

ANALISIS DIMENSIONALITAS DATA MAGNETOTELURIK LAPANGAN PANAS BUMI “SA” BERDASARKAN METODE TENSOR FASE

Shofya Akbar¹, Agus Setyawan², Tony Yulianto², Marino Christiano Baroek³, dan Irvan Ramadhan³

¹Mahasiswa S1 Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

²Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

³Divisi Subsurface PT Supreme Energy, Jakarta Selatan

E-mail: agussetyawan@fisika.fsm.undip.ac.id

Received: 21 Maret 2020; revised: 10 April 2020; accepted: 15 April 2020

ABSTRACT

Magnetotelluric (MT) method is one of a passive electromagnetic method in geophysics. Principally MT measures the temporal variation of the electromagnetic field that is induced to the surface of the earth to get the subsurface resistivity structure. Information about the geoelectric strike and dimensionality of the magnetotelluric data is important to modelling the subsurface structure. Information is used to determine the 1D, 2D or 3D approach that can be used to interpret MT data. Therefore, an aim of study is to identify the direction of the geoelectric strike and dimensionality structure in the "SA" geothermal field. The data were used is secondary data that has been corrected using shift correction. Phase tensor method was used to analysis the dimensionality of magnetotelluric data. Principally the phase tensor method is to determine the dimensionality by looking the difference between maximum and minimum phase that can be describe the main direction of structure in the field area. The results of geoelectric strike analysis and the dimensionality of the magnetotelluric field data for the "SA" geothermal field show the direction of geoelectric strike N345°E or N15°W with 1D, 2D and 3D dimensionality structures.

Keywords: magnetotelluric, geoelectric strike, dimentionality, tensor fase, "SA" geothermal field

ABSTRAK

Metode magnetotelurik (MT) merupakan metode elektromagnetik pasif untuk mengukur variasi temporal medan elektromagnetik yang diinduksi ke permukaan bumi guna mendapatkan nilai resistivitas perlapisan bawah permukaan. Informasi tentang geoelectric strike dan dimensionalitas data magnetotelurik merupakan hal yang penting dalam pemodelan struktur bawah permukaan. Informasi ini digunakan untuk menentukan pendekatan 1D, 2D, atau 3D yang dapat digunakan untuk menginterpretasikan data MT. Tujuan penelitian adalah untuk mengidentifikasi arah geoelectric strike dan struktur dimensionalitas di lapangan panas bumi “SA”. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang belum dilakukan koreksi static shift. Pada penelitian ini, analisis data magnetotelurik menggunakan metode tensor fase. Metode tensor fase pada prinsipnya digunakan untuk menentukan dimensionalitas dengan melihat perbedaan nilai fase maksimum dan fase minimum sehingga arah utama dari struktur daerah penelitian dapat tergambarkan. Hasil analisis geoelectric strike dan dimensionalitas data magnetotelurik

lapangan panas bumi "SA" menunjukkan arah *geoelectric strike* N345°E atau N15°W dengan struktur dimensionalitas 1D, 2D, dan 3D.

Kata kunci: magnetotelurik, *geoelectric strike*, dimensionalitas, tensor fase, lapangan panas bumi "SA"

PENDAHULUAN

Salah satu metode geofisika yang dapat digunakan untuk eksplorasi panas bumi adalah metode magnetotelurik (MT) [1, 2]. Metode magnetotelurik merupakan metode geofisika elektromagnetik pasif karena sumber yang dipakai memakai fenomena alam seperti badai petir dan badai magnetik di alam. Nilai resistivitas bawah permukaan adalah parameter fisis yang akan dicari untuk bisa diinterpretasi litologinya dengan cara mengukur variasi temporal dalam medan elektromagnetik alami [3].

Dalam pemodelan struktur bawah permukaan dengan menggunakan metode MT, informasi tentang *geoelectric strike* dan dimensionalitas data MT daerah penelitian sangat penting [1]. Informasi ini digunakan untuk menentukan pendekatan 1D, 2D, atau 3D yang dapat digunakan untuk menginterpretasikan data MT. Data yang dipakai pada penelitian ini merupakan data sekunder yang belum diketahui dimensionalitasnya, sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi arah *geoelectric strike* dan struktur dimensionalitas di lapangan panas bumi "SA". Analisis *geoelectric strike* dan dimensionalitas data MT pada penelitian ini menggunakan metode tensor fase [4].

