

Analisa Geoelectrical Strike Metode AMT untuk Identifikasi Awal Potensi Sistem Panas Bumi di Daerah Gunung Pancar Bogor Jawa Barat

Wahyu Hidayat¹⁾, Hafiz Hamdalah²⁾, Hana Aulia K.³⁾

^{1,2,3)}Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

Corresponding author email: wahyu.machmud@upnyk.ac.id

Abstrak

Satu daerah yang diduga terdapat sistem panasbumi adalah daerah Gunung Pancar, Bogor, Jawa Barat. Beberapa mata air panas yang muncul di sekitar daerah penelitian memperkuat dugaan adanya sistem panasbumi di daerah tersebut. Metode geofisika yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi sistem panasbumi adalah Metode Audio Magnetotelurik (AMT). Penelitian ini menggunakan metode AMT untuk mendapatkan gambaran bawah permukaan dengan pemodelan 1D dan pemodelan 2D. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *software* MT Editor, Interpex, dan Petrel. *Geoelectrical strike* digunakan untuk mengetahui arah *strike* bawah permukaan dimana nilai kontras resistivitasnya dapat diindikasikan sebagai gangguan geologi. Data yang digunakan adalah data *angle* dan *radius* pada *software* MT Editor. Sementara *software* yang digunakan untuk membuat diagram roset adalah *software* GeoRose. Hasil pemodelan menunjukkan adanya komponen panasbumi berupa *claycap* (1 Ω .m – 10 Ω .m) dan *reservoir* (10 Ω .m – 20 Ω .m) pada kedalaman 300 m hingga 2000 m. Lapisan *young sedimentary rock* diinterpretasikan sebagai zona aliran air panas dengan nilai tahanan jenis sebesar 10 Ω .m – 100 Ω .m. Sistem panasbumi di daerah penelitian diduga dikontrol oleh struktur geologi berupa sesar mendatar, antiklin, dan sinklin yang berkembang di bagian timurlaut daerah penelitian.

Kata Kunci : *Audio-Magnetotelluric, Geoelectircal Strike, Sistem Panasbumi*

Abstrack

The areas that possibly had geothermal system is Mount Pancar, Bogor, West Java. There are several hot springs found around the study area. The geophysical method that can be used to identify the geothermal system and geological structure is the Audio-Magnetotelluric Method (AMT). AMT method is used to obtain subsurface overview with 1D modeling and 2D modeling. Data processing is done by using MT Editor, Interpex, and Petrel software. Geoelectrical strike is used to determine the direction of the subsurface strike by resistivity value. The most dominant angle and radius data from software MT Editor is used to make rosette diagram to show the geoelectrical strike. The results of 1D modeling showed the geothermal component such as claycap (1 Ω .m - 10 Ω .m) and reservoir (10 Ω .m - 20 Ω .m) at a depth of 300 m to 2000 m. The young sedimentary rock layer is interpreted as a discharge zone with a resistance value of 10 Ω .m - 100 Ω .m. The geothermal systems in the study area might be controlled by geological structures in the northeast of the study area.

Keywords: *Audio-Magnetotelluric, Geoelectrical Strike, Geothermal Systems.*

**Analisa Geoelectrical Strike Metode AMT Untuk Identifikasi Awal
Potensi Sistem Panas Bumi di Daerah Gunung Pancar Bogor Jawa Barat**

I. Pendahuluan

Pelelehan zona subduksi akan menghasilkan magma yang merupakan sumber utama dari suatu sistem panasbumi. Produk hasil subduksi tersebut yang menyebabkan Indonesia menjadi salah satu negara potensi panasbumi terbesar di dunia. Salah satu daerah yang diduga terdapat sistem panasbumi adalah daerah Gunung Pancar, Bogor, Jawa Barat. Gunung Pancar merupakan intrusi andesit porfiritik di Formasi Jatiluhur. Metode geofisika yang dapat digunakan untuk memastikan adanya potensi panasbumi di daerah Gunung Pancar, Bogor, Jawa Barat adalah metode Audio Magnetotelurik (AMT). Penelitian ini dimaksudkan untuk mendapatkan gambaran bawah permukaan dengan melakukan pemodelan 1D dan pemodelan 2D, mengevaluasi keberadaan sistem panasbumi, serta menduga keberadaan struktur berdasarkan *geoelectrical strike*.

