



## Analisis Geokimia Manifestasi Air Panas di Desa Bojong Koneng Sukabumi

Ahmad Razali Hakim, Yunus Ashari\*, Dono Guntoro

*Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.*

### ARTICLE INFO

#### Article history :

Received : 17/9/2023

Revised : 10/12/2023

Published : 19/12/2023



Creative Commons Attribution-  
NonCommercial-ShareAlike 4.0  
International License.

Volume : 3

No. : 2

Halaman : 125-132

Terbitan : **Desember 2023**

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi thermal anomaly yang dianggap sebagai suatu sistem panas bumi dengan cara mengetahui karakteristik kimia air panas di daerah penelitian yang akan dibandingkan dengan data hasil penyelidikan geofisika, selain itu untuk validasi data akan dilakukan perbandingan data analisis kimia dengan beberapa lapangan panas bumi. Berdasarkan hasil pengolahan data disimpulkan dari data hasil pengujian ionisasi bahwasanya sifat kimia air panas yang terdapat di daerah penelitian merupakan air panas dengan major ion  $\text{HCO}_3$  yang mana hal tersebut menandakan bahwa daerah tersebut lebih banyak peran dari fluida meteorik dibandingkan dengan fluida magmatik selain itu juga berdasarkan hasil interpretasi penyelidikan geofisika dalam hal ini adalah geolistrik didapat beberapa litologi yaitu breksi vulkanik, tuffa breksi, breksi laharik dan andesit basalt. Pada penelitian ini lapisan pembawa air panas berada pada litologi breksi laharik yang berada pada kedalaman 15,3 – 43 meter dimana berdasarkan kedua hal tersebut bahwa daerah penelitian bukanlah sebuah sistem panas bumi, hal tersebut diperkuat dengan beberapa data dari lapangan panas bumi pada lapangan panas bumi berupa kandungan  $\text{SiO}_2$  mencapai 660 mg/L sedangkan pada daerah penelitian kandungan  $\text{SiO}_2$  hanya kurang dari 36 mg/L, hal tersebut diduga bahwasanya daerah penelitian merupakan zona outflow yang memiliki sumber panas dari magma aktif Gunung Pangrango.

**Kata Kunci :** Anomaly Thermal; Geokimia; Geofisika.

### ABSTRACT

This research aims to identify thermal anomalies considered as a geothermal system by examining the chemical characteristics of hot springs in the study area and comparing them with geophysical investigation data. Additionally, data validation will involve comparing chemical analysis data with several geothermal fields. Based on the data processing results, it is concluded that the chemical nature of the hot springs in the study area is characterized by  $\text{HCO}_3$  major ions, indicating a greater influence of meteoric fluid compared to magmatic fluid. Furthermore, geophysical investigation interpretation, specifically geoelectric, revealed various lithologies, including volcanic breccia, tuff breccia, laharic breccia, and andesite basalt. In this study, the hot water-bearing layer is found in laharic breccia lithology at a depth of 15.3 – 43 meters. Based on these findings, it can be concluded that the study area is not a geothermal system. This conclusion is supported by field data from a geothermal field, where the  $\text{SiO}_2$  content reaches 660 mg/L, while in the study area, the  $\text{SiO}_2$  content is less than 36 mg/L. It is suspected that the study area is an outflow zone with a heat source from the active magma of Mount Pangrango.

**Keywords :** Thermal Anomaly; Geochemist; Geophysics.

@ 2023 Jurnal Riset Teknik Pertambangan Unisba Press. All rights reserved.

## A. Pendahuluan

Sumber daya panas bumi adalah sumber energi yang berasal dari bumi. Mereka bersih dan terbarukan, dan dapat digunakan untuk pemanasan dalam ruangan, penggunaan agroindustri, serta pembangkit listrik. Sumber daya ini mempromosikan pembangunan ekonomi regional dan mengurangi kekurangan energi. Di masa depan, energi panas bumi kemungkinan besar akan menjadi sumber energi alternatif yang penting selain bahan bakar fosil, terutama karena jumlahnya yang melimpah. Pemulihan dan pemanfaatan sumber daya ini dalam skala besar penting untuk mengatasi perubahan iklim global, untuk konservasi energi, dan untuk pengurangan emisi [1].

