

Estimasi Temperatur Reservoir Panasbumi Menggunakan Metode Geothermometer pada Mata Air Panas Bitingan dan Sipandu Area Panasbumi Dieng, Kabupaten Wonosobo, Provinsi Jawa Tengah

Waskita Murti Bambang Yudhana¹, Dianto Isnawan¹

¹ Teknik Geologi, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi : waskitabambang4@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia memiliki potensi energi panasbumi mencapai 28.617 MegaWatt yang merupakan 40% dari total potensi panasbumi dunia. Salah satu contoh gunungapi di pulau jawa yang memiliki potensi panasbumi ini adalah Gunungapi Telomoyo. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sistem panasbumi dan mengestimasi temperatur reservoir menggunakan Metode Geothermometer. Hasil analisis menunjukkan bahwa tipe fluida berupa *Bicarbonate Water*. Hasil plotting konsentrasi Natrium (Na), Kalium (K) dan Magnesium (Mg) menunjukkan berada pada zona *immature water*. Estimasi temperatur reservoir bawah permukaan mata air panas Sipandu $\pm 247,38^{\circ}\text{C}$, mata air panas Candi dukuh $\pm 195,21^{\circ}\text{C}$. Sistem panasbumi di daerah penelitian adalah *liquid dominated system*. Pemanfaatan potensi manifestasi panasbumi sebagai Kolam pemandian air panas dan reservoir suhu tinggi yang baik untuk dikembangkan menjadi pembangkit listrik tenaga panasbumi.

Kata kunci: Geothermometer, Manifestasi, Panasbumi Dieng.

ABSTRACT

Indonesia has a geothermal energy potential of 28,617 MegaWatt, which is 40% of the world's total geothermal potential. One example of a volcano on the island of Java that has geothermal potential is the Telomoyo Volcano. This study aims to determine the geothermal system and to estimate the reservoir temperature using the Geothermometer Method. The results of the analysis show that the type of fluid is *Bicarbonate Water*. The results of plotting the concentrations of Sodium (Na), Potassium (K) and Magnesium (Mg) show that they are in the *immature water* zone. The estimated temperature of the subsurface reservoir of Sipandu hot spring is $\pm 247.38^{\circ}\text{C}$, Bitingan hot spring is $\pm 195.21^{\circ}\text{C}$. The geothermal system in the study area is a *liquid dominated system*. Utilization of potential geothermal manifestations as hot springs and high temperature reservoirs that are good for developing into geothermal power plants.

Keyword : Geothermometer, Manifestation, Dieng Geothermal.

1. PENDAHULUAN

Secara geologi Indonesia terletak di antara 3 lempeng besar yang ditafsirkan terbentuk sejak akhir Neogen, sebagai akibat adanya interaksi antar tiga lempeng utama. Salah satu pergerakan lempeng yang saling mendekat yaitu konvergen, menghasilkan zona subduksi membentuk jajaran busur gunung api. Pulau Jawa sebagai Busur Sunda yang merupakan bagian dari busur gunungapi berumur Tersier hingga Kuartar. Busur gunungapi ini terbentuk akibat dari penunjaman di sebelah selatan Pulau Jawa, yaitu lempeng Samudera Hindia ke bawah lempeng Eurasia.

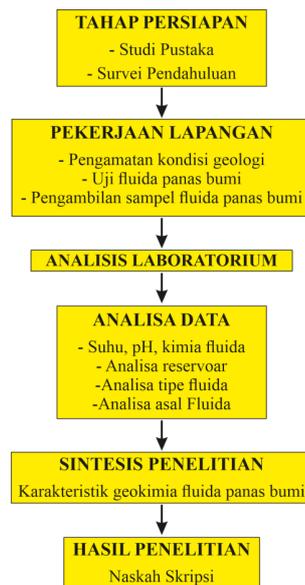
Gunung api memiliki potensi ketersediaan dan kelimpahan sumber daya, kemungkinan lainnya adalah potensi bahan galian dan panas bumi. Indonesia memiliki potensi panas bumi, mencapai 28.617 MW di 299 lokasi. Potensi panas bumi Indonesia mencapai 40% dari potensi panas bumi dunia, menjadikan Indonesia negara dengan potensi panas bumi terbesar di dunia. Sumber daya panas bumi Indonesia adalah Sumatera 12.760 MW, Jawa 9.717 MW, Sulawesi 3.044 MW, Nusa Tenggara 1.451 MW, Maluku 1.071 MW, Bali 354 MW dan tersebar 220 megawatt di tempat lain [6]. Salah satu contoh dari gunung berapi di Pulau Jawa yang berpotensi panas bumi adalah Komplek Gunungapi Dieng, gunung berapi yang terletak di Kabupaten Wonosobo dan Kabupaten Banjarnegara Provinsi Jawa Tengah. Sebagai salah satu kompleks gunungapi, Dieng memiliki rekam jejak aktivitasnya dari batuan hasil erupsi dan dari manifestasi panasbumi disekitarnya.