LANDASAN TEORI

Metode magnetotelurik

Metode magnetotelurik didasarkan pada pengukuran secara bersamaan medan elektromagnetik total, yaitu variasi waktu dari medan magnet $H(t)$ dan induksi medan listrik $E(t)$ [5]. Sinyal elektromagnetik yang digunakan dalam MT memiliki

rentang periode gelombang 10^{-5} - 10^5 s [6] dan dalam rentang frekuensi 10^{-3} - 10^3 Hz [7]. Sumber sinyal MT berasal dari aktivitas petir yang menghasilkan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi tinggi ($f > 1$ Hz) dan interaksi antara magnetosfer bumi dengan solar plasma yang menghasilkan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi rendah ($f < 1$ Hz) [8].

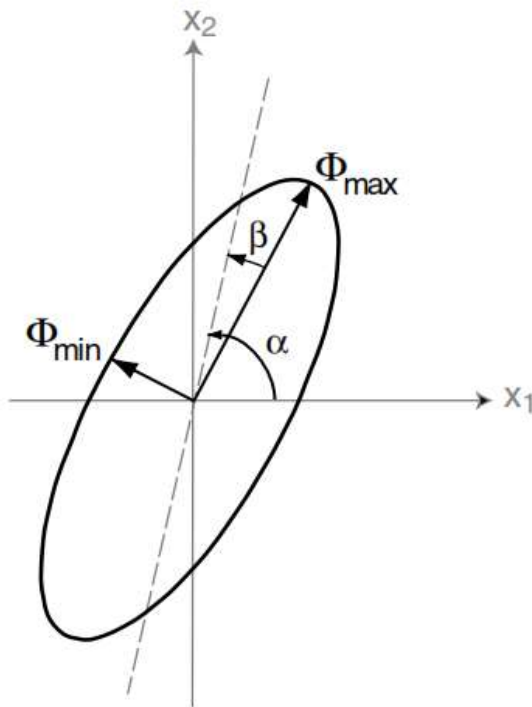
Tensor fase

Tensor fase merupakan rasio antara bagian riil dan bagian imajiner dari tensor impedansi [4]. Hubungan tersebut dapat dinyatakan dalam bentuk matrik kompleks atau tensor yang ditunjukkan pada persamaan (1).

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

Tensor fase dapat direpresentasikan secara grafis sebagai elips (Gambar 1) [9, 10]. dengan Φ_{max} dan Φ_{min} adalah sumbu mayor dan minor dan $\alpha - \beta$ adalah azimuth dari sumbu mayor [11]. Sumbu mayor (Φ_{max}) dan sumbu minor (Φ_{min}) menunjukkan perbedaan fase maksimum dan minimum antara medan magnet dan medan listrik [9].

Tensor fase terdiri dari 4 komponen riil yaitu Φ_{xx} , Φ_{xy} , Φ_{yx} dan Φ_{yy} , serta memiliki 4 parameter yang saling berkaitan: sudut α , Φ_{max} , Φ_{min} , dan sudut β . Sudut β dapat digunakan untuk memperoleh informasi mengenai dimensionalitas regional pada data magnetotelurik [12].



Gambar 1 Penggambaran tensor fase secara grafis [4].

Jika tensor fase mempunyai bentuk lingkaran dengan $\beta = 0$ maka strukturnya 1D. jika tensor fase mempunyai bentuk elips dengan $\beta = 0$ maka strukturnya 2D. Untuk struktur 3D, tensor fase mempunyai bentuk elips dengan $\beta \neq 0$ [4].

Untuk struktur 2D, *geoelectric strike* metode tensor fase ditunjukkan oleh arah sumbu utama ($\alpha - \beta$), sedangkan nilai α dan β diperlihatkan pada persamaan 2 dan persamaan (3) [11].