Metode AMT merupakan metode geofisika yang bersifat pasif karena memanfaatkan gelombang elektromagnetik untuk mengetahui nilai tahanan jenis batuan di bawah permukaan. Metode ini merekam data dengan frekuensi yang tinggi (>1 Hz) (Unsworth, 2013) karena bersumber dari aktivitas petir di ionosfer. Metode Magnetotelurik (MT) ini mengukur komponen medan listrik (E) dan medan magnet (H) sebagai respon dipole alam. Salah satu asumsi dasar dalam memahami induksi medan elektromagnet adalah memenuhi persamaan Maxwell dalam domain frekuensi pada medium homogen isotropis (Simpson and Bahr, 2005). Persamaan Maxwell adalah sebagai berikut:

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

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

$$\nabla \times \vec{D} = q \quad (3)$$

$$\nabla \times \vec{B} = -\frac{\partial E}{\partial t} \quad (4)$$

Rasio antara variasi medan listrik (E) dan medan magnet (H) menghasilkan suatu besaran kompleks (impedansi) yang menggambarkan penetrasi medan elektromagnetik ke dalam bumi yang ditulis sebagai berikut:

$$\vec{Z}_{xy} = \frac{\vec{E}_x}{\vec{H}_y} \quad (5)$$

Penetrasi kedalaman medan elektromagnetik di bawah permukaan bergantung dari periode elektromagnetik *sounding* dan struktur konduktivitas material bumi. Dalam besaran impedansi

terdapat informasi mengenai resistivitas yang merupakan parameter yang diukur pada metode AMT (Unsworth, 2013) Secara matematis resistivitas dapat dituliskan:

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{|\vec{E}|^2}{\mu\omega} = \frac{1}{2\pi\mu f} |\vec{Z}|^2 \quad (6)$$

Geologi Daerah Penelitian

Pulau Jawa terletak diantara pertemuan lempeng Eurasia dan lempeng Australia. Hal tersebut menyebabkan terdapat banyak struktur yang berkembang di Pulau Jawa, termasuk di Gunung Pancar. Struktur yang berkembang di bagian timurlaut Gunung Pancar dapat dikatakan kompleks. Di bagian timurlaut Gunung Pancar dapat ditemukan lipatan antiklin dan sinklin yang berorientasi dari tenggara – baratlaut. Lipatan ini dibatasi oleh sesar geser dibagian barat dan timurnya. Selain itu terdapat struktur berupa sesar mendatar dengan orientasi timurlaut – baratdaya yang memotong sumbu lipatan, membujur melalui sekitar Warung-barang dan Sileuri. Umumnya struktur berkembang baik pada batuan andesit yang berumur Kuartar. Proses tektonik yang terjadi pada akhir Miosen Akhir menghasilkan dua pola struktur yang berbeda yaitu pengangkatan yang kemudian diikuti oleh terobosan batuan andesit.

Manifestasi Gunung Pancar

Secara administratif Gunung Pancar terletak di Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat dan secara geografis terletak antara 106°90'83,638" BB – 106°93'1039" BT dan 6°58'43,138" LU – 6°59'50,794" LS dengan ketinggian 871mdpl. Berdasarkan fisiografi daerah Jawa Barat oleh Van Bemmelen (1949), Gunung Pancar termasuk ke dalam Zona Bogor. Zona Bogor merupakan perbukitan lipatan yang terbentuk dari batuan sedimen tersier laut dalam membentuk suatu Antiklonorium, yaitu antiklin besar yang terdiri dari beberapa lipatan (*fold*) yang lebih kecil.

