

ESTIMASI TEMPERATUR RESERVOIR PANAS BUMI BERDASARKAN RESISTIVITAS LISTRIK TERAS SILIKA DI SEKITAR MATA AIR PANAS KECAMATAN ALAM PAUH DUO, KABUPATEN SOLOK SELATAN

Eko Budi Nugroho, Ardian Putra

Laboratorium Fisika Bumi, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Andalas
Kampus Unand, Limau Manis, Padang, 25163

e-mail : nugrohoekobudi08@gmail.com, ardhee@fmipa.unand.ac.id

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang perkiraan temperatur *reservoir* panas bumi di daerah Alam Pauh Duo, Kecamatan Alam Pauh Duo, Kabupaten Solok Selatan berdasarkan resistivitas listrik silika jenuh air dan resistivitas air. Sampel teras silika dan air diambil pada 6 titik radial menjauh dari sumber mata air panas. Pada pengujian resistivitas silika jenuh air, nilai yang didapatkan yaitu berkisar antara 7,06 sampai dengan 9,74 Ωm dan resistivitas air didapatkan nilai berkisar antara 57,06 dan 58,52 Ωm . Perkiraan temperatur *reservoir* yang dihasilkan memiliki rentang temperatur rata-rata antara 253 sampai dengan 340°C yang dihitung menggunakan persamaan Dakhnov. Nilai ini mengindikasikan bahwa daerah di Kecamatan Alam Pauh Duo, Kabupaten Solok Selatan berpotensi sebagai sumber pembangkit listrik tenaga panas bumi.

Kata Kunci : estimasi temperatur *reservoir*, teras silika, resistivitas, mata air panas, Solok Selatan

ABSTRACT

The study in estimating temperature of geothermal reservoir at Alam Pauh Duo, Solok Selatan was conducted based on the electrical resistivity of saturated silica and resistivity of water. Silica sinter terraces and water samples were taken at six point radially away from the hot spring. Electrical resistivity of saturated silica range from 7.06 to 9.74 Ωm , while the resistivity of water range from 57.06 to 58.52 Ωm . Temperature estimation of geothermal reservoir have an average of temperature value from 253 to 340°C, calculated using Dakhnov equation. This value indicates that the area at Alam Pauh Duo, Solok Selatan has potential as a source of geothermal power plant.

Keyword : temperature estimation of reservoir, silica sinter terraces, resistivity, hot spring, Solok Selatan

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi di Indonesia terus meningkat seiring dengan laju pertumbuhan industri dan bertambahnya jumlah penduduk. Dengan kondisi tersebut, hanya bergantung kepada energi fosil saja tidak akan mampu untuk memenuhi kebutuhan energi nasional. Indonesia perlu mengembangkan energi lain yang berpotensi besar khususnya dari bidang energi baru dan energi terbarukan. Dari berbagai macam energi terbarukan yang sedang dikembangkan di Indonesia, salah satu energi yang dapat digunakan adalah energi panas bumi yang dapat dimanfaatkan secara langsung maupun tidak langsung. Pemanfaatan langsung dapat dikembangkan untuk pemandian air panas, memasak bahan makanan, dan pemanas ruangan. Pemanfaatan tidak langsung dikembangkan untuk pembangkit listrik energi panas bumi (Fitrianty, 2012).

Pembangkit listrik energi panas bumi (PLTP) telah berkembang dengan cepat sebagai upaya untuk meningkatkan efisiensi PLTP tersebut. Dalam perkembangan pembangkit listrik tenaga panas bumi harus ada perhitungan dan perencanaan yang maksimal. Perencanaan awal biasanya menganalisis temperatur yang ada pada *reservoir* panas bumi agar mendapatkan hasil yang baik untuk pembangkit listrik. Temperatur *reservoir* biasanya dapat diketahui dengan cara pemboran, namun dengan mahalnya biaya untuk pemboran tersebut harus digunakan perhitungan estimasi pada *reservoir* tersebut. Estimasi temperatur biasanya dapat dihitung dengan mineral yang ada di sekitar manifestasi permukaan panas bumi (Liney, dkk., 2010).

Sumber mata air panas berasal dari sistem panas bumi hidrotermal. Pemanas dalam bumi menghasilkan panas yang dapat keluar ke permukaan pada daerah gunung berapi atau retakan geologis. Panas yang keluar ini diakibatkan karena adanya celah atau retakan di kulit

bumi. Sumber panas bumi memiliki kandungan berbagai mineral seperti kalsium, belerang, litium, radium, dan silika. Mineral-mineral ini muncul ke permukaan akibat terjadinya pendorongan oleh temperatur yang meningkat dari kerak bumi (Suparno, 2009).