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

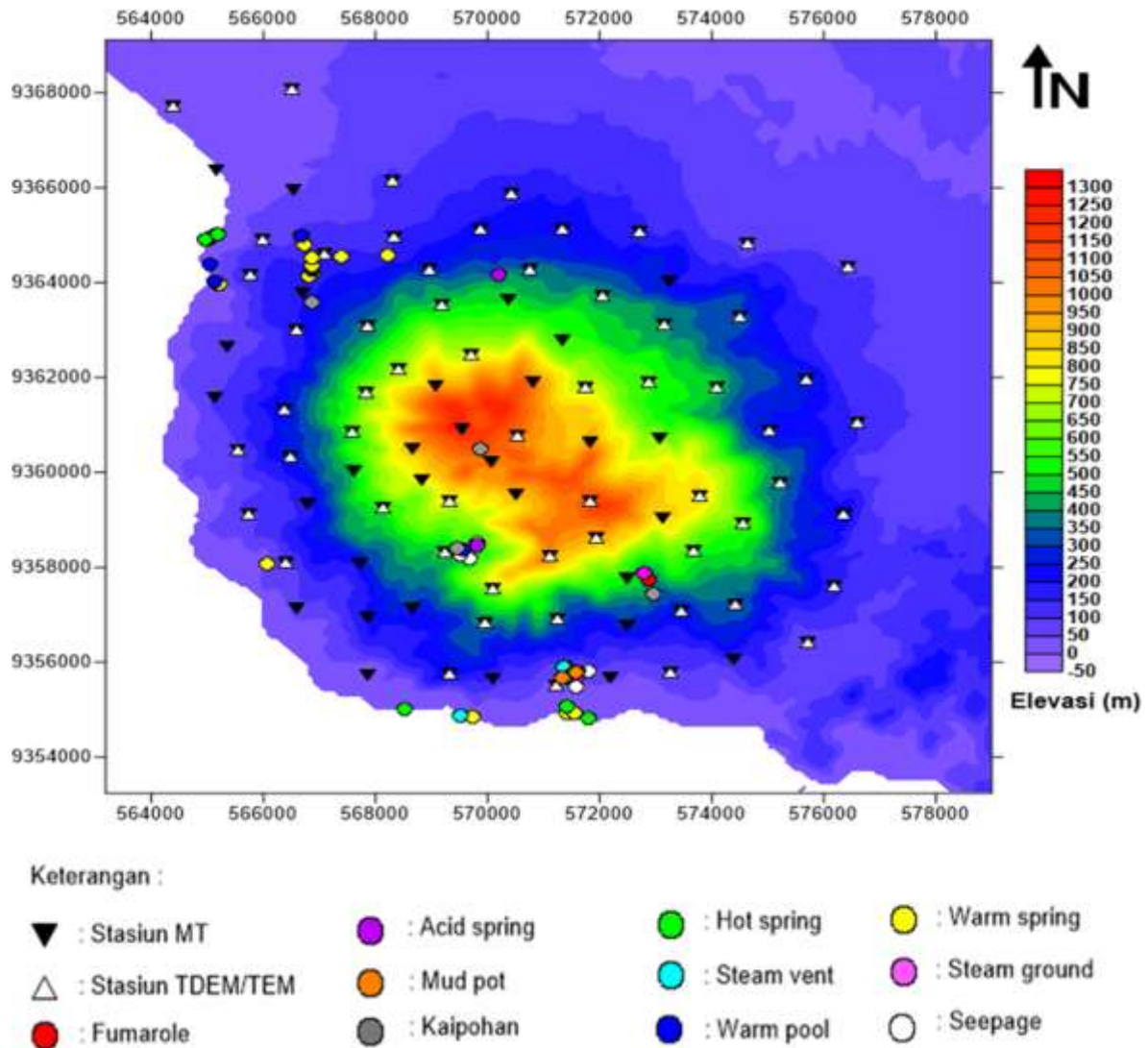
$$\beta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{\phi_{xy} + \phi_{yx}}{\phi_{xx} - \phi_{yy}} \right) \quad (3)$$