Tahap Eksplorasi merupakan rangkaian kegiatan yang meliputi penyelidikan geologi, geofisika, geokimia, sumur uji, dan pengeboran eksplorasi yang bertujuan untuk memperoleh informasi kondisi geologi baik di permukaan maupun bawah permukaan guna menemukan dan mendapatkan perkiraan sumberdaya Panas Bumi [2], [3].

Dalam upaya pencarian sistem panas bumi diberlakukan pencarian lapisan yang dapat menyalurkan air atau dengan nama lain adalah akuifer, air merupakan salah satu konduktor yang mana untuk mencari air di bawah permukaan dapat dilakukan penyelidikan penginderaan jarak jauh karena memiliki parameter yaitu intensitas pola kelurusan dari struktur yang ada di daerah penelitian, temperatur permukaan dan sebaran batuan, selain itu juga penyelidikan geofisika dengan menggunakan anomali dari sifat kelistrikan dari air tersebut yang mana salah satu metode yang dapat digunakan yaitu metode geofisika dengan cara melakukan geolistrik, selain itu juga dilakukan analisis geokimia untuk mengetahui karakteristik dari air tersebut [4].

Desa Bojong Koneng Kecamatan Cibadak Kabupaten Sukabumi memiliki manifestasi berupa air panas yang terdapat di permukaan, hal tersebut mengindikasikan bahwasanya daerah penelitian memiliki lapisan pembawa air tanah di bawah permukaan, maka dari itu kegiatan Geokimia dan Geofisika dapat dilakukan untuk menggambarkan kondisi permukaan dan bawah permukaan dari anomali thermal yang terdapat di daerah penelitian.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut: “Bagaimana Karakteristik Fisik dan Kimia Air Panas di daerah penelitian?”. Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini diuraikan dalam pokok-pokok sbb. (1) Untuk mengetahui Temperatur dan pH air panas pada daerah penelitian. (2) Untuk mengetahui Tipe Fluida yang berperan pada daerah penelitian berdasarkan Kandungan Anion Kimia air Panas. (3) Untuk mengetahui Kondisi Fluida yang berperan pada daerah penelitian berdasarkan Kandungan Kation Kimia air Panas. (4) Untuk mengetahui Temperatur *Reservoir* pada daerah penelitian berdasarkan kandungan kimia Air Panas.

## B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode observasional dengan menggunakan pendekatan kuantitatif. Populasi yang dipilih dalam penelitian ini yaitu kolam air panas yang terdapat di Desa Bojong Koneng. Dengan Teknik pengambilan sampel yaitu *Random Stratified* karena kolam air panas tersebar secara tidak merata pada daerah penelitian. Teknik pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan cara mengambil sampel berupa air panas yang terdapat di daerah penelitian dan studi pustaka. Adapun teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknis analisis komparatif konstan.

Dimulai dengan pengambilan sampel berupa air panas, kemudian dilakukan pengukuran sifat fisik Air di lapangan, kemudian nantinya akan dilakukan uji ion balance dan akan dilakukan perbandingan dengan Diagram *Piper* untuk mendapatkan dominasi ion dan mengetahui tipe fluida yang berperan, kemudian mengestimasi temperatur *reservoir* dengan menggunakan persamaan *geothermometer*.

Analisis data yang dihasilkan berdasarkan hasil uji ionisasi dengan menggunakan beberapa diagram *piper* untuk menghasilkan tipe dari fluida geothermal dan kedalaman dari sistem panas bumi tersebut, kemudian dari data tersebut akan didapatkan temperatur pada dasar sistem geothermal tersebut dengan bantuan beberapa persamaan.