Tujuan dilakukannya penelitian tentang panasbumi di kompleks Gunungapi Dieng antara lain untuk mengetahui sifat fisik fluida panasbumi, kandungan kimia mata air panas, tipe fluida, estimasi temperatur bawah permukaan, dan potensi energi panasbumi di daerah penelitian.

Penelitian tentang aspek-aspek geologi, dan analisis geokimia fluida panasbumi di lokasi ini hasilnya dapat dimanfaatkan oleh instansi pemerintahan setempat, maupun pihak yang berkepentingan pada daerah penelitian, baik untuk penataan lingkungan maupun kegiatan penelitian selanjutnya.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode utama yaitu Geothermometer. Tahap penelitian diawali dengan studi pustaka peneliti terdahulu, pengambilan sampel air panasbumi, analisis sampel air di laboratorium, hasil konsentrasi analisis tersebut digunakan untuk penentuan tipe fluida, analisis kesetimbangan fluida, identifikasi kontrol struktur terhadap pemunculan manifestasi panasbumi, serta analisis geothermometer yang bertujuan untuk estimasi temperatur reservoir bawah permukaan (Gambar 1)

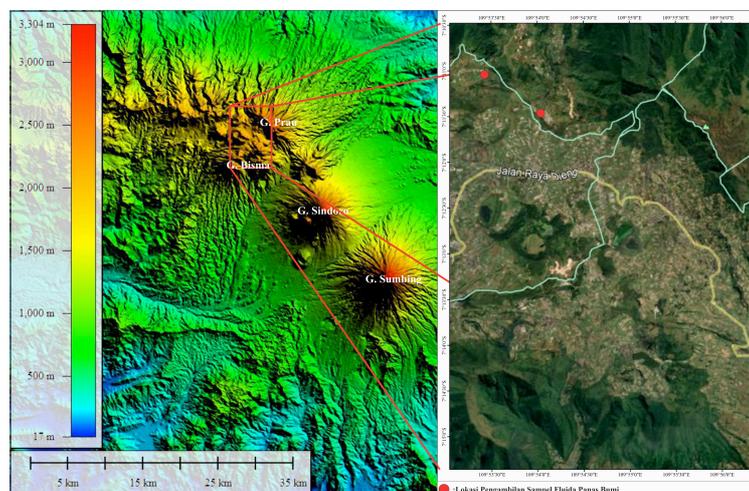


Gambar 1. Skema alur Penelitian

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1. Manifestasi Panasbumi Daerah Penelitian

Lokasi penelitian berada pada beberapa desa dan kecamatan yang tersebar pada dua kabupaten yaitu pada Kabupaten Wonosobo dan Kabupaten Banjarnegara, yang merupakan kompleks gunungapi Dieng (Gambar 2).



Gambar 2. Lokasi Penelitian Menggunakan Peta DEM dan Citra Google Earth. Lokasi Pengambilan data ditunjukkan dengan symbol titik berwarna merah.

Pengambilan sampel fluida panasbumi pada lokasi terdapat manifestasi (Gambar 3 dan 4) menggunakan botol sampel khusus setiap lokasi diambil 2 botol, 1 untuk analisi anion (Sampel A), dan 1 lagi untuk analisis kation (Sampel B) dimana dalam botol tersebut penuh air tanpa ada gelembung udara supaya tidak terjadinya reaksi fraksinasi pada sampel yang diambil dan pada sampel B ditambahkan sedikit larutan pengawet HCl pekat 2 – 3 tetes per 250 – 300ml air untuk menjaga unsur kimia dalam air tetap baik terutama untuk kation yang bersifat most soluble. Parameter sifat fisik fluida panasbumi yang dianalisis di lapangan meliputi warna, bau, pH atau derajat keasaman, suhu air, suhu udara, kelembapan udara, TDS dan Daya Hantar Listrik (DHL). Informasi rinci sifat fisik kedua mata air panas tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 3. Manifestasi mata air panas di Desa Kepakisan, Kecamatan Batur (Bitingan)



Gambar 4. Manifestasi mata air panas di Desa Praten, Kecamatan Bawang (Sipandu)