Silika merupakan salah satu mineral penting dalam mengestimasi temperatur reservoir dengan membawa informasi temperatur tersebut dari bawah permukaan bumi yang terbawa oleh air. Silika banyak terdapat di sekitar mata air panas yang memiliki ciri khusus dengan adanya teras-teras silika (*silica sinter terraces*). Kandungan silika dapat digunakan untuk menentukan nilai temperatur, karena kelarutan silika merupakan fungsi temperatur yang tidak dipengaruhi oleh tekanan dan garam terlarut (Fournier, 1989).

Resistivitas secara langsung berkaitan dengan sifat-sifat batuan panas yang ada di bawah permukaan bumi, seperti salinitas, porositas, permeabilitas, temperatur, dan perubahan mineral. Nilai resistivitas listrik bahan pada daerah geotermal sangat membantu untuk memprediksi temperatur yang ada di bawah permukaan bumi di daerah geotermal (Hersir dan Arnason, 2009). Resistivitas dapat didefinisikan sebagai rasio beda potensial, untuk arus I (A) pada suatu material memiliki luas penampang 1 m^2 dan panjang 1 m , menurut hukum Ohm resistivitas suatu bahan dapat dituliskan:

$$\rho = R (A/L) \quad (1)$$

dengan ρ adalah resistivitas bahan (Ωm), R adalah resistansi (Ω), A adalah luas penampang (m^2), dan l adalah panjang (m) (Tipler, 2001). Sehingga persamaan telah dikembangkan oleh Dakhnov :

$$\rho_w = \rho_{wo} [1 + \alpha (T - T_o)] \quad (2)$$

dengan ρ_w adalah nilai resistivitas jenuh air yang berisi fluida pada temperatur T_o , ρ_{wo} adalah resistivitas air pada temperatur T_o , T_o adalah suhu awal mata air panas dengan nilai 23°C , dan α adalah koefisien suhu dari resistivitas dengan nilai 0.023°C^{-1} , T merupakan temperatur pada larutan (Hersir dan Arnason, 2009).

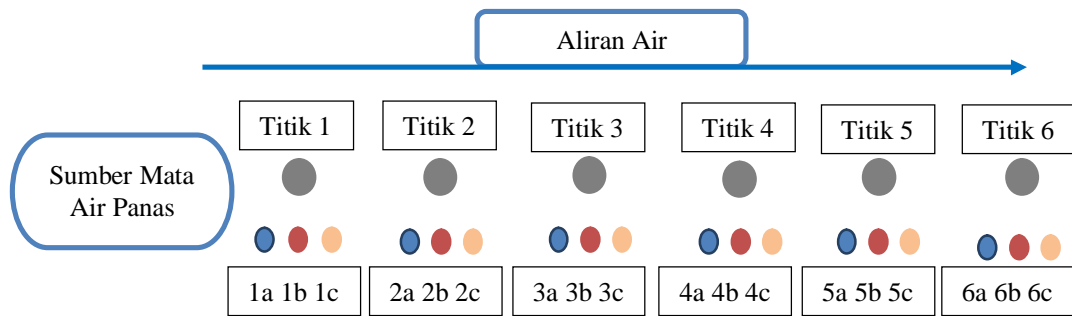
Kabupaten Solok Selatan merupakan salah satu kabupaten yang memiliki sumber daya alam panas bumi terbesar di Sumatera Barat. Dari penelitian yang telah dilaksanakan di daerah ini berpotensi membangkitkan energi listrik sebesar 1000 MW. Salah satu manifestasi permukaan panas bumi yang banyak di kabupaten ini adalah sumber mata air panas (Solselkab, 2011). Dari banyaknya potensi energi panas bumi yang ada di Kabupaten Solok Selatan dan hipotesis yang ada, dapat dilakukan penelitian memprediksi temperatur reservoir yang ada di bawah permukaan bumi pada daerah sumber mata air panas di Kecamatan Alam Pauh Duo, Kabupaten Solok Selatan berdasarkan resistivitas listrik teras silika dan resistivitas listrik air di mata air panas.

II. METODE

Bahan penelitian berupa teras silika dan air yang diambil radial menjauh dari sumber mata air panas. Sampel silika dan air diambil pada enam titik yang berbeda seperti yang terlihat pada Gambar 1. Penelitian perkiraan temperatur *reservoir* menggunakan dua parameter uji yaitu resistivitas listrik silika jenuh air dan resistivitas air.