Analisis data yang dilakukan yaitu untuk mengetahui tipe fluida yang bekerja pada *thermal anomaly* melalui ion yang terdapat pada sampel air yang telah diambil sebelumnya, jika berdasarkan diagram ternary Cl--SO<sub>4</sub>--HCO<sub>3</sub>- didapat dominasi oleh Cl- maka tipe fluida yang berperan adalah Chloride yang mana biasanya memiliki usia yang relatif tua dan tingkat penyerapan yang sangat dalam, kemudian jika sampel air

dominasi oleh SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> maka tipe fluida yang berperan adalah Sulphate yang mana biasanya memiliki usia yang relatif dewasa dan tingkat penyerapan yang cukup dalam, kemudian jika sampel air dominasi oleh HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> maka tipe fluida yang berperan adalah *bicarbonate* yang mana biasanya memiliki usia yang relatif muda dan tingkat penyerapan yang dangkal dan kemungkinan bukan sebuah sistem panas bumi

**C. Hasil dan Pembahasan**

**Karakteristik Fisik dan Kimia Air Panas**

Karakteristik Fisik Air Panas didapatkan dengan melakukan pengambilan sampel di lapangan kemudian dilakukan pengukuran dengan menggunakan Thermometer dan Ph meter serta TDS meter, tabel 1 merupakan rekapitulasi karakteristik fisik dari air panas yang terdapat di lapangan.

**Tabel 1.** Karakteristik Fisik Air Panas Bojong Koneng dan Neglasari

No	Lokasi	Koordinat		Sifat Fisik	Temperatur Air (°C)	pH	TDS (ppm)
		X	Y				
1	Bojong Koneng 1	696550	9237443	Bening Tidak Berasa Tifak Berbau	34,2	6,9	235
2	Bojong Koneng 2	696564	9237465	Bening Tidak Berasa Tidak Berbau	28	6	127
3	Negalsari	696188	9237462	Bening Tidak Berasa Berbau Sulphur	37	6,7	190

Berdasarkan nilai karakteristik air panas yang ada di lapangan maka dapat dilihat bahwasanya nilai temperatur air berkisar pada angka rata rata sebesar 33°C yang mana belum dapat dikatakan panas karena masih setara dengan temperatur kulit manusia, kemudian untuk ph berkisar pada angka rata rata sebsar 6,5 yang mana menandakan bahwa tingkat keasaman air panas tidak asam dan tidak basa melainkan bersifat netral sehingga aman jika dimanfaatkan secara langsung, kemudian untuk TDS atau *total dissolve solid* memiliki besaran rata rata 184 ppm sehingga hal tersebut dapat diindikasikan bahwa air panas yang terdapat di daerah penelitian merupakan air yang layak untuk dikonsumsi.

Setelah diketahui sifat fisik dari air panas yang ada di lapangan, maka selanjutnya dilakukan uji *ion balance* untuk mengetahui kandungan yang terdapat pada air panas yang nantinya akan dilakukan pengepotan pada diagram *piper* untuk mengetahui tipe fluida yang berperan dan mengestimasi temperatur *reservoir* dengan persamaan *geothermometer*.

**Tabel 2.** Karakteristik Kimia Air Panas Bojong Koneng dan Neglasari

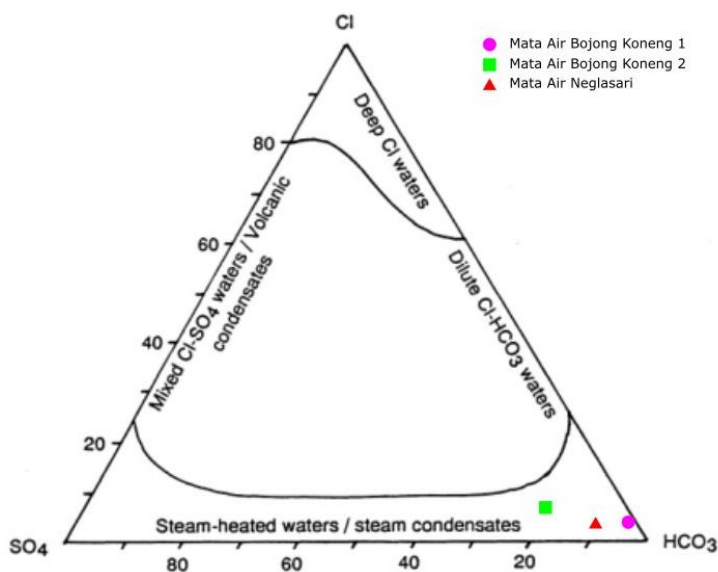
Parameter	Mata Air Bojong Koneng 1	Mata Air Bojong Koneng 2	Mata Air Neglasari
Ca <sup>2+</sup>	25.79	23.85	22.72
Mg <sup>2+</sup>	8.96	11.64	9.1
K <sup>+</sup>	4.44	2.67	4.82
Na <sup>+</sup>	49.1	10.05	50.13
Fe <sup>3+</sup>	<0.74	<0.74	1.13
Li <sup>+</sup>	<0.01	<0.01	<0.01