Tabel 1. Hasil Pengamatan Sifat Fisik Fluida Panasbumi

| PARAMETER UJI LAPANGAN | SAMPEL | |
|------------------------|--------------|--------------|
| | BITINGAN | SIPANDU |
| Warna | Jernih | Jernih |
| Bau | Tidak Berbau | Tidak Berbau |
| pH | 6,7 | 6,9 |
| Suhu Air (°C) | 57 | 60 |
| Suhu Udara (°C) | 22,6 | 26,7 |
| Kelembaban Udara (%) | 79 | 76 |
| TDS (ppm) | 172 | 314 |
| DHL | 336 | 628 |

3.2. Analisis Geokimia Fluida Panasbumi

A. Hasil Analisis Laboratorium

Analisa dilaboratorium bertujuan untuk mengetahui konsentrasi (mg/L) dari unsur-unsur dan senyawa kimia yang terkandung di dalam mata air panas dan akan dibandingkan dengan hasil analisa mata air panas di lapangan. Konsentrasi masing-masing unsur atau senyawa dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Konsentrasi Fluida Panasbumi Berdasarkan hasil Laboratorium

| SAMPEL | PARAMETER UJI KIMIA (mg/L) | | | | | | | | |
|----------|----------------------------|-------|-----|----|-------|------|------------------|-----------------|------------------|
| | Al | Ca | Na | K | Mg | Cl | HCO ₃ | SO ₄ | SiO ₂ |
| SIPANDU | <0,0086 | 26,53 | 73 | 19 | 15,63 | 49 | 466,3 | 90 | 15,539 |
| BITINGAN | <0,0086 | 55,48 | 200 | 23 | 22,47 | 11,5 | 204,4 | 102 | 16,434 |

B. Perhitungan Meq Anion Kation dan Ion Balance

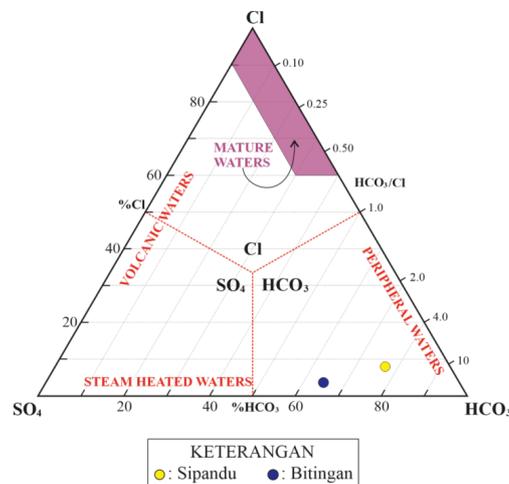
Hasil ion balance kedua sampel menunjukkan nilai kurang dari 5 (Tabel 3) maka dapat dikatakan data penelitian layak diujikan dan dipakai untuk analisis geokimia tahap selanjutnya.

Tabel 3. Analisis Kestimbangan Ion

| TABEL ION BALANCE | | |
|-------------------|-----------------|-----------------|
| PARAMETER | SIPANDU | SAMPEL BITINGAN |
| Σ Kation | 3,62 | 13,00 |
| Σ Anion | 10,92 | 5,80 |
| Nilai Ion Balance | 1,00 | -0,77 |
| Persyaratan | < 5 % | < 5 % |
| KETERANGAN | Memenuhi Syarat | Memenuhi Syarat |

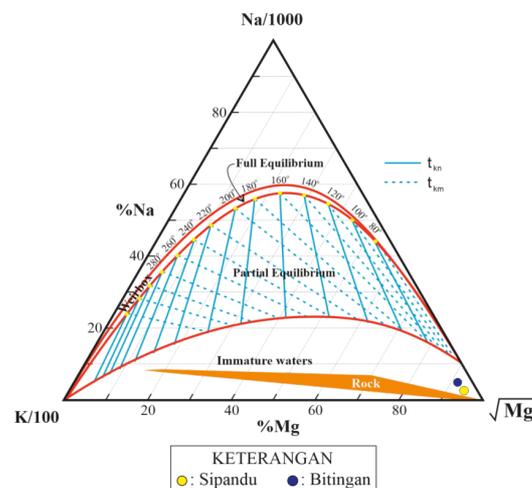
C. Penentuan Tipe Fluida

Dalam menentukan tipe fluida panasbumi didasarkan pada anion utama yang terkandung dalam fluida panasbumi yaitu Cl , HCO_3 dan SO_4 . Berdasarkan hasil plotting pada diagram didapatkan mataair Sipandu dan Bitingan mempunyai tipe fluida berupa *Bicarbonate Water*. Air Bikarbonat yang tinggi pada Lokasi Penelitian mengindikasikan bahwa fluida panasbumi daerah penelitian sudah terpengaruh oleh air permukaan dan batuan sampling yang berada di area manifestasi tersebut.