Gunung Pancar didominasi oleh batuan vulkanik kuartar hasil asosiasi dimana Gunung Pancar merupakan puncak parasit (*parasitic cone*) dari Gunung Gede Pangrango yang terletak di sebelah tenggara Gunung Pancar. Meskipun tidak ditemukan manifestasi panasbumi di atas Gunung Pancar, manifestasi terdistribusi di daerah Timur dan Utara Gunung Pancar. Manifestasi tersebut berupa adanya alterasi dan *hot spring* yang

dikontrol oleh *fault* dan dikenal sebagai Kawah Merah, Kawah Hitam dan Kawah Putih. Hal ini menandakan bahwa sistem panasbumi di daerah Gunung Pancar diklasifikasikan ke dalam sistem panasbumi *low to moderate temperature* (Daud, dkk. , 2015).

II. Metodologi
Pengolahan Data

Pengolahan data bertujuan untuk mendapatkan gambaran bawah permukaan dengan menggunakan pemodelan 1D dan pemodelan 2D. Pengolahan data dilakukan menggunakan *software* MT Editor, Interpex, serta Petrel. *Geoelectrical strike* didapatkan dari nilai *angle* dan *radius* pada *software* MT Editor. *Angle* dengan nilai *radius* terbesar pada setiap frekuensi diinput ke *software* Georose untuk mendapatkan sudut dominan dari *geoelectrical strike*.

Seleksi Cross Power

Cross Power merupakan kumpulan data parsial MT di setiap frekuensi yang dirata-ratakan sehingga menghasilkan titik dengan bobot yang berbeda-beda pada kurva resistivitas dan fasa. Seleksi pembobotan dilakukan dengan memberikan bobot relatif pada data yang ditentukan oleh data berkualitas baik.

Pemodelan 1D dan Pemodelan 2D

Model 1D merupakan teknik untuk mengetahui variasi tahanan jenis terhadap kedalaman. Pemodelan 1D dilakukan dengan menggunakan inversi Bostick dan inversi Occam. Pemodelan 2D dilakukan dengan mengkorelasi hasil pemodelan 1D.

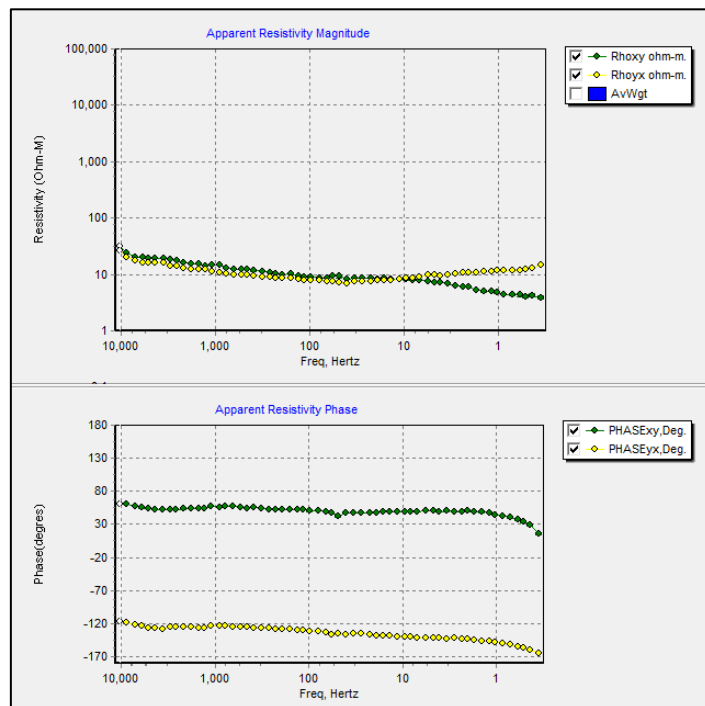
Geoelectrical Strike

Geoelectrical strike adalah arah dimana nilai tahanan jenisnya selalu konstan (Khyzhnyak, 2014). *Geoelectrical strike* menunjukkan arah dimana nilai elemen diagonal dari tensor impedansi minimal (Khyzhnyak, 2014).