Parameter	Mata Air Bojong Koneng 1	Mata Air Bojong Koneng 2	Mata Air Neglasari
SiO <sub>2</sub>	35.38	35.78	35.5
B	0.4	0.12	0.4
Al <sup>3+</sup>	0.15	0.03	1.62
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0.14	1.56
F <sup>-</sup>	1.12	0.15	1.14
Cl <sup>-</sup>	11.64	10	10
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2.46	20	20
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	255.52	112.19	255.78
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0	0	0

### Tipe Fluida Air Panas

Hasil analisis kimia air panas selanjutnya digunakan untuk menganalisis tipe fluida yang berperan pada daerah penelitian, untuk mengetahui hal tersebut maka dilakukan pengeplotan kepada diagram *piper* Cl- SO<sub>4</sub>- HCO<sub>3</sub>, yang mana jika semakin banyak kandungan Cl- dalam sampel air maka karakteristik fluida yang berperan pada sistem *thermal anomaly* adalah tipe chloride yang mana memiliki karakteristik umur yang tua dengan tingkat penyerapan yang dalam, semakin banyak kandungan so<sub>4</sub> dalam sampel air maka karakteristik fluida yang berperan pada sistem *thermal anomaly* adalah tipe *sulphate* yang memiliki karakteristik umur yang dewasa dengan tingkat penyerapan yang cukup dalam dan jika semakin banyak kandungan HCO<sub>3</sub> dalam sampel air maka karakteristik fluida yang berperan pada sistem panas bumi adalah tipe bikarbonate dengan karakteristik umur yang muda dengan tingkat penyerapan yang relatif dangkal.

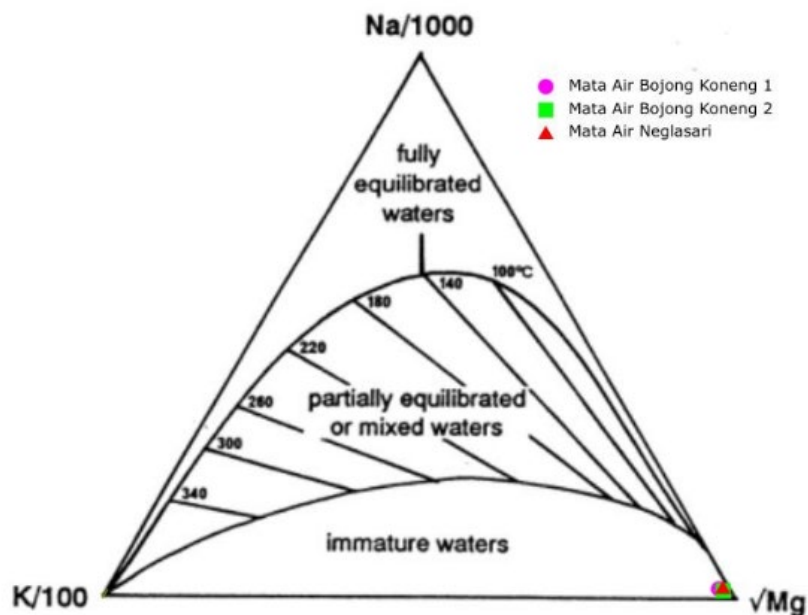
Berdasarkan data hasil uji Ion Balance didapat kandungan HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> pada kolam Air panas Bojong Koneng 1 sebesar 255,52 ppm dan Kolam Air Panas Bojong Koneng 2 sebesar 112,19 ppm serta Kolam Air Panas Neglasari sebesar 255,78 ppm, kemudian untuk kandungan Cl<sup>-</sup> pada kolam Air panas Bojong Koneng 1 sebesar 11,64 ppm dan Kolam Air Panas Bojong Koneng 2 sebesar 10 ppm serta Kolam Air Panas Neglasari sebesar 10 ppm serta kandungan SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> pada kolam Air panas Bojong Koneng 1 sebesar 2,46 ppm dan Kolam Air Panas Bojong Koneng 2 sebesar 20 ppm serta Kolam Air Panas Neglasari sebesar 20 ppm. Dapat dilihat berdasarkan dominasi angka maka diantara ketiga ion tersebut didominasi oleh HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Piper Cl<sup>-</sup> SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>

