

# ANALISIS KARAKTERISTIK PANASBUMI DAERAH *OUTFLOW* GUNUNG ARJUNO-WELIRANG BERDASARKAN DATA GEOLOGI, GEOKIMIA, DAN GEOFISIKA (3G)

Ferra Nidya<sup>1</sup>, Prof. Dr. Suharno, MS., M.Sc., Ph.D<sup>1</sup>, Ahmad Zarkasyi, S.Si, M.T<sup>2</sup>, Asep Sugiarto, S.Si<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung dan <sup>2</sup>Pusat Sumber Daya Geologi Bandung

**Abstract** - The research has been done to analyzed characteristics of geothermal *outflow* at Mt. Arjuno-Welirang area, based on geology, geochemistry, and geophysics data. Geochemistry data is used to determine type of fluid, temperature of reservoir, and framer of reservoir rocks. Geochemistry data in *outflow* area produces bicarbonate water ( $\text{HCO}_3$ ) with the temperature of reservoir in this area about  $145^\circ\text{C}$  to  $175^\circ\text{C}$  and the framer of reservoir rock is basaltics. Analysis of characteristics geothermal system components (*caprock* and *reservoir*) based on physical properties i.e. resistivity and density. Resistivity value is resulted from 2D magnetotellurics model and density value is resulted from 3D gravity model. From these results, *impermeable (caprock)* area have a resistivity value about  $\leq 10$  Ohm.m with curve pattern in which side is thicker and density values is between  $1,49 \text{ gr/cm}^3$  and  $2,4 \text{ gr/cm}^3$  with distribution patterns from west to east and the depth of top layer from *caprock* is about 500 to 1000 m, and type of material is secondary clay mineral and controlled by Fault Puncung. For the *permeable (reservoir)* in this area have a resistivity values at between 10 and 60 Ohm.m and density value is between  $2,4 \text{ gr/cm}^3$  and  $2,67 \text{ gr/cm}^3$  with the depth about  $\geq 1,5$  km and type of material rock is andesit-basaltic lava that produce of old lava bodies Mt.Arjuno-Welirang complex that spread out at west to south which earlier Kuarter age.

**Key words:** Type of Fluid, Temperature, Reservoir Rock, Resistivity and Density Value.

## PENDAHULUAN

Indonesia memiliki sekitar 250 daerah kenampakan panasbumi dengan potensi sekitar 27.000 MWe, yang sebagian besar tersebar sepanjang jalur gunungapi Sunda-Banda yang terentang mulai dari Sumatera, Jawa, Bali, Nusatenggara, Banda, Maluku, Sulawesi Utara dan kepulauan Sangir.

Gunung Arjuno-Welirang yang terletak di provinsi Jawa Timur dan berjenis *stratovolcano* dengan ketinggian yaitu 3,339 m (10,955 ft) untuk Arjuno dan 3,156 m untuk Welirang.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kondisi sistem panasbumi daerah *outflow* yang terdiri dari komposisi fluida, temperatur reservoir dan pendugaan batuan reservoir



Data hasil analisis contoh air dan hasil analisis gas diolah kemudian di plot pada diagram ternary setelah itu dilakukan proses perhitungan pendugaan temperatur bawah permukaan dengan menggunakan geotermometer air dan geotermometer gas.

## 2. Magnetotellurik

Input data berupa data *Raw Time Series*, *Calibration*, dan *Site Parameter*. Kemudian data tersebut diolah dengan menggunakan software SSMT2000 dengan output data yaitu resistivitas semu dan fasa yang berbanding dengan frekuensi tinggi dan rendah. Kemudian dilanjutkan dengan menggunakan software MT-Editor yang digunakan untuk memperbaiki data. Output dari software ini adalah kurva resistivitas semu dan fasa hasil *smoothing* serta data dalam format EDI file (.EDI) lalu dilanjutkan proses pemodelan dengan software WinGLink dengan beberapa langkah yaitu membuat *database properties*, membuat *project*, *sounding* dan *smoothing*, membuat *maps*, lalu running inversi dengan menggunakan parameter inversi yaitu tau, data *smoothing* TE&TM, *error floor* fase dan rho untuk TE&TM dengan iterasi sebanyak 100 kali. Output program ini adalah model 2D

