lintasan 3 terdiri dari 5 titik pengukuran yang berarah barat laut – tenggara yang memotong patahan normal dengan menghasilkan model dengan nilai *RMS error* 1,94688 %. Pada lintasan 4 terdiri dari 5 titik pengukuran yang berarah timur laut – barat daya yang memotong patahan *oblique* dan patahan normal dengan menghasilkan model dengan nilai *RMS error* 1,8172%. Adapun rentang nilai resistivitas yang dihasilkan dari semua lintasan adalah 1 – 400  $\Omega m$ .

Berdasarkan referensi sebelumnya (Tabel 1), nilai resistivitas dari batuan didaerah penelitian terbagi menjadi batuan sedimen kuarter yang mengalami alterasi, *tertiary reservoir*, dan *upper triassic metasediment*.

Berdasarkan model hasil inversi 2D metode MT menggambarkan bahwa lapisan dengan nilai resistivitas  $<10 \Omega m$  yang ditandai dengan rentang warna merah hingga kuning dapat diinterpretasikan sebagai lapisan sedimen kuarter yang mengalami alterasi dalam hal ini adalah batulempung yang dapat berfungsi sebagai *clay cap* pada sistem panas bumi. Nilai rendah pada batuan ini juga didukung oleh Hukum Archie yang dimodifikasi oleh Caldwell menyatakan bahwa kehadiran mineral lempung akan membuat nilainya menjadi tidak terdefinisi sehingga nilai resistivitasnya rendah.

Berdasarkan model hasil inversi 2D metode MT menggambarkan bahwa lapisan dengan nilai resistivitas 100 – 250  $\Omega m$  yang ditandai dengan warna biru dapat diinterpretasikan sebagai kuarter sedimen yang tidak mengalami alterasi. Pada model inversi 2D MT dengan nilai resistivitas 20 – 250  $\Omega m$  yang ditandai dengan warna hijau hingga biru dapat diinterpretasikan sebagai lapisan reservoir tersier yang tersusun atas batuan yang bersifat permeabel seperti kerikil, batu pasir kasar, basal, riolit, riadasit tuff, konglomerat yang berumur pliosen hingga miosen akhir.

Selanjutnya, pada Berdasarkan model hasil inversi 2D metode MT menggambarkan bahwa lapisan dengan nilai resistivitas  $>250 \Omega m$  yang ditandai dengan warna biru hingga ungu dapat diinterpretasikan sebagai *Upper Triassic Metasediment* yang mengalami sedimentasi yang sangat keras disebabkan karena tekanan dan suhu tinggi. Lapisan ini tersusun atas metamorfik dari batu lanau, batu lempung, batu pasir, dan konglomerat.

