

# PERKIRAAN SUHU RESERVOIR PANAS BUMI DARI SUMBER MATA AIR PANAS DI NAGARI PANTI, KABUPATEN PASAMAN MENGGUNAKAN PERSAMAAN GEOTERMOMETER SEBAGAI DASAR PENENTUAN POTENSI PANAS BUMI

**Rahmat Arrahman, Ardian Putra**

Laboratorium Fisika Bumi, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas  
Kampus Unand, Limau Manis, Padang, 25163  
e-mail: rahmatarrahan@yahoo.com, ardhee@fmipa.unand.ac.id

## ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang perkiraan suhu reservoir panas bumi dari indikasi yang terdapat di permukaan yang berupa 5 (lima) mata air panas di Nagari Panti, Kecamatan Panti, Kabupaten Pasaman. Perhitungan suhu dilakukan dengan menggunakan persamaan geotermometer dengan melibatkan konsentrasi Na, K, Ca dan SiO<sub>2</sub> pada sampel air panas yang telah dianalisis menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) dan spektrofotometer. Dari pengujian menggunakan geotermometer Na, K, Ca dan SiO<sub>2</sub>, geotermometer yang cocok untuk daerah Panti adalah geotermometer Na-K-Ca dengan hasil perhitungan suhu perkiraan reservoir rata-rata 548,9 °C yang menunjukkan bahwa di Nagari Panti terdapat suatu reservoir panas bumi yang bersuhu tinggi dengan potensi energi lebih dari 100 MW.

Kata Kunci: mata air panas, geotermometer, reservoir panas bumi.

## ABSTRACT

*The research to estimate the temperature of geothermal reservoir on 5 (five) hot springs in Panti, Pasaman Regency using geothermometer equations has been carried out. Temperature calculation is done by using the geothermometer equation involving concentrations of Na, K, Ca and SiO<sub>2</sub> contained in the hot water samples which were analyzed with AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer) and spectrophotometer. Based on the calculation, the temperature estimation is 548.9 °C which is obtained by Na-K-Ca geothermometer. It is predicted that Panti has high geothermal reservoir temperature, and energy which is more than 100 MW.*

*Keyword: hot springs, geothermoeter, geothermal reservoir*

## I. PENDAHULUAN

Posisi geologi Indonesia yang berada di jalur vulkanik aktif dunia membuat Indonesia memiliki potensi sumber daya mineral dan energi yang cukup melimpah, salah satunya sumber daya geotermal. Geotermal dapat diartikan sebagai energi panas yang terbentuk secara alami di bawah permukaan bumi, atau sering dikenal sebagai panas bumi. Panas bumi merupakan sumber energi alternatif yang diharapkan mampu menggantikan sumber energi fosil berupa minyak bumi dan batu bara dalam menghasilkan listrik.

Dari keseluruhan total potensi sumber daya panas bumi global, 40% berada di Indonesia. Sumber panas bumi yang tersimpan dalam perut bumi Indonesia terbagi dalam dua kelompok. Pertama adalah sumber panas bumi yang berada dalam jalur vulkanik. Sumber panas bumi ini tersebar mulai dari pulau Sumatera, Jawa, Bali, NTB, NTT, Sulawesi Utara hingga Maluku Utara. Kedua adalah sumber panas bumi nonvulkanik yang tersebar di pulau Bangka-Belitung, Kalimantan Barat, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Tengah, Maluku dan Papua (Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, 2012)

Sumatera Barat memiliki potensi energi panas bumi yang cukup besar. Potensi energi panas bumi tersebut diperkirakan mencapai 1956 Megawatt (MW). Potensi ini hingga sekarang belum dimanfaatkan dan tersebar di beberapa daerah. Daerah yang sudah melakukan eksplorasi adalah daerah Muara Labuh dan Liki Pinang Awan, yang saat ini telah memasuki tahap eksplorasi dengan pengembangannya adalah PT. Supreme Energy. Selain itu daerah yang mempunyai potensi panas bumi adalah daerah Bonjol, yang saat ini masih menunggu lelang dari pemerintah pusat untuk pemanfaatan potensi panas bumi daerah tersebut (BKPM Sumbar, 2014). Sedangkan daerah lain yang juga memiliki potensi panas bumi, tetapi belum dilakukan eksplorasi adalah daerah Panti, yang terletak di Kabupaten Pasaman. Potensi panas bumi di

daerah Panti ditandai dengan adanya sumber mata air panas yang tersebar di permukaan bumi. Mata air panas yang muncul ke permukaan bumi mengindikasikan adanya sumber air panas yang berada di bawah permukaan bumi yang terkumpul dalam suatu reservoir panas bumi. Untuk mengetahui potensi energi di daerah tersebut, perlu dilakukan penelitian dengan memperkirakan suhu reservoir panas bumi menggunakan persamaan geotermometer.