Pada pengujian resistivitas silika jenuh air, sampel silika dimasukkan ke dalam pipa PVC dan disambungkan dengan elektroda untuk mengalirkan arus dari *power supply*. Sebelum disambungkan dan diberi tegangan, silika yang ada di dalam pipa PVC direndam dengan air yang dibawa dari sumber mata air panas sampai dengan keadaan jenuh. Keadaan jenuh dimaksudkan sampai air tidak terserap oleh silika yang berada di pipa PVC. Pada penelitian dilakukan 20 variasi tegangan untuk mendapatkan nilai arus. Nilai keduanya diplot dalam sebuah grafik dan dicari persamaan regresinya untuk mendapatkan nilai resistansi. Setelah mendapatkan nilai resistansi, nilai luas penampang dan panjang sampel diukur selanjutnya dihitung nilai resistivitas silika jenuh air, sesuai dengan Persamaan 1.

Pengukuran nilai resistivitas air dilakukan dengan mengukur resistivitas air menggunakan *conductivity meter*. Resistivitas air diukur pada temperatur 23°C . Nilai resistivitas silika jenuh air dan resistivitas air yang telah didapatkan digunakan untuk mendapatkan nilai estimasi temperatur yang diolah menggunakan Persamaan 2, sehingga didapatkan nilai estimasi temperaturnya.



Gambar 1 Teknik pengambilan sampel

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Resistivitas Silika Jenuh Air

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa, titik 3 memiliki nilai yang lebih besar resistivitasnya dibandingkan titik lain. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh mineral yang diambil pada titik 3 memiliki kandungan lain yang menyebabkan nilai resistivitasnya tinggi. Karena nilai pada titik 3 ini terlalu besar maka dikesampingkan dalam estimasi temperatur. Nilai resistivitas listrik pada titik-titik lain relatif sama.

Tabel 1. Hasil pengujian resistivitas silika jenuh air

Resistivitas (Ωm)	Resistivitas Rata-Rata (Ωm)
Titik 1	7,06
Titik 2	8,58
Titik 3	23.2
Titik 4	7,73
Titik 5	8,95
Titik 6	9,74

Nilai resistivitas rata-rata yang diharapkan pada penelitian untuk identifikasi adanya potensi panas bumi sesuai dengan Arnason dkk (2000) yang memiliki rentang nilai dari 3 sampai dengan 15 Ωm . Dari hasil yang didapatkan memperlihatkan bahwa nilai resistivitas pada batuan di daerah geotermal Islandia khususnya dengan sistem air (hidrotermal) memiliki nilai resistivitas dengan rentang yang sama walaupun menggunakan metode yang berbeda-beda. Kandungan silika (SiO_2) dilokasi penelitian yang diukur menggunakan *X-ray Fluoresence* (XRF) berkisar antara 83,398 sampai dengan 85,212% (Putra, 2015). Silika dikelompokkan berdasarkan harga resistivitas listrik yang memiliki sifat isolator pada temperatur yang sangat rendah, namun pada temperatur ruang sebagai konduktor, sehingga silika dapat mempengaruhi nilai resistivitasnya. Perbedaan kandungan silika inilah yang menjadikan nilai resistivitas silika di setiap titik juga berbeda.

Nilai resistivitas inilah yang digunakan untuk mengidentifikasi temperatur tinggi di bawah permukaan tanah dalam eksplorasi geotermal. Nilai resistivitas yang rendah biasanya dapat memberikan informasi temperatur zona atas di dekat dengan reservoir inti. Hal yang sebenarnya adalah temperatur *reservoir* tersebut dapat lebih tinggi dari daerah pada zona atas. Resistivitas dengan nilai yang rendah (6 Ωm) dapat menginformasikan bahwa temperatur daerah zona atas reservoir tinggi, sedangkan apabila nilai resistivitasnya tinggi maka temperatur yang didapatkan akan rendah (Usser, dkk., 2000).

3.2 Resistivitas Air

Pada Tabel 2, merupakan data nilai resistivitas air pada temperatur 23°C. Nilai resistivitas air masing-masing sampel maupun nilai rata-ratanya tidak jauh berbeda, nilai

resistivitas listrik silika. Nilai resistivitas air yang hampir sama karena air yang diambil merupakan air mengalir yang berasal dari sumber mata air panas yang sama.