Geolectric strike

Geolectric strike merupakan arah yang merepresentasikan aliran arus listrik di bawah permukaan yang disebabkan oleh adanya inhomogenitas lateral dari konduktivitas listrik di bumi. Dalam asumsi bumi 2D, diasumsikan bahwa terdapat benda konduktif yang memanjang di bawah permukaan dimana arus listrik mengalir di sepanjang konduktor ini. *Geolectric strike* dapat ditampilkan dalam bentuk *rose diagram*. *Rose diagram* merupakan plot lingkaran yang menunjukkan arah frekuensi data dan arah strike berdasarkan tensor impedansi [13].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder milik PT Supreme Energy. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data MT yang mempunyai format EDI File yang belum mengalami koreksi *static shift*. Sesuai dengan kesepakatan pihak pemberi data untuk merahasiakan nama area penelitian maka Daerah penelitian diberi nama “SA” dengan jumlah stasiun sebanyak 88 titik pengukuran. Topografi daerah penelitian ditunjukkan pada Gambar 2. Secara umum dapat didiskripsikan bahwa daerah penelitian merupakan daerah pegunungan yang terindikasi adanya potensi panasbumi. Potensi panas bumi ini dapat terlihat dari adanya kemunculan manifestasi di permukaan seperti *fumarole*, mata air panas, *seepage* dan warna mineral tanah dipermukaan yang berubah dari coklat ke kuning atau putih. Manifestasi ini sebagian besar berada di Barat Laut dan Tenggara dari daerah penelitian. Proses analisis *geolectric strike* dan dimensionalitas data MT pada penelitian ini menggunakan *coding* MATLAB.



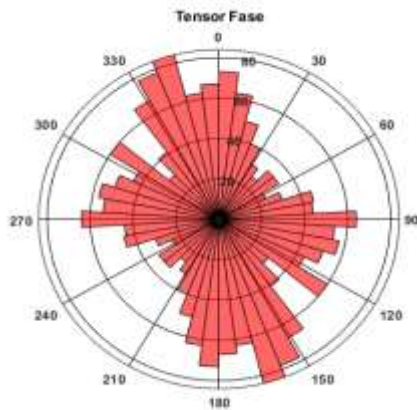
Gambar 2. Peta topografi daerah penelitian dan persebaran stasiun MT.

HASIL DAN PEMBAHASAN

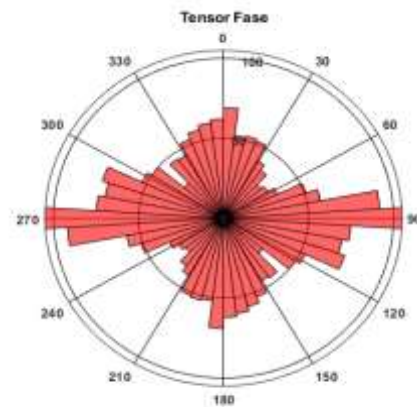
Analisis *geolectric strike* dapat ditampilkan dalam bentuk *rose diagram* dari semua titik pengukuran pada rentang periode atau frekuensi tertentu. Analisis *geolectric strike* dilakukan untuk mendapatkan arah *geolectric strike* yang digunakan untuk rotasi matematis data MT sebelum dilakukan pemodelan. Rentang periode yang digunakan dalam penentuan arah *geolectric strike* pada penelitian ini meliputi rentang periode 10^{-3} - 10^{-2} s yang mewakili data pada kedalaman dangkal, rentang periode 10^{-1} - 10^1 s yang mewakili data pada kedalaman sedang, dan rentang

periode 10^2 - 10^3 s yang mewakili data pada kedalaman dalam.

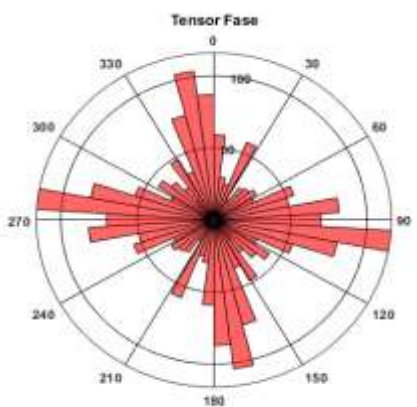
Analisis *rose diagram* dilakukan untuk menggambarkan arah dominan *geolectric strike* dari semua titik pengukuran pada rentang periode tertentu. Gambar 3 menunjukkan *rose diagram* dari analisis *geolectric strike* pada rentang periode tertentu dengan menggunakan metode tensor fase. Pada rentang periode 10^{-3} - 10^{-2} s yang ditunjukkan oleh gambar 3 (a), diketahui bahwa *geolectric strike* mempunyai orientasi N22,5°W atau N337,5°E. Gambar 3 (b) menunjukkan arah *geolectric strike* pada rentang



(a)



(b)



(c)

Gambar 3. Rose diagram dari *geoelectric strike*: (a) untuk periode 10^{-3} - 10^{-2} s, (b) untuk periode 10^{-1} - 10^1 s, (c) untuk periode 10^2 - 10^3 s.