## 3. Gayaberat (Gravity)

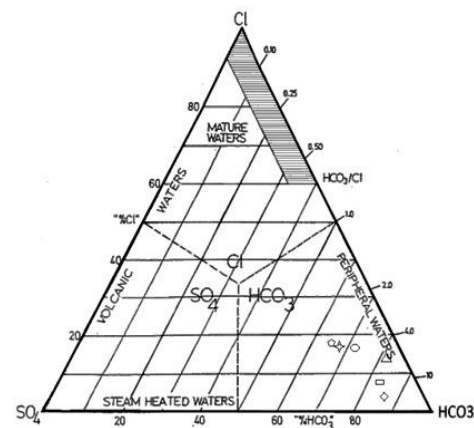
Proses *grid* data anomali bouguer lengkap lalu membuat peta kontur Anomaly

Bouguer Lengkap dengan menggunakan software Surfer 2010, setelah itu dilakukan proses pemodelan dengan cara membuat *grav observation* dan *mesh* sebagai input data lalu dilakukan proses *running* dengan menggunakan software Grav3D kemudian input data topografi daerah penelitian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Geokimia

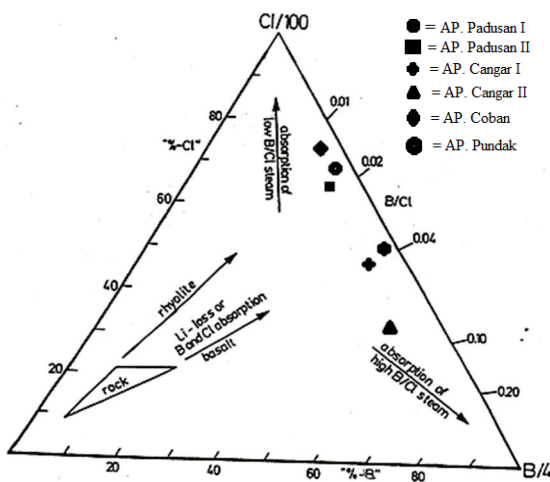
Dari hasil dan analisis geokimia menggunakan geoindikator dan geotermometer maka :



Gambar 2. Diagram ternary geoindikator Cl-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub>

Berdasarkan diagram ternary Cl-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub> pada Gambar 2 untuk tipe fluida air panas yang terdapat pada daerah penelitian yaitu tipe fluida air panas bikarbonat. Hal ini dikarenakan dari hasil analisis kimia diketahui bahwa unsur HCO<sub>3</sub> (bikarbonat) merupakan unsur yang paling dominan (anion utama) dan mengandung gas CO<sub>2</sub>. Pada sistem yang di dominasi oleh batuan

vulkanik, air HCO<sub>3</sub> umumnya terbentuk di daerah marginal dan dekat permukaan, dimana gas CO<sub>2</sub> bersama dengan uap air terkondensasi ke dalam air tanah, kondensasi uap tersebut dapat memanaskan air tanah atau terpanaskan oleh uap (*steam heated*) sehingga membentuk larutan HCO<sub>3</sub>. Air HCO<sub>3</sub> terbentuk di bawah muka air tanah dan umumnya bersifat asam lemah, tetapi dengan hilangnya CO<sub>2</sub> terlarut, derajat keasaman air ini dapat meningkat menjadi netral atau sedikit basa.