Tabel 2. Hasil pengujian resistivitas air

Sampel Penelitian	Resistivitas Rata-rata (Ωm)
Titik 1	58,50
Titik 2	57,06
Titik 3	58,52
Titik 4	57,53
Titik 5	58,38
Titik 6	57,07
Rata-rata	57,8

3.3 Hasil Perkiraan Temperatur Reservoir.

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa, tabel 3 merupakan perkiraan temperatur reservoir yang memiliki nilai temperatur rata-rata dengan rentang 253 sampai dengan 340°C dengan nilai rata-rata temperatur seluruh titik adalah 288°C. Nilai rata-rata temperatur memiliki kesalahan data 19%. Nilai kesalahan (*error*) digunakan untuk mengetahui keakuratan dari data yang telah diuji dalam penelitian ini. Namun yang perlu dicermati adalah nilai temperatur yang didapatkan berasal dari *reservoir* dangkal (sekunder) yang berada di atas *reservoir* inti dari sumber mata air panas, dimana *reservoir* yang berada di bawah *reservoir* dangkal ini memiliki temperatur yang lebih tinggi dibandingkan *reservoir* dangkal tersebut (Usser, dkk., 2000).

Suatu pembangkit listrik energi panas bumi bisa dikembangkan dengan suhu lebih dari 150°C. Nilai ini mengindikasikan bahwa temperatur *reservoir* di Kecamatan Alam Pauh Duo, Kabupaten Solok selatan berpotensi sebagai sumber pembangkit listrik tenaga panas bumi. Temperatur *reservoir* di atas 225°C dapat dikategorikan kedalam suhu *reservoir* tinggi.

Tabel 3. Perkiraan temperatur reservoir

Sampel Penelitian	Temperatur Rata-rata ($^{\circ}C$)
Titik 1	340
Titik 2	271
Titik 4	308
Titik 5	267
Titik 6	253
Rata-rata temperatur	288

IV. KESIMPULAN

Dari pengujian resistivitas listrik silika jenuh air di Kecamatan Alam Pauh Duo, Kabupaten Solok Selatan didapatkan nilai rata-rata yang berkisar antara 7,06 sampai dengan 9,74 Ωm . Berdasarkan pada pengujian resistivitas air di sekitar mata air panas didapatkan nilai resistivitas air yang berkisar antara 57,06-58,52 Ωm . Nilai perkiraan temperatur yang didapatkan adalah 288°C. Nilai ini mengindikasikan bahwa daerah sumber panas bumi di Kecamatan Alam Pauh Duo, Kabupaten Solok Selatan berpotensi sebagai sumber pembangkit listrik tenaga panas bumi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arnason, K., Karlsdottir, R., Eysteinnsson, H., Flovenz, O. G., Gudlaugsson, S. T., 2000, The Resistivity Structure Of High-Temperature Geothermal System In Iceland, *Proceedings World Geothermal Congress 2000*, Kyushu-Tohoku, Japan.
- Fitrianty, U., 2012, Sebaran Mata Air Panas Di Kabupaten Serang, *Skripsi*, FMIPA, Universitas Indonesia, Depok.
- Fournier, R. O., 1989, *Water Geothermometers Applied To Geothermal Energy*, US Geological Survey, USA.
- Hersir, G.P. dan Arnason, K., 2009, Resistivity of Rock, *Short Course IV on Exploration for Geothermal Resources*, 1-22 November, Lake Naivasha, Kenya.
- Liney, H. Kristindottir., Flovenz, O. G., Arnason, K., Bruhn, D., Milsch, H., Spangeberg, E., Kulenkampff, J., 2010, Electrical Conductivity and P-wave Velocity in Rock Samples from High-Temperature Icelandic Geothermal Fields, *Geothermics*, Vol 39, Elsevier, hal 94-105.
- Putra, A., Endovani, R., Nugroho, E. B., 2015, Identifikasi Kandungan Silika Pada Mata Air Panas dan Teras Silika (Studi Kasus : Mata Air Panas Sentral Kecamatan Alam Pauh Duo, Kabupaten Solok Selatan, Sumatera Barat), *Prosiding Seminar Semirata 2015 Bidang MIPA BKS-PTN Barat 2015*, 6-9 Mei, Universitas Tanjung Pura, Pontianak, Indonesia.
- Suparno, S., 2009, *Energi Panas Bumi: A Present from The Heart of The Earth*, Edisi Pertama, UI Press, Depok.
- Tipler, P. A, 2001, *Fisika untuk Sains dan Teknik*, Jilid II, Edisi ketiga, (diterjemahkan oleh: Bambang Soegijono), Erlangga, Jakarta.
- Ussher, G., Johnstone, C., Errol, A., 2000, Understanding The Resistivities Observed In Geothermal System, *Proceeding World Geothermal Congress 2000*, Kyushu-Tohoku, Japan.
- Solselkab Profil, 2011, Letak Geografis dan Topografi, solselkab.go.id/post/read/154/letak-geografis-dan-topografi.html. diakses Desember 2014.