III. Hasil Dan Pembahasan

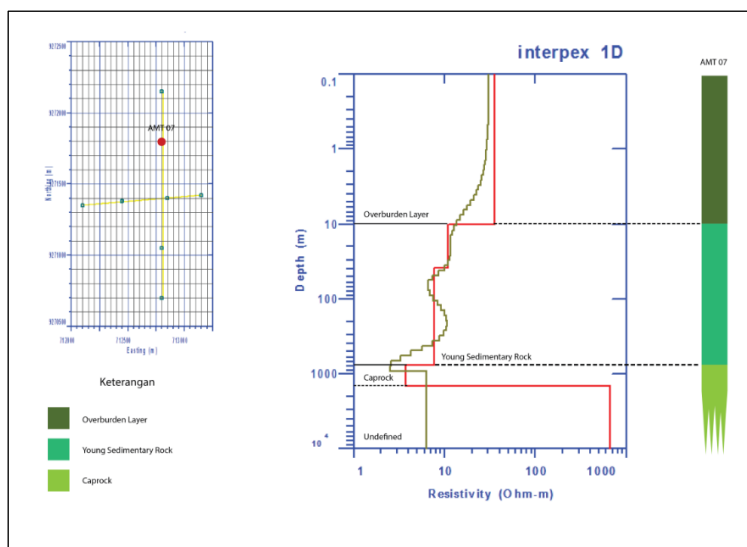
Hasil Seleksi Cross Power

Kurva tahanan jenis terhadap frekuensi AMT 07 memperlihatkan respon antara pola TE dan TM dimana kedua kurva tersebut saling memotong (*Cross*). Hal ini menunjukkan adanya kontras resistivitas di frekuensi 10 Hz yang mengindikasikan adanya gejala geologi, berupa struktur. Meskipun begitu, hal tersebut harus dikaji ulang dengan dikorelasikan dengan hasil pemodelan 1D dan 2D ditunjukkan pada Gambar 1. Sementara pada kurva fasa terhadap frekuensi kedua kurva saling berkebalikan dengan interval yang cukup jauh.



Gambar 1. Kurva MT Data AMT 07

**Analisa Geoelectrical Strike Metode AMT Untuk Identifikasi Awal
Potensi Sistem Panas Bumi di Daerah Gunung Pancar Bogor Jawa Barat**



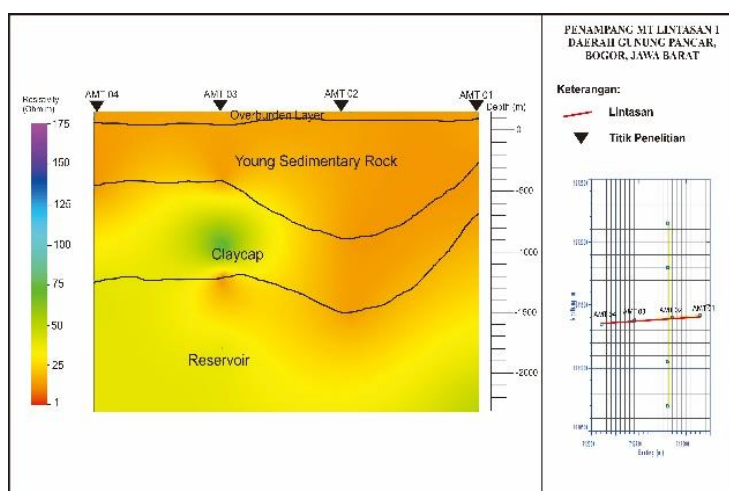
Gambar 2. Hasil Pengolahan *Software* Interpex Titik AMT 07