Sebagai studi awal penentuan potensi panas bumi di Nagari Panti, penelitian ini akan memfokuskan penggunaan persamaan geotermometer empiris untuk memperkirakan suhu reservoir panas bumi dari sumber mata air panas. Geotermometer tersebut dianggap paling baik diterapkan karena dapat memberikan hasil perhitungan suhu yang lebih akurat dengan nilai kesalahan estimasi kurang dari 5% (Sismanto dan Andayany, 2012). Pengukuran suhu reservoir tersebut dapat diestimasi dengan cara menentukan kandungan logam Na, K, Ca dan Si yang terdapat pada air panas tersebut. Sebagai faktor tambahan, pH dan suhu permukaan mata air panas akan digunakan untuk melihat hubungannya dengan suhu estimasi reservoir panas bumi.

Sistem panas bumi yang berhubungan dengan aktivitas gunung api pada umumnya merupakan sistem panas bumi bersuhu tinggi. Suhu reservoir pada sistem ini dapat mencapai 200 °C (Hochstein dan Browne, 2000). Dengan demikian, salah satu geotermometer yang baik digunakan untuk menghitung suhu reservoir pada sistem panas bumi ini adalah geotermometer Na-K dan Silika karena kedua geotermometer ini valid untuk digunakan dalam sistem panas bumi yang memiliki suhu tinggi (Nicholson, 1993). Dengan menggunakan geotermometer Na-K, silika dan Na-K-Ca, maka akan diketahui geotermometer yang lebih valid untuk memprediksi suhu reservoir panas bumi. Perhitungan geotermometer Na-K, SiO<sub>2</sub> dan Na-K-Ca berturut-turut dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 1, 2 dan 3 (DiPippo, 2012).

$$T = \frac{866,6}{\log \frac{[Na]}{[K]} + 0,8573} - 273,15 \tag{1}$$

$$T = \frac{1533,5}{5,768 - \log[SiO_2]} - 273,15 \tag{2}$$

$$T = \frac{1647}{\log \frac{[Na]}{[K]} + \beta \log \frac{\sqrt{Ca}}{Na} + 2,24} - 273,15 \tag{3}$$

## II. METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air yang berasal dari sumber mata air panas pada 5 (lima) titik yang berbeda di daerah Panti. Pada setiap sampel, dilakukan pengukuran pH dan suhu permukaan. Pengukuran suhu permukaan dilakukan menggunakan termometer digital, sedangkan pengukuran pH menggunakan pH meter. Pengukuran suhu dan pH dilakukan langsung pada masing-masing sampel di lokasi objek penelitian. Setelah dilakukan pengukuran suhu dan pH, sampel yang diambil dibawa ke laboratorium dengan menggunakan botol plastik untuk dianalisis menggunakan AAS dan spektrofotometer.

Data yang diperoleh dari analisis sampel air panas menggunakan AAS akan didapatkan nilai konsentrasi dari logam Na, K, Ca, dan hasil analisis menggunakan spektrofotometer didapatkan konsentrasi SiO<sub>2</sub>. Nilai konsentrasi tersebut kemudian dimasukkan ke dalam persamaan geotermometer empiris untuk memperkirakan suhu reservoir sumber panas bumi. Berdasarkan hasil yang didapatkan, akan dilihat hubungan antara perkiraan suhu reservoir terhadap pH dan suhu permukaan mata air panas.

**III. HASIL DAN DISKUSI**

3.1 Data Pengujian

Dari data pH dan suhu permukaan, dapat dilihat bahwa suhu tertinggi sumber mata air panas terdapat pada titik 4 yaitu 60,0 °C , terendah pada titik 1 yaitu 56,3 °C dan suhu rata-rata 58,0 °C. Sedangkan pH tertinggi terdapat pada titik 1 yaitu 8,1, pH terendah pada titik 2 yaitu 6,9 dan pH rata-rata 7,5. Data pengukuran pH dan suhu permukaan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data pH dan Suhu Permukaan

No	Kode Sampel	Suhu Permukaan (°C)	pH
1	P1	56,3	8,1
2	P2	58,5	6,9
3	P3	59,5	7,4
4	P4	60	7,8
5	P5	59,7	7,3
Rata-rata		58	7,5