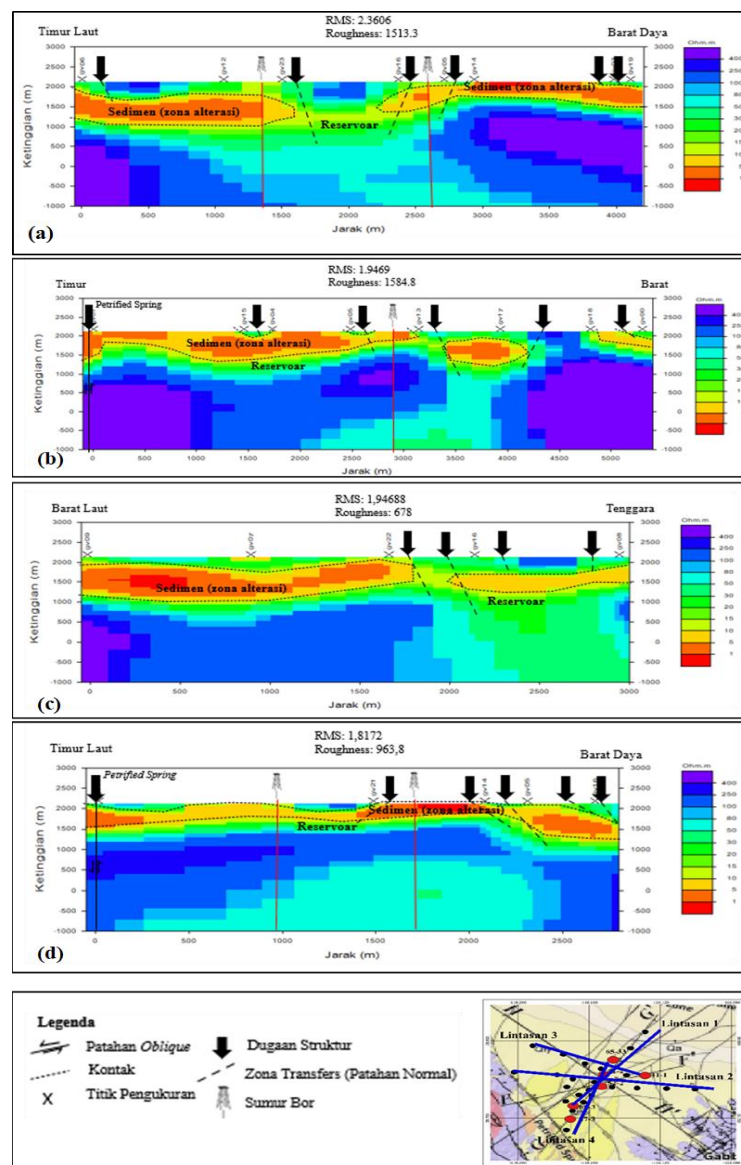
**Tabel 1.** Nilai resistivitas batuan daerah penelitian.

Batuan	Resistivitas ( $\Omega m$ )	Sumber
<i>Sediment Quarter Alteration</i>	$< 10 \Omega m$	Tait dkk., 2018; Jason dkk., 2021
<i>Tertiary Reservoir</i>	20 – 250 $\Omega m$	Tait dkk., 2018; Jason dkk., 2021
<i>Upper Triassic Metasediment</i>	$> 250 \Omega m$	Tait dkk., 2018; Jason dkk., 2021

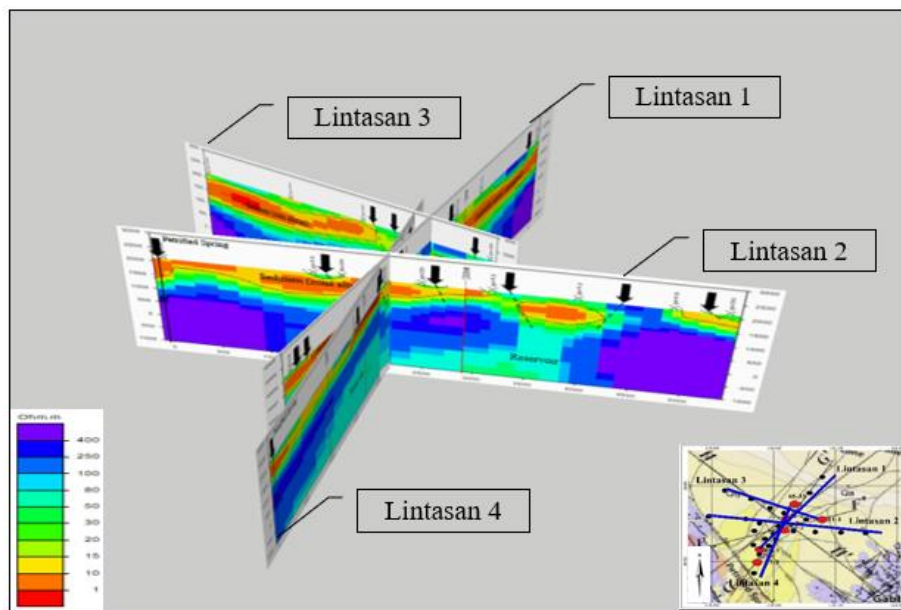


Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya (Jason dkk., 2021) menerangkan bahwa lapisan *clay cap* yang didominasi oleh mineral smektit yang telah mengalami alterasi. Lapisan permeabel yang bertindak sebagai reservoir memiliki ketebalan 250 – 750 m yang tersusun atas batu pasir kasar, kerikil dan lainnya. Berikut merupakan hasil pemodelan Inversi pada lintasan 1 – 4 seperti pada **Gambar 7**. Hasil *crossplot* berdasarkan pemodelan inversi 2D