Nilai resistivitas $37 \Omega.m$ dengan ketebalan lapisan 10 m diinterpretasikan sebagai *overburden layer*. Nilai yang konduktif pada lapisan kedua menunjukkan adanya *claycap* dengan nilai resistivitas $7,7 \Omega.m - 10,9 \Omega.m$ dan ketebalan lapisan 758 m. *Claycap* terbentuk akibat adanya proses alterasi dari lapisan di atasnya ditunjukkan pada Gambar 2. Dari penelitian terdahulu (Daud, 2015) diketahui bahwa terjadi alterasi argilik di area penelitian. Proses alterasi argilik umumnya terjadi pada batuan permeabel dengan porositas yang tinggi dan mengubahnya menjadi batuan impermeabel akibat rusaknya unsur potasium, kalsium dan magnesium. Tipe argilik umumnya terbentuk pada temperatur $100-300^{\circ}C$ (Pirajno, 1992), fluida

asam hingga netral dan salinitas yang rendah. Alterasi argilik memunculkan mineral *clay* seperti kaolinit, smektit, monmorilonit, dan illit (Guilbert and Park, 1986).

Korelasi 1D Lintasan 1 dan 2.

Hasil korelasi 1D lintasan 1 menunjukkan komponen sistem panasbumi berbentuk seperti *graben* yang ditandai dengan adanya *claycap* serta reservoir pada AMT 01 dan AMT 04 dapat dilihat pada gambar 3. Reservoir yang terdapat di area Gunung Pancar berupa batuan sedimen permeabel sebesar $10 \Omega.m - 100 \Omega.m$. Lapisan *young sedimentary rock* merupakan Formasi Jatiluhur (Tmj) yang diduga zona aliran air panas.



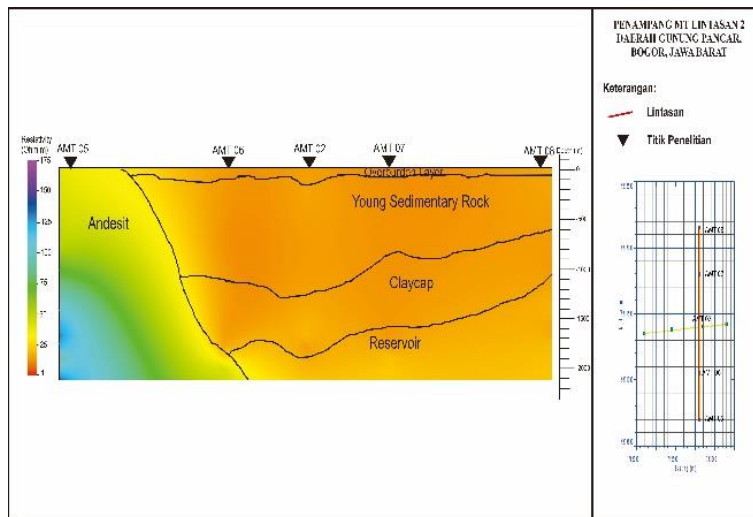
Gambar 3. Hasil Korelasi 1D Lintasan 1 dengan *Software* Petrel

Lintasan 2 terdiri dari titik AMT 05, AMT 06, AMT 07, dan AMT 08 yang melintang dari utara ke selatan dengan jarak antar titik 1 km dapat

ditunjukkan pada gambar 4. Terobosan andesit ditemukan pada lintasan 2, yaitu pada AMT 05 dan terdapat bongkah pada AMT 06 sedalam 10 m.