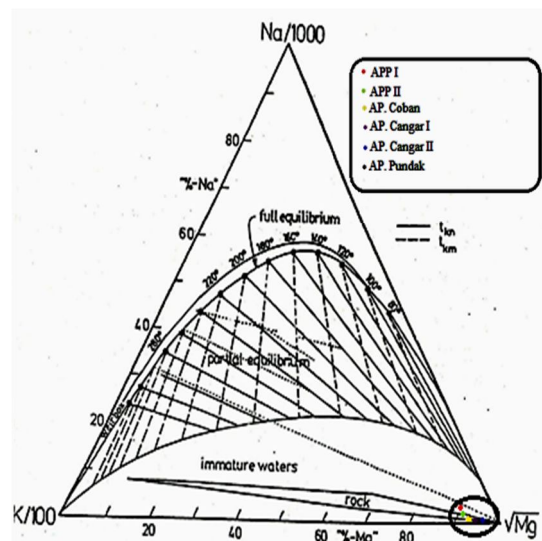


Gambar 3. Diagram ternary geoindikator Cl/100–Li-B/4

Berdasarkan Gambar 3 diagram ternary geoindikator Cl/100–Li-B/4 untuk pola aliran air panas dan proses bawah permukaan berdasarkan hasil pengeplotan pada Gambar 3 menunjukkan bahwa air panas pada lokasi penelitian dan sekitarnya mempunyai nilai perbandingan B/Cl, Li/Cl dan Li/B yang sangat rendah.

Hal ini menandakan bahwa air panas di daerah penelitian umumnya merupakan aliran ke samping atau *outflow* (Ninieki dan Tri, 2007)

Berdasarkan diagram ternary geoindikator Na–K–Mg pada Gambar 4 maka semua mata air panas terletak pada *immature water*. Kondisi *immature water* ini menunjukkan bahwa adanya pengaruh air permukaan (*metoric water*) yang tercampur dengan fluida panas pada pembentukan mata air panas. Selain itu air panas dipengaruhi interaksi antara fluida dengan batuan dalam keadaan panas.



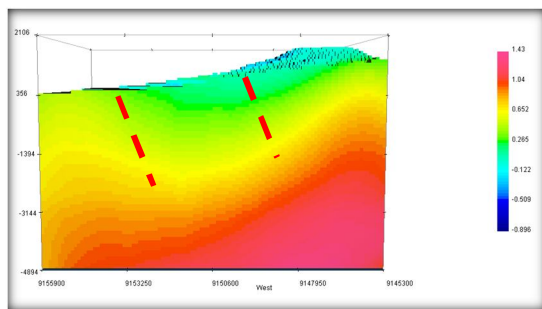
Gambar 4. Diagram ternary geoindikator Na–K–Mg

Berdasarkan diagram ternary pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa manifestasi WF-02 dan WF-08 termasuk kedalam zona basalt, hal ini dikarenakan konsentrasi unsur CO<sub>2</sub> relatif lebih tinggi. Tipe batuan



berumur kuartar awal. Untuk pembentukan reservoir pada daerah ini dipengaruhi oleh manifestasi Air Panas Padusan, dimana kandungan konsentrasi Cl tinggi pada hasil analisis kimia air sehingga diindikasikan adanya hubungan langsung dengan reservoir dan zona *permeable*.

### 3. Gayaberat (Gravity)

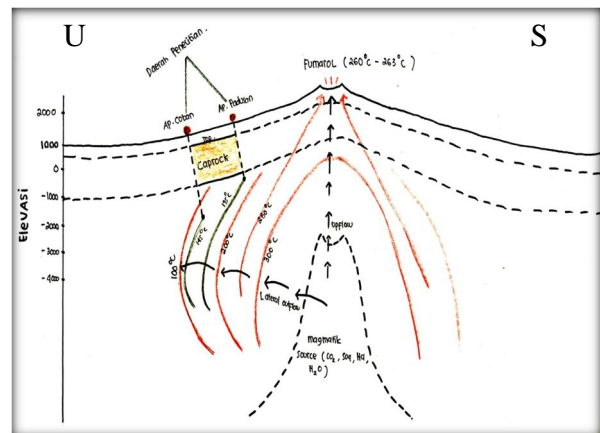


Gambar 7. Hasil model inversi 3D gravity

Berdasarkan Gambar 7 dan mengacu pada nilai resistivitas dari hasil pemodelan 2D magnetotellurik maka nilai densitas *caprock* yaitu  $1,49 \text{ gr/cm}^3$  s.d  $2,4 \text{ gr/cm}^3$  berada pada kedalaman 900 m sampai dengan 2100 m DBMTS dengan tipe material yaitu lempung (*clay*) dan *reservoir* berada pada densitas  $2,4 \text{ gr/cm}^3$  s.d  $3,0 \text{ gr/cm}^3$  berada pada kedalaman sekitar  $\geq 1,5 \text{ km}$  DBMTS dengan tipe batuan material yaitu lava basaltis.