Gambar 5. Hasil Plotting diagram segitiga $\text{Cl}-\text{HCO}_3-\text{SO}_4$ [5]

D. Analisis Kestimbangan Fluida

Analisis Kestimbangan Fluida dilakukan untuk mencari indikasi kematangan fluida di suatu manifestasi berdasarkan kandungan unsur Na, K, dan Mg, dengan mencari nilai dari $[\text{Na}]/1000$, $[\text{K}]/100$ dan $[\text{Mg}]/2$. Diagram terner ini dapat juga digunakan sebagai justifikasi proses *mixing* dan indikator zona *upflow*.

Gambar 6. Hasil Plotting diagram segitiga $\text{Na}-\text{K}-\text{Mg}$ [5]

Hasil plotting diagram Na – K – Mg menunjukkan pada mata air panas Sipandu dan Bitingan termasuk zona *immature water*. Air tanah memiliki kation utama berupa Mg^{+} sehingga konsentrasi Mg yang besar indikatif terhadap kehadiran air tanah [5]. Berdasarkan hasil tersebut dapat diinterpretasikan fluida panas dari dalam reservoir telah mengalami pencampuran dengan air tanah dan kontak dengan batuan samping baik pada fluida panas bumi Sipandu maupun Bitingan yang terjadi dalam waktu singkat sehingga tidak cukup untuk membentuk kesetimbangan.

E. Analisis Geothermometer

Analisis Geothermometer merupakan analisis utama dalam penelitian ini. Untuk melakukan analisis geokimia khususnya geothermometer diperlukan serangkaian analisis geokimia yang lain untuk menunjang hasil geothermometer. Hasil estimasi temperatur menggunakan Geothermometer Na-K-Ca ditunjukkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisis Geothermometer Na-Ca-K [1]

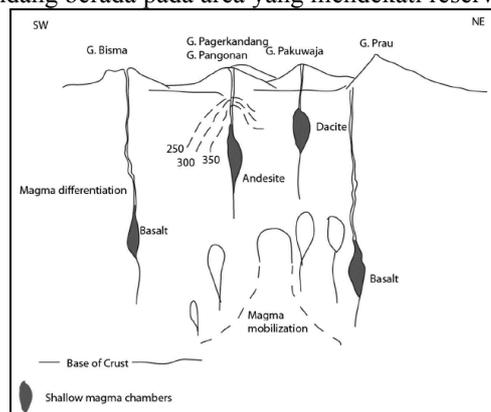
| No | Sampel | Na | Ca | K | Geothermometer Na-K-Ca | | | Temperatur(°C) Z-273.15 |
|----|----------|-----|------|----|------------------------|---|------------------------|----------------------------|
| | | | | | X Log Na/K | Y $\beta \times \text{Log}(\sqrt{CA/Na+2.06})$ | Z $1647/(X+Y+2.47)$ | |
| 1 | SIPANDU | 73 | 26,5 | 19 | 0,58 | 0,11 | 520,53 | 247,38 |
| 2 | BITINGAN | 200 | 55,5 | 23 | 0,94 | 0,11 | 468,363 | 195,21 |

Berdasarkan hasil analisis geothermometer Na-K-Ca pada kedua sampel, didapatkan bahwa estimasi temperatur reservoir bawah permukaan mata air panas Sipandu berada pada suhu 247,38°C, sementara untuk estimasi temperature reservoir dari manifestasi mata air panas Bitingan memiliki nilai 195,21°C.

F. Sistem Panasbumi Daerah Penelitian

Sistem panas bumi pada daerah penelitian berada pada lingkungan vulkanik. Daerah penelitian terdiri dari Batuan Gunungapi berumur Pliosen Akhir dan endapan aluvium. Hasil analisa kelurusan morfologi yang berarah kelurusan barat-laut-tenggara diperkirakan mengontrol kemunculan mata air.

Daerah manifestasi panas bumi mencirikan zona *outflow*, pada diagram ternary Na – K – Mg terlihat telah terjadi pencampuran dengan air meteorik dan juga telah berinteraksi dengan batuan lain, juga ditunjang dengan data literatur berupa Peta Geologi daerah penelitian yang memperlihatkan titik keluarnya mata air panas sudah menjauhi daerah kaldera kompleks gunungapi Dieng (Gambar 6). Sistem panas bumi di daerah penelitian adalah *liquid dominated system*. Jika dikaitkan dengan model geologi reservoir magma dangkal yang berkaitan dengan sistem panas bumi bersuhu tinggi di DVC (Gambar 7), maka lokasi sampel uji geokimia yang diambil pada area Gunung Sipandu-Pagerkandang berada pada area yang mendekati reservoir magma dangkal.