Nilai tahanan jenis andesit di daerah Gunung Pancar, Bogor, Jawa Barat sebesar $100 \Omega\text{m} \rightarrow 400 \Omega\text{m}$. Menurut data geologi (Effendi dan Hermanto, 1998), terobosan andesit terbentuk pada masa Miosen Akhir bersamaan dengan proses *uplift* yang

mengintrusi Formasi Jatiluhur berumur Miosen Awal. Andesit di daerah Gunung Pancar, Bogor, Jawa Barat mengandung mineral – mineral seperti hornblende, augit, hipersten, dan oligoklas-andesin yang membentuk *plug* dan *dike*.

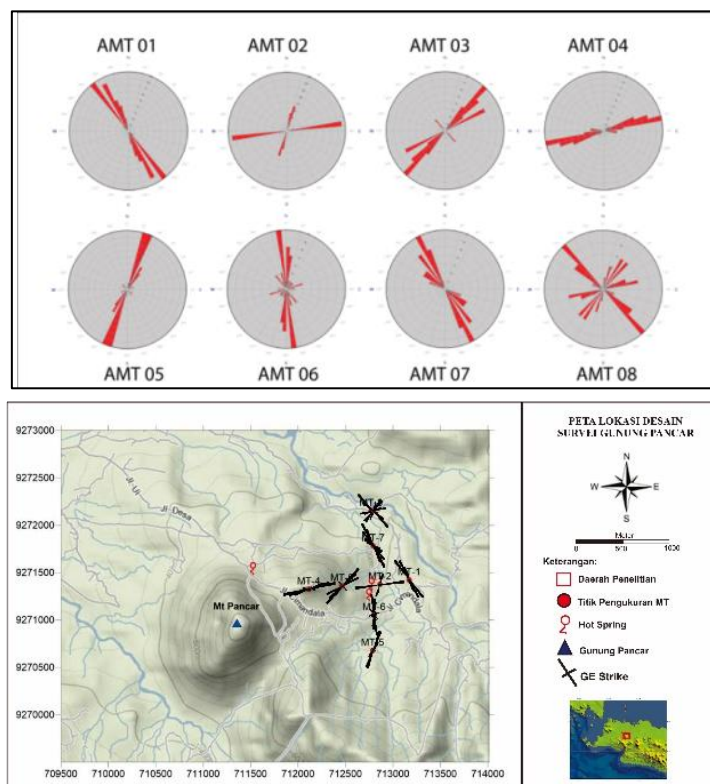


Gambar 4. Hasil Korelasi 1D Lintasan 2 dengan Software Petrel

Geoelectrical Strike

Geoelectrical strike adalah suatu arah dimana nilai konduktivitasnya selalu konstan. Nilai *strike* didapatkan dari nilai maksimum elemen diagonal (Z_{xy}) dari tensor impedansi. Hal ini dapat

menunjukkan adanya struktur geologi maupun aliran - aliran fluida *geothermal* (Khyzhnyak, 2014). Nilai *geoelectrical strike* tidak selalu sama dengan *geological strike*, tergantung pada pola tahanan jenis permukaan bawah permukaan.



Gambar 5. Hasil Plot Diagram Roset Seluruh Frekuensi

**Analisa Geoelectrical Strike Metode AMT Untuk Identifikasi Awal
Potensi Sistem Panas Bumi di Daerah Gunung Pancar Bogor Jawa Barat**

AMT 01, AMT 07, dan AMT 08 menunjukkan arah dominan N 135°E hingga N 150°E yang seluruhnya berorientasi ke tenggara – baratlaut. AMT 02 dan AMT 04 berorientasi kearah timur – barat dengan sudut strike masing – masing N 84°E dan N 78°E. AMT 03 dan AMT 05 dengan arah strike dominan N 21° E dan N 42°E berorientasi timurlaut – baratdaya. Perbedaan

sudut *strike* yang sangat signifikan pada lintasan 1 menunjukkan adanya struktur antara AMT 01 dan AMT 02. Sementara pada AMT 05 dan AMT 06, nilai strike yang signifikan disebabkan oleh adanya terobosan andesit di titik AMT 05 ditunjukkan pada Gambar 5.