pada semua lintasan terlihat pada **Gambar 8**. Berdasarkan *crossplot* tersebut diketahui bahwa terdapat kemenerusan nilai resistivitas pada semua lintasan. Sehingga dapat diketahui komponen sistem panas bumi berupa batuan penudung (*cap rock*), reservoir, sumber panas (*heat source*), dan struktur dugaan patahan. Oleh karena itu metode magnetotellurik dapat dijadikan sebagai metode utama dalam pendugaan sistem panas bumi.



**Gambar 7.** Hasil inversi 2D; (a) lintasan 1, (b) lintasan 2, (c) lintasan 3, dan (d) lintasan 4 yang tersusun oleh batuan sedimen kuartar yang mengalami alterasi, *tertiary reservoir*, dan *upper triassic metasediment*.



**Gambar 8.** Crossline empat lintasan terdapat kemenerusan nilai resistivitas pada semua lintasan.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa hasil analisis tensor fase menunjukkan arah *geoelectrical strike* N345°E dengan orientasi barat laut-tenggara yang berkorelasi positif terhadap hasil penelitian sebelumnya sehingga arah tersebut dapat digunakan untuk merotasi data MT. Arah *geoelectrical strike* tersebut digunakan untuk merotasi data MT dan meminimalisir kesalahan dalam interpretasi.

Sedangkan hasil pemodelan inversi 2D magnetotellurik menunjukkan lapisan penudung atau *clay cap* dengan nilai resistivitas  $<10 \Omega m$  yang berada di dekat permukaan. Lapisan reservoir dengan nilai resistivitas 20 – 250  $\Omega m$  yang permeabel tersusun atas kerikil, batu pasir kasar, basal, riolit, riolit tufa, dan konglomerat. Lapisan dengan nilai resistivitas  $>250 \Omega m$  diidentifikasi sebagai *Upper Triassic Metasediment* yang mengalami sedimentasi yang sangat keras disebabkan karena tekanan dan suhu tinggi. Lapisan ini tersusun atas meta batu lanau, meta batu lempung, meta batu pasir, dan meta konglomerat.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada penyedia data Jared R. Peacock selaku *research geophysicist United States Geological Survey* (USGS), serta semua pihak yang turut berkontribusi dalam penelitian ini (<https://www.usgs.gov/data/magnetotelluric-data-gabbs-valley-nevada-2017>).

## DAFTAR PUSTAKA

- Booker, J.R. (2013). The Magnetotelluric Phase Tensor: A Critical Review. *Surveys in Geophysics*, 35, 7-40.
- Caldwell, T. G., Bibby, H. M., & Brown, C. (2004). The magnetotelluric phase tensor. *Geophysical Journal International*, Vol. 158, 457-469.
- Castells, A. M. (2006). *A Magnetotelluric Investigation of Geoelectrical Dimensionality and Study of the Central Betic Crustal Structure*. Barcelona: Universitat de Barcelona Departament de Geodinamica i Geofisica.
- Earney, T., Schermerhorn, W., Peacock, J., Glen, J.M.G., Craig, J., Faults, J.E., & Siler, D.L. (2020). Integrating High Resolution Gravity, Magnetic and Magnetotelluric Data to Characterize the Structural Framework of a Blind Geothermal System in Southern Gabbs Valley, NV. *American Geophysical Union*.