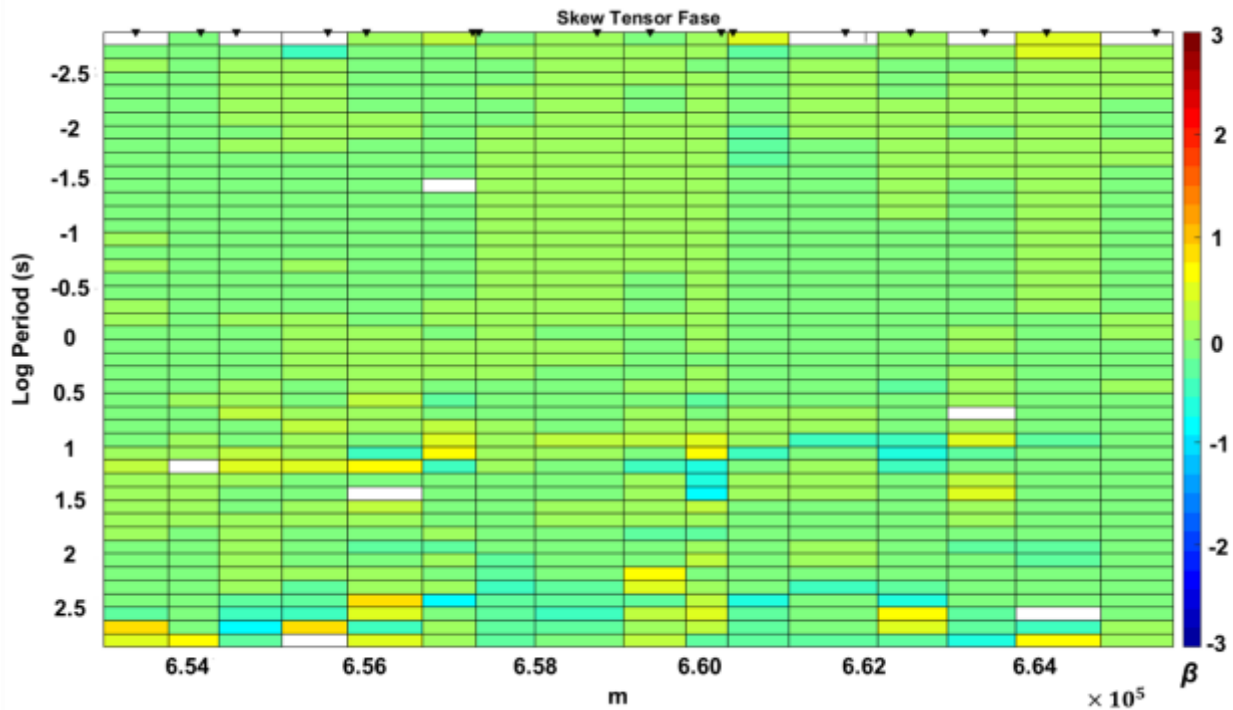
periode 10^{-1} - 10^1 s yang mempunyai orientasi $N90^{\circ}E$ dan pada gambar 3 (c) yang mempunyai rentang periode 10^2 - 10^3 s, diketahui bahwa *geoelectric strike* mempunyai orientasi $N15^{\circ}W$ atau $N345^{\circ}E$.

Berdasarkan analisis dimensionalitas data MT terlihat bahwa pada rentang periode 10^{-3} - 10^1 s data MT mempunyai struktur 1D/2D. Jika struktur regional data MT adalah 2D, terdapat kemungkinan bahwa respons tensor fase dapat mengalami distorsi galvanik [4]. Berdasarkan hal ini, arah *geoelectric strike* lapangan panas bumi “SA” diasumsikan mempunyai orientasi $N15^{\circ}W$ atau $N345^{\circ}E$.

Dimensionalitas

Dimensionalitas data MT dapat ditampilkan dalam bentuk nilai *skew*. Secara umum nilai *skew* dari berbagai metode dapat mencerminkan penyimpangan data dari model 1D, 2D, atau 3D. Gambar 4 menunjukkan *skew* tensor fase di lapangan pans bumi “SA”. Metode tensor fase tidak membutuhkan asumsi dalam penentuan dimensionalitas data MT. *Skew* tensor fase menunjukkan nilai $\beta = 0$ dari periode 10^{-3} s hingga periode 10^1 s. Setelah periode 10^1 s, nilai $\beta \neq 0$. Hal ini menunjukkan bahwa struktur dimensionalitas data MT berupa 1D/2D sebelum periode 10^1 s dan menunjukkan struktur 3D setelah periode 10^1 s.