Setelah dilakukan analisis sampel air panas di laboratorium, didapatkan konsentrasi tertinggi adalah Ca, dengan rata-rata 5,127 ppm, sedangkan konsentrasi terendah adalah Na, dengan rata-rata 2,032 ppm. Data kandungan Na, K, Ca dan SiO<sub>2</sub> dari 5 (lima) titik sampel mata air panas dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis sampel air panas

No	Kode Sampel	Konsentrasi (ppm)			
		Na	K	Ca	SiO <sub>2</sub>
1	P1	2,952	5,722	6,933	4,321
2	P2	1,143	3,222	2,867	2,464
3	P3	2,492	4,889	6,533	3,393
4	P4	2,071	3,944	5,5	2,75
5	P5	1,5	3,111	3,8	2,929
Rata-rata		2,032	4,178	5,127	3,171

3.2 Perhitungan Geotermometer

3.2.1 Geotermometer Na-K

Dari hasil perhitungan menggunakan geotermometer Na-K, didapatkan perkiraan suhu reservoir seperti pada Tabel 3. Suhu reservoir panas bumi yang dihitung menggunakan geotermometer Na-K antara 1208,2 dan 1827,9 °C, dengan suhu rata-rata 1363,3 °C. Menurut Middlemost (1985), batuan akan meleleh jika mencapai suhu di atas 1000 °C. Suatu reservoir panas bumi terbentuk dari formasi batuan penyusunnya, sehingga tidak mungkin suatu reservoir panas bumi memiliki suhu seperti yang dihitung menggunakan geotermometer tersebut. Jadi, karena suhu yang didapatkan terlalu tinggi, maka geotermometer Na-K ini tidak tepat digunakan untuk perkiraan suhu reservoir panas bumi di daerah Panti.

Tabel 3. Hasil perhitungan perkiraan suhu reservoir menggunakan geotermometer Na-K

No	Kode Sampel	Konsentrasi Na (ppm)	Konsentrasi K (ppm)	Perkiraan Suhu Reservoir (°C)
1	P1	2,952	5,722	1228,2
2	P2	1,143	3,222	1827,9
3	P3	2,492	4,889	1242,1
4	P4	2,071	3,944	1208,2
5	P5	1,5	3,111	1309,8
Rata-rata		2,032	4,178	1363,3

### 3.2.2 Geotermometer Silika

Selain geotermometer Na-K, geotermometer silika merupakan geotermometer yang baik digunakan pada sistem panas bumi suhu tinggi (Middlemost, 1985). Perhitungan suhu reservoir panas bumi menggunakan geotermometer Silika melibatkan konsentrasi mineral Silika ( $\text{SiO}_2$ ) yang terkandung dalam sampel air panas. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan geotermometer silika, maka didapatkan perkiraan suhu reservoir pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil perhitungan perkiraan suhu reservoir menggunakan geotermometer silika

No	Kode Sampel	Konsentrasi $\text{SiO}_2$ (ppm)	Perkiraan Suhu Reservoir (°C)
1	P1	4,321	1228,2
2	P2	2,464	1827,9
3	P3	3,393	1242,1
4	P4	2,75	1208,2
5	P5	2,929	1309,8
Rata-rata		3,171	1363,3

Suhu reservoir panas bumi yang dihitung menggunakan geotermometer silika antara 12,080 dan 25,637 °C, dengan suhu rata-rata 17,623 °C. Suhu yang diperoleh dari geotermometer ini memiliki nilai yang lebih kecil dari suhu permukaan mata air panas daerah Panti. Suhu permukaan mata air panas Panti yang terukur berkisar antara 57,2 – 60,0 °C. Menurut Herman (2000), semakin ke bawah bumi suhu batuan akan semakin tinggi. Oleh karena itu, suhu reservoir panas bumi memiliki suhu yang lebih tinggi dari suhu permukaan mata air panas yang dihasilkannya. Jadi, berdasarkan suhu reservoir yang dihitung menggunakan geotermometer silika lebih kecil dari suhu permukaan mata air panas, maka geotermometer silika bukanlah geotermometer yang tepat untuk memperkirakan suhu reservoir panas bumi Panti.