Gambar 7. Sketsa non-skala model geologi reservoir magma dangkal yang berkaitan dengan sistem panas bumi suhu tinggi di DVC (*Dieng Volcanic Complex*). Garis putus-putus mewakili suhu bawah permukaan [3].

G. Pemanfaatan Manifestasi Panasbumi

Potensi Panas bumi pada daerah penelitian manifestasinya berupa sumber mata air panas dimana dimanfaatkan sebagai wisata pemandian air panas oleh masyarakat disekitarnya. Mata air panas dipercaya baik untuk kesehatan kulit. Pemanfaatan lainnya yang dapat diterapkan pada mata air

panas di daerah penelitian adalah digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga Panasbumi (*Geothermal*). Reservoir Panasbumi dapat dikatakan memiliki temperatur tinggi apabila suhu $>150^{\circ}\text{C}$. Dari data temperatur yang dimiliki kedua mata air panas yaitu Sipandu $247,38^{\circ}\text{C}$ dan Bitingan $195,21^{\circ}\text{C}$ dapat dikatakan daerah panasbumi kompleks Gunung Api Dieng terkhusus pada manifestasi yang dilakukan analisis layak untuk dieksplorasi lebih detail terkait kondisi reservoir dan sistem hidrologi yang ada di daerah penelitian.

4. KESIMPULAN

Daerah penelitian mempunyai potensi sumber daya alam berupa panas bumi. Sistem panas bumi di daerah penelitian dipengaruhi oleh aktivitas magmatisme/vulkanisme kompleks gunung api Dieng. Sistem panas bumi di daerah penelitian merupakan tipe panas bumi vulkanik yang berasosiasi dengan tektonik (struktur geologi). Berdasarkan hasil analisis geokimia fluida panas bumi, air panas pada lokasi penelitian mempunyai karakteristik tipe fluida panas bumi bikarbonat, serta mempunyai tingkat kematangan fluida *immature water*, dengan kandungan Mg yang tinggi menunjukkan bahwa fluida panas bumi sudah terpengaruh dengan air permukaan dan batuan sampling. Kandungan kimia air panas dan karakteristik geokimia dari kedua sampel menunjukkan hasil yang hampir sama.

Analisa geothermometer pada kedua sampel, didapatkan estimasi temperatur bawah permukaan mata air panas Sipandu $\pm 247,38^{\circ}\text{C}$, mata air panas Bitingan $\pm 195,21^{\circ}\text{C}$ termasuk kedalam sistem panasbumi entalphi sedang [4] dan entalphi tinggi menurut Muffer dan Cataldi (1978) dalam [2]. Berdasarkan tipe fluida, sistem panasbumi di daerah penelitian adalah *liquid dominated system*.

Daerah manifestasi panas bumi mencirikan zona *outflow*, pada diagram ternary Na – K – Mg terlihat telah terjadi pencampuran dengan air meteorik dan juga telah berinteraksi dengan batuan lain, juga ditinjau dengan data literatur berupa Peta Geologi daerah penelitian yang memperlihatkan titik keluarnya mata air panas sudah menjauhi daerah kompleks gunung api Dieng.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Program Studi Teknik Geologi yang telah memfasilitasi dalam melakukan penelitian ini, dan terimakasih kepada Bapak Ir. Dianto Isnawan, M.T. dan Ibu Siti Nur'Aini, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang memberikan masukan serta saran dalam penulisan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Giggenbach, WF. 1988. *Chemical Techniques in Geothermal Exploration*. Chemistry Division, DSIR, Private Bag, New Zealand.
- [2] Saptadji, N. M. (2001). *Teknik Panas Bumi*. Bandung, Penerbit ITB.
- [3] Harijoko, A., Uruma, R., Wibowo, H. E., Setijadji, L. D., Imai, A., Yonezu, K., & Watanabe, K. (2016). Geochronology and magmatic evolution of the Dieng Volcanic Complex, Central Java, Indonesia and their relationships to geothermal resources. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 310, 209-224.
- [4] Hochstein, M.P. dan Browne, P.R.L. 2000. *Surface Manifestation of Geothermal Systems with Volcanic Heat Sources*, In *Encyclopedia of Volcanoes*, H. Sigurdsson,
- [5] Nicholson, K. 1993. *Geothermal fluids: Chemistry and exploration techniques*. Springer-Verlag, Berlin Helderberg.
- [6] Royana, R. (2013). *Panduan Kelestarian Ekosistem Untuk Pemanfaatan Panas Bumi*. WWF-Indonesia, Jakarta.