Berdasarkan dominasi Anion pada Diagram piper Cl- SO4- HCO3 yaitu didominasi oleh anion HCO3 yang mana memiliki arti fluida yang berperan pada sistem panas bumi adalah tipe *bikarbonate* dengan karakteristik umur yang muda dengan tingkat penyerapan yang relatif dangkal.

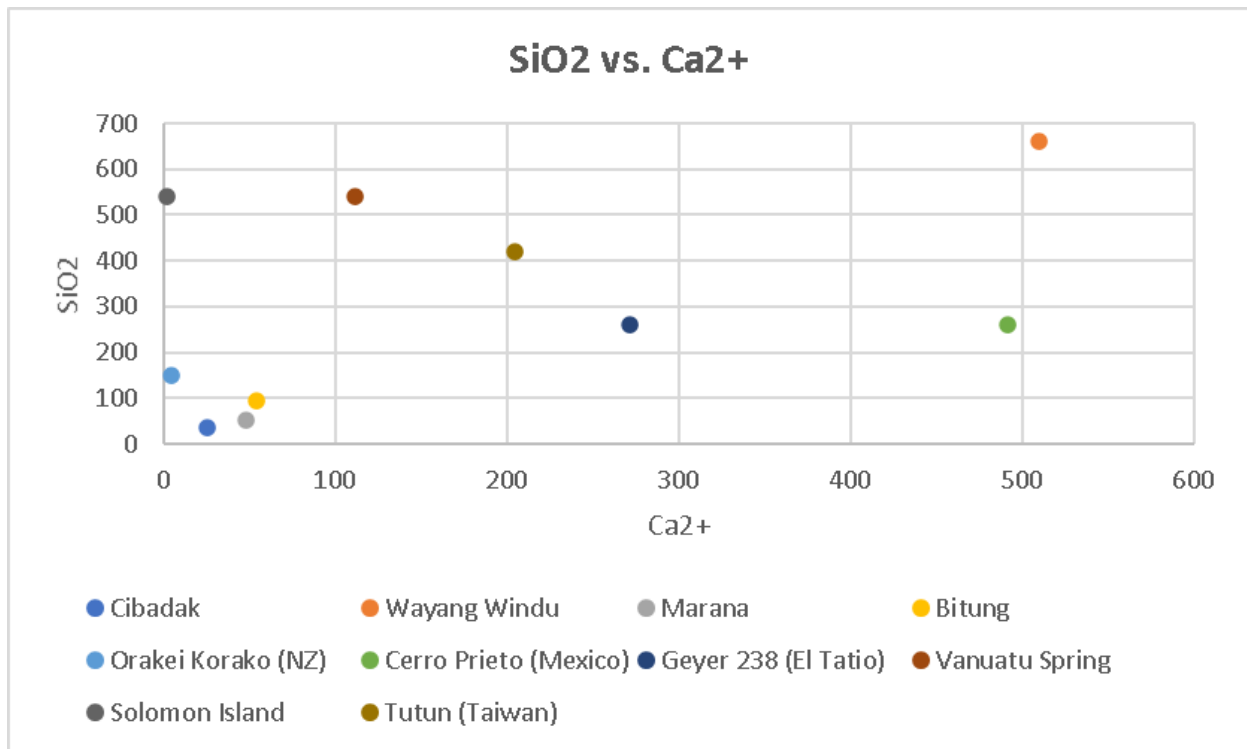
Selain tipe fluida untuk memperkuat bahwasanya air panas pada daerah penelitian belum mengalami Kesetimbangan maka dilakukan pengeplotan kedalam diagram piper Na/1000 - K/100 - Mg 1/2 yang mana jika didominasi kation Na maka Air Panas tersebut sudah setimbang dan jika didominasi oleh kation K maka air tersebut belum sepenuhnya setimbang serta jika didominasi Kation Mg maka air panas tersebut belum mengalami kesetimbangan, dapat dilihat dominasi Kation pada diagram piper Na/1000 - K/100 - Mg 1/2 pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Piper Na/1000 - K/100 - Mg 1/2