### 3.2.3 Geotermometer Na-K-Ca

Menurut Giggenbach (1988), geotermometer Na-K-Ca baik diterapkan untuk air panas yang memiliki kandungan Ca yang tinggi. Batasan penggunaan geotermometer ini adalah adanya keseimbangan antara Na dan K serta Ca yang terkandung dalam air panas dengan asumsi adanya kelebihan Silika. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan geotermometer Na-K-Ca, didapatkan suhu perkiraan reservoir pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil perhitungan perkiraan suhu reservoir menggunakan geotermometer Na-K-Ca

No	Kode Sampel	Konsentrasi Na (ppm)	Konsentrasi K (ppm)	Konsentrasi Ca (ppm)	Perkiraan Suhu Reservoir (°C)
1	P1	2,952	5,722	6,933	577,566
2	P2	1,143	3,222	2,867	543,216
3	P3	2,492	4,889	6,533	566,297
4	P4	2,071	3,944	5,5	537,284
5	P5	1,5	3,111	3,8	520,614
Rata-rata		2,032	4,178	5,127	548,995

Suhu reservoir panas bumi yang dihitung menggunakan geotermometer Na-K-Ca antara 520,6 dan 577,5 °C, dengan suhu rata-rata 548,9 °C. Suhu yang dihitung menggunakan geotermometer ini lebih memungkinkan untuk suhu suatu reservoir panas bumi apabila dibandingkan dengan suhu yang dihitung menggunakan geotermometer Na-K yang terlalu tinggi dan geotermometer silika yang terlalu rendah (di bawah suhu permukaan air panas). Jadi, dari suhu yang dihitung menggunakan geotermometer, maka yang paling tepat untuk memperkirakan suhu reservoir panas bumi Panti adalah geotermometer Na-K-Ca. Adanya kandungan silika yang terdapat pada sampel air panas Panti mengindikasikan adanya reservoir panas bumi yang bersuhu tinggi (Gillen, 2013).

Menurut Badan Geologi (2009), potensi panas bumi dapat dikategorikan menjadi tiga, yaitu potensi energi kecil, sedang dan besar. Panas bumi dengan suhu reservoir < 200 °C memiliki potensi energi sekitar 50 MW. Panas bumi dengan suhu 200 – 250 °C memiliki potensi energi 50 – 100 MW. Sedangkan panas bumi dengan suhu > 250 °C memiliki potensi energi > 100 MW. Berdasarkan suhu yang dihitung menggunakan persamaan geotermometer yaitu sekitar 548,9 °C, maka daerah Panti termasuk daerah panas bumi yang memiliki potensi energi besar, yaitu besar dari 100 MW.

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dengan geotermometer Na-K didapatkan suhu rata-rata 1363,3 °C, geotermometer silika dengan suhu rata-rata 17,6 °C, dan geotermometer Na-K-Ca dengan suhu rata-rata 548,9 °C. Dari ketiga geotermometer tersebut, geotermometer yang baik digunakan untuk memperkirakan suhu reservoir panas bumi Panti adalah geotermometer Na-K-Ca karena air panas Panti memiliki kandungan Ca yang tinggi dan memberikan suhu yang memungkinkan untuk suatu reservoir dibandingkan geotermometer Na-K yang terlalu tinggi (suhu batuan cair) dan geotermometer silika yang terlalu rendah (di bawah suhu permukaan). Berdasarkan nilai perkiraan suhu reservoir yang dihitung menggunakan geotermometer Na-K-Ca rata-rata 548,9 °C, maka reservoir panas bumi daerah Panti termasuk daerah yang memiliki potensi energi yang besar, yaitu besar dari 100 MW.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Geologi, 2009, *Tipe Sistem Panas Bumi di Indonesia dan Estimasi Potensi Energinya*, Jakarta.
- Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, 2012, *Pengembangan Sumber Panas Bumi*, Jakarta.
- DiPippo, R., 2012, *Geothermal Power Plants*, Butterworth-Heinemann.
- Giggenbach, W. F., 1988, *Geothermal solute equilibria, derivation of Na-Mg-Ca geoinicator*, *Geochimica, Cosmochimica Acta*.
- Gillen, C., 2013, *Metamorphic Geology*, Springer, London.
- Herman, D. Z., 2003, *Studi Sistem Panas Bumi Aktif Dalam Rangka Penyiapan Konservasi Energi Panas Bumi*, Yogyakarta.

- 
- Hochstein, M. P. dan Browne, P. R. L., 2000, *Surface Manifestation of Geothermal Systems with Volcanic Heat Sources*, Academic Press.
- Middlemost, A. K., 1985, *Magma and Magnetic Rocks*, Longman Group, United Kingdom.
- Nicholson, K. N., 1993, *Geothermal Fluids, Chemistry and Exploration Techniques*, Springer-Verlag, Berlin.
- Sismanto dan Andayany, H., 2012, *Pengembangan Persamaan Geotermometer Empiris Untuk Estimasi Suhu Reservoir Sumber Mata Air Panas*, Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVI HFI Jateng & DIY, Purworejo.