Berdasarkan analisis data MT dengan menggunakan metode tensor fase diketahui bahwa data MT lapangan panas bumi “SA” mempunyai struktur dimensionalitas 1D, 2D, dan 3D. Dimensionalitas ini akan mempunyai peran penting dalam pemodelan/interpretasi dan penentuan keputusan apabila suatu saat dilanjutkan pada tahap pengeboran. Misalkan dari interpretasi terdapat struktur patahan maka arah pengeboran bisa menghindari patahan tersebut supaya tidak terjadi *loss pressure*.



Gambar 4. Skew tensor fase.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data MT dengan menggunakan metode tensor fase diperoleh bahwa *geoelectric strike* lapangan panas bumi "SA" menunjukkan arah N15°W atau N345°E. Dimensionalitas data MT lapangan panas bumi "SA" mempunyai struktur 1D, 2D, dan 3D. Dengan diketahuinya struktur dan dimensionalitas suatu daerah penelitian diharapkan akan mempermudah pembuatan model dan interpretasi bawah permukaan, sehingga apabila dilanjutkan tahap eksploitasi atau pengeboran informasi yang didapat lebih akurat dan dapat mengurangi kesalahan teknis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Supreme Energy yang telah mengizinkan penulis untuk melaksanakan penelitian ini dan memberikan izin untuk mempublikasikan hasilnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Febriani F, Widarto DS, Gaffar E, Nasution A, Grandis H. The magnetotelluric phase tensor analysis of the sembalun-propok area, West Nusa Tenggara, Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*. 2017;817:012072.
- [2] Oskooi B. 1D interpretation of the magnetotelluric data from travale geothermal field in Italy. *Journal of The Earth and Space Physics*. 2006;32;1-16.
- [3] Triahadini A, Aizawa K, Teguri Y, Koyama T, Tsukamoto K, Muramatsu D, Chiba K, Uyeshima M. Magnetotelluric transect of Unzen graben, Japan: conductors associated with normal faults. *Earth, Planets and Space*, 2019;71:1-13.
- [4] Caldwell TG, Bibby HM, Brown C. The magnetotelluric phase tensor. *Geophysics*. 2004;158:457-469.

- [5] Naidu GD. *Deep crustal structure of the Son-Narmada-Tapti Lineament, Central India*. The Osmania University; 2014.
- [6] Simpson F, Bahr K. *Practical magnetotelluric*. United Kingdom: Cambridge University Press; 2005.
- [7] Vozoff K. Magnetotelluric: Principles and practice. *Earth Planet Science*. 1990;99:441–471.
- [8] Garcia X, Jones AG. Atmospheric source for audio-magnetotelluric (AMT) sounding. *Geophysics*. 2002;67:448–458.
- [9] Heise W, Bibby HM, Caldwell TG, Bannister SC, Ogawa Y, Takakura S, Uchida T. Melt distribution beneath a young continental rift: The Taupo Volcanic Zone, New Zealand. *Geophysical Research Letter*. 2007;34: L14313.
- [10] Walter C. Three-dimensional magnetotelluric modelling of the Taupo Volcanic Zone, New Zealand. *Thesis*. Department of Physics. Faculty of Science, The University of Auckland; 2014.
- [11] Castells AM. A magnetotelluric investigation of geoelectrical dimensionality and study of the Central Betic Crustal Structure. *Thesis*. Departament de Geodinamica Geofisica, Facultat e Ciencies de la Terra, Universitat de Barcelona; 2006.
- [12] Zhao Y, Ye G, Dong J, Wei W, Jin S. Electrical constraints on the channel flow underneath the northeastward Tibetan plateau: Results of the Longriba-Minjiang magnetotelluric sounding profile. *Journal of Asian Earth Sciences*. 2019;170:73-83.
- [13] Niasari SW. A short introduction to geological strike and geoelectrical strike. *AIP Conference Proceedings*. 2016;1755:100002.