Diagram plot Na/1000-K/100-Mg1/2 merupakan diagram yang digunakan untuk pendugaan temperatur *reservoir* dan untuk mengetahui apakah fluida panas bumi telah mencapai kesetimbangan suhu dengan batuan. Berdasarkan hasil plot pada diagram, mata air Bojong Koneng 1, mata air Bojong Koneng 2, dan mata air Neglasari berada pada kondisi immature waters. Hal ini mengindikasikan bahwa fluida panas bumi di daerah penyelidikan belum berada pada kondisi yang tidak setimbang jika dibandingkan dengan panas di *reservoir*. Kondisi ini dapat terjadi akibat adanya pencampuran antara fluida panas bumi dari *reservoir* dengan air meteorik. Dugaan ini diperkuat dengan konsentrasi Mg yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan K dan Na [5].

Berdasarkan kedua Grafik tersebut dapat diasumsikan bahwasanya Air Panas yang terdapat pada daerah penelitian bukan merupakan bagian dari Sistem Panas Bumi, namun untuk memperkuat argumen tersebut dilakukan perbandingan kandungan SiO2, alasan parameter SiO2 dijadikan perbandingan adalah karena pada sistem Panas Bumi kandungan SiO2 relatif sangat besar sedangkan pada daerah non Panas Bumi SiO2 yagn relatif rendah karena SiO2 merupakan kandungan yang memiliki temperatur kelarutan sebesar 300°C [6]. Yang mana berarti air panas pada Lapangan Panas Bumi memiliki temperatur yang lebih dari 300°C yang mana hal tersebut dapat membut kandungan SiO2 dalam batuan menjadi lepas dan terlarutkan Bersama air sehingga terjadi pengayaan SiO2 pada air tersebut, sehingga Ketika di permukaan didapatkan kandungan SiO2 yang tinggi maka dapat diindikasikan bahwasnya air tersebut merupakan air dari sebuah sistem Panas Bumi, hal tersebut dibuktikan dengan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Perbandingan SiO<sub>2</sub> pada Daerah Panas Bumi dan Non-Panas Bumi

**Estimasi Temperatur *Reservoir***

*Geotermometer* adalah suatu persamaan yang menggunakan konsentrasi unsur- unsur kimia fluida panas bumi untuk memperkirakan temperatur *reservoir* di bawah permukaan [7]. *Geotermometer* memungkinkan dilakukan pendugaan awal temperatur *reservoir* sumber fluida panas bumi sebelum dilakukan kegiatan eksplorasi lebih lanjut. *Geotermometer* sangat berguna dalam evaluasi lapangan panas bumi baru dan pemantauan sistem hidrologi panas bumi.

*Geotermometer* ini dinilai valid karena dianggap dapat merepresentasikan kondisi *reservoir* meskipun fluida panas bumi cukup lama naik ke permukaan karena Na dan K lebih tidak terpengaruh pengenceran dan pendidihan dibandingkan silika. Berdasarkan Hasil perhitungan *Geotermometer* Na – K, Diperoleh estimasi temperatur *reservoir* pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Rekapitulasi Hasil Estimasi Temperatur *Reservoir*

Air Panas	Na - K Fourier (°C)	Na - K Giggenbach (°C)
Mata Air Bojong Koneng	208,6	224,5
Mata Air Neglasari	213,8	229,3