Dari hasil analisis sifat fisis berdasarkan nilai resistivitas dan nilai densitas serta hasil pendugaan suhu reservoir maka dapat dibuat model konsep sistem panasbumi

daerah topografi tinggi seperti diperlihatkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Model sistem panasbumi daerah *outflow* Gunung Arjuno-Welirang

### KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Berdasarkan hasil analisis geokimia untuk daerah *outflow* maka jenis fluida adalah air bikarbonat ( $\text{HCO}_3$ ) dengan suhu reservoir kemungkinan berkisar antara  $145^\circ\text{C}$  s.d  $175^\circ\text{C}$  dan diduga batuan penyusun reservoir yaitu batuan basaltis.
2. Berdasarkan hasil analisis komponen panasbumi (*caprock* dan *reservoir*) terhadap sifat fisika yaitu nilai resistivitas dan densitas menunjukkan bahwa:
  - a. Daerah *impermeable* (*caprock*) daerah penelitian berada pada nilai resistivitas yaitu sekitar  $\leq \pm 10 \text{ Ohm.m}$

dengan pola melengkung dimana sisinya lebih tebal dan nilai densitas sekitar  $1,49 \text{ gr/cm}^3$  s.d  $2,4 \text{ gr/cm}^3$  dengan pola persebaran dari arah barat menuju arah timur. Untuk lapisan top pada *caprock* daerah ini kemungkinan berada pada kedalaman  $\pm 500$  hingga kedalaman 1000 m dengan komponen mineral lempung sekunder serta dikontrol oleh Sesar Puncung .

- b. Untuk daerah *permeable (reservoir)* panasbumi berada pada nilai resistivitas yaitu antara  $\pm 10$  s.d 60 Ohm.m dan nilai densitas sekitar  $2,4 \text{ gr/cm}^3$  s.d  $2,67 \text{ gr/cm}^3$  dengan kedalaman reservoir sekitar  $\geq 1,5 \text{ km}$  dan tipe batuan yaitu lava andesit-basaltis produk dari tubuh lava tua komplek Gunung Arjuno-Welirang yang tersebar di bagian barat sampai ke selatan yang berumur kuartar awal.
3. Untuk model konseptual sistem panasbumi daerah *outflow* Gunung Arjuno-Welirang ditunjukkan pada Gambar 8.

### UCAPAN TERIMA KASIH

saya mengucapkan terima kasih terutama kepada keluarga yang selalu mendo'akan, kepada Pak Suharno, Pak Reza dan Pak Asep yang telah meluangkan waktu untuk membimbing di dalam penyelesaian penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Andórson S., D'Amore F., and Gerardo J. 2000. Isotopic and chemical techniques in geothermal exploration (ed. S. Arnórsson). Vienna, *International Atomic Energy Agency*. 351p.
- Giggenbach and Goguel. 1989. *Chemical Techniques in Geothermal Exploration*. Chemistry Division, DSIR, Private Bag. New Zealand.
- Hochstein, M.P. dan Browne, P.R.L. 2000. Surface Manifestation of Geothermal Systems with Volcanic Heat Sources, In *Encyclopedia of Volcanoes*, H. Sigurdsson, B.F.. Houghton, S.R., McNutt, H., Rymer dan J. Stix (eds.), Academic Press.
- Ninieck, R.H dan Tri J. 2007. Hidrologi Air Panasbumi Daerah Cidanau dan Sekitarnya, Anyer, Provinsi Banten Berdasarkan Manifestasi Permukaan *Jurnal Geoaplika*, vol.2, no.3, hlm.105-119.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R.E., and Keys, D. A. 1990. *Applied Geophysics*, Cambridge University Press. London
- Tim Survey Terpadu Geologi dan Geokimia PSDG, 2010. Laporan Akhir Survey Geologi Dan Geokimia Daerah Panas bumi Arjuno-Welirang Kabupaten Mojokerto dan Malang Provinsi Jawa Timur. (Laporan Akhir). Bandung