- Faulds, J.E., Craig, J.W., Hinz, N.H., Coolbaugh, M.F., Glen, J.M., Earney, T.E., Schermerhorn, W.D., Peacock, J., Deoreo, S.B., & Siler, D.L. (2018). Discovery of a Blind Geothermal System in Southern Gabbs Valley, Western Nevada, through Application of the Play Fairway Analysis at Multiple Scales. *GRC Transactions*, v 42.
- Febrika, G., Setyawan, A., Nurwidiyanto, M., & Raharjo, I. (2017). Identifikasi *Geoelectrical Strike* dan Dimensionalitas berdasarkan Analisis Phase tensor untuk pemodelan Magnetotellurik di lapangan panas bumi YGF. *Youngster Physics Journal*, 115-122.
- Hardini, P., Zaenudin, A., & Handoyo, R. (2013). Penerapan Koreksi Statik Time Domain Elektromagnetik (TDEM) Pada Data Magnetotelurik (MT) Untuk Pemodelan Resistivitas Lapangan Panasbumi "SS". *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 01(02).
- Irawati, S.M., Hidayat, & Grandis, H. (2019). Magnetotelluric (MT) Data Analysis and 2D Modeling of the Kutai Basin, Indonesia: Preliminary Result. *EAGE Earthdoc*, 1102-1148. <https://doi.org/10.3997/22144609.201900406>.
- Irawati, S.M., Hidayat, Wijanarko, E., & Grandis, H. (2022). Integrated Magnetotelluric (MT), Gravity and Seismic Study of Lower Kutai Basin Configuration. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 54, 220103. <https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2022.54.1.3>.
- Jason, W., Craig, J. E., Faulds, N. H., Hinz, T. E., Earney, W. D., Schermerhorn, D. L., & Deoreo, S. B. (2021). Discovery and Analysis of a Blind Geothermal System in Southeastern Gabbs Valley, Western Nevada, USA. *Great Basin Center for Geothermal Energy*, 1-46.
- Muntean, J., Davis, D., & Ayling, B. (2017). *The Nevada mineral industry 2016*, Nevada Bureau of Mines and Geology Special Publication MI-2016. Nevada: Nevada Bureau of Mines and Geology.
- Niasari, S.W. (2016). A Short Introduction to Geological Strike and Geoelectrical Strike. *AIP Conf. Proc.* 1755, 100002.
- Peacock, J. R., & Siler, D. L. (2021). Bottom-up and Top-Down Control on Hydrothermal Resources in The Great Basin: An Example from Gabbs Valley, Nevada. *Geophysical Research Letters*, 48.
- Pranata, E., Irawati, S.M., & Niasari, S.W. (2017). Magnetotelluric Data Analysis using Swift Skew, Bahr Skew, Polar Diagram, and Phase Tensor: A Case Study in Yellowstone, US. *A Physical and Computational Sciences*, 54(3), 311-317.
- Rodi, W. L. & Mackie. (2001). Nonlinear Conjugate Gradients Algorithm for 2-D Magnetotelluric Inversion. *Geophysics*, 174-187.
- Simpson, F., & Bahr, K. (2005). *Practical Magnetotellurics*. Cambridge University Press.
- Tait, E. E., Schermerhorn, W. D., Glen, J. M., Peacock, J., Craig, J. W., Faulds, J. E., Nicholas, H.H., & Siler, D. (2018). Geophysical Investigations of a Blind Geothermal System in Southern Gabbs Valley, Nevada. *GRC Transactions*, Vol. 42.
- Vozoff, K. (1991). The Magnetotelluric Method in Electromagnetic Methods. *Applied Geophysics*, Vol. 2 Application, M.N. Nabighian (ed), SEG Publishing.
- Yogasatria, G. & Grandis, H. (2018). Analysis of Geoelectric Strike Direction of Magnetotelluric Data from A Geothermal Area, 2<sup>nd</sup> South-East Asian Conference on Geophysics (SEACG), Denpasar, Bali – Indonesia, 7-10 Agustus 2018.