Tabel 1. Nilai Maksimum Z_{xy} Seluruh Titik

STA	Angle
1	144°
2	84°
3	42°
4	78°
5	21°
6	174°
7	150°
8	135°

Data MT cenderung memiliki arah *strike* tenggara – baratlaut dan timurlaut – baratdaya. Apabila dikorelasi dengan data geologi di daerah penelitian terdapat adanya gangguan geologi berupa struktur patahan mendatar dengan arah timurlaut – baratdaya yang membatasi antiklin dan sinklin dengan orientasi tenggara – baratlaut, sementara orientasi timur – barat diinterpretasikan sebagai sesar minor yang berkembang di area penelitian. Hasil korelasi data geofisika terdahulu menunjukkan adanya struktur berupa *graben* yang memperkuat dugaan adanya *hotspring* di daerah penelitian dikontrol oleh sesar mendatar.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan dan interpretasi pada penelitian di daerah Gunung Pancar, Bogor, Jawa Barat dengan menggunakan metode Magnetotelurik dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil pemodelan 1D menunjukkan adanya komponen sistem panasbumi berupa *claycap* (1 Ω .m – 10 Ω .m) dan *reservoir* (10 Ω .m – 20 Ω .m) pada kedalaman 300 m hingga 2000 m. Lapisan *young sedimentary rock* diinterpretasikan sebagai zona aliran air panas dengan nilai tahanan jenis sebesar 10 Ω .m – 100 Ω .m. Beberapa titik menunjukkan adanya *basement* berupa batuan beku di bawah permukaan

dengan nilai tahanan jenis yang relative besar, yaitu (> 100 Ω .m).

2. Diduga kuat terdapat zona sistem panasbumi di daerah Gunung Pancar, Bogor, Jawa Barat yang dikontrol oleh sistem tektonik. Hal ini didukung oleh *geoelectrical strike* yang menunjukkan arah orientasi struktur berkembangnya itu dominan kearah tenggara – baratlaut dengan sudut strike N 135°E hingga N 174°E.
3. Hasil plot manual polar diagram memperlihatkan pola 2D, sementara hasil plot diagram roset menunjukkan arah *geoelectrical strike*. Pada lintasan 1, titik AMT 01 memiliki nilai strike sebesar N 144°E, AMT 02 sebesar N 84°E, AMT 03 sebesar N 42°E, dan AMT 04 sebesar N 78°E. Sementara pada lintasan 2, titik AMT 05 memiliki sudut strike sebesar N 21°E, AMT 06 sebesar N 174°E, AMT 07 sebesar N 150°E, dan AMT 08 sebesar N 135°E.

V. Daftar Pustaka

- Daud, Yunus., Rosyid, S., Suparno, S., Heditama, D.M., Nuqramadha, W.A., Fahmi, F., Pratama, S.A., Sulisty, A. 2015. *A Student Project Aimed to Investigate the Low to Moderate Temperature Geothermal System in Mt Pancar Area, Bogor (Indonesia)*

dalam Geophysics Field Camp (GFC). Geothermal Laboratory, Department of Physics, The University of Indonesia. Proceedings World Geothermal Congress.

Guilbert, John M. and C. F. Park, Jr., 1986. *The Geology of Ore Deposits.* W. H. Freeman.

Khyzhnyak, M., 2014. *Goelectric Strike And Its Application In Magnetotellurics.* Faculty of Earth Science: University of Iceland.

Pirajno, F. 1992. *Hydrothermal Mineral Deposits, Principles and Fundamental Concepts for the Exploration Geologist.* Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris.

Simpson, F., dan Bahr, K., 2005. *Practical Magnetotellurics.* Cambridge University Press.

Unsworth, M., 2013. *Theory of Magnetotelluric Over 1D Earth.* University of Alberta, Canada