#### D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan berdasarkan hasil pengukuran sampel di lapangan didapatkan karakteristik fisik dari air panas yaitu memiliki temperatur pada lokasi mata air Bojong Koneng 1 sebesar 34,2°C, Bojong Koneng 2 sebesar 28°C dan Neglasari sebesar 37°C, kemudian untuk pH pada lokasi Bojong Koneng 1 sebesar 6,9 dan pada Bojong Koneng 2 sebesar 6 serta pada lokasi Neglasari sebesar 6,7. Berdasarkan data hasil uji *ion balance* didapat dominasi anion HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> pada kolam air panas Bojong Koneng 1 sebesar 255,52 ppm dan kolam air panas Bojong Koneng 2 sebesar 112,19 ppm serta kolam air panas Neglasari sebesar 255,78 ppm hal tersebut diindikasikan bahwa pada daerah penelitain fluida yang berperan merupakan tipe bikarbonat. Berdasarkan data hasil uji *ion balance* didapat dominasi kation mg pada kolam air panas Bojong Koneng 1 sebesar 8,96 ppm dan kolam air panas Bojong Koneng 2 sebesar 11,64 ppm serta kolam air panas Neglasari sebesar 9,1 ppm hal tersebut diindikasikan bahwa pada daerah penelitain kondisi fluida belum mengalami kesetimbangan. Berdasarkan hasil estimasi temperatur *reservoir* dengan geothermometer na – k (Giggenbach) didapat temperatur *reservoir* mata air Bojong Koneng sebesar 224,5°C dan temperatur *reservoir* mata air neglasari sebesar 229,3°C, kemudian dengan geothermometer na – k (Fourier) didapat temperatur *reservoir* mata air Bojong Koneng sebesar 208,6°C dan temperatur *reservoir* mata air Neglasari sebesar 213,8°C.

#### Daftar Pustaka

- [1] Z. He, J. Feng, J. Luo, and Y. Zeng, "Distribution, exploitation, and utilization of intermediate-to-deep geothermal resources in eastern China," *Energy Geoscience*, vol. 4, no. 4, p. 100187, Oct. 2023, doi: 10.1016/j.engeos.2023.100187.
- [2] Muhammad Dwi Nanda, Yuliadi, and Zaenal, "Kajian Geometri Jalan Tambang berdasarkan Aashto dan Kepmen No 1827/K/30/Mem/2018 pada Penambangan Andesit di PT XYZ, Kecamatan Rumpin, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat," *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, vol. 1, no. 2, pp. 107–116, Dec. 2021, doi: 10.29313/jrtp.v1i2.403.
- [3] Menteri Energi dan Sumber Daya Manusia, *Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Manusia (Kepmen ESDM)*. Indonesia: Tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik, 2018.
- [4] W. F. Giggenbach, "Geothermal solute equilibria. Derivation of Na-K-Mg-Ca geoindicators," *Geochim Cosmochim Acta*, vol. 52, no. 12, pp. 2749–2765, Dec. 1988, doi: 10.1016/0016-7037(88)90143-3.
- [5] K. Nicholson, *Geothermal Fluids*. Berlin: Springer Verlag Inc., 1993.
- [6] H. Handayani, "PENERAPAN PERSAMAAN GEOTERMOMETER (SiO<sub>2</sub>)<sub>p</sub> DI LAPANGAN PANAS BUMI SULI, AMBON," *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, vol. 6, no. 2, pp. 33–36, Dec. 2012, doi: 10.30598/barekengvol6iss2pp33-36.
- [7] N. Saptadji, *Teknik Panas Bumi*. Bandung: Jurusan Teknik Perminyakan Fakultas Ilmu dan Teknologi Mineral, 2001.
- [8] D. Suwondo, *Karakteristik dan Analisis Geokimia Air Tanah Dangkal Kelurahan Talang Mandi, Kecamatan Mandau Kabupaten Bengkalis*. Pekanbaru: Universitas Islam Riau, 2022.
- [9] M. A. Grant and P. F. Bixley, *Geothermal Reservoir Engineering Edition 2*. Netherland: Elsevier, 2011.
- [10] Waode Jelita Ma'ruff Bay and Linda Pulungan, "Pemanfaatan Bahan Galian Mineral Kalsit Berdasarkan Karakteristik Sifat Fisik di Cikembar Sukabumi," *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, pp. 40–47, Jul. 2022, doi: 10.29313/jrtp.v2i1.994.
- [11] Fungky Suhayadi and Sriyanti, "Kajian Lingkungan Pengendapan Berdasarkan Karakteristik Batubara Formasi Pulau Balang," *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, pp. 1–8, Jul. 2022, doi: 10.29313/jrtp.v2i1.779.

- [12] Muhammad Ikram and Yuliadi, “Kajian Geoteknik untuk Penentuan Geometri Lereng Front Penambangan di PT. XYZ,” *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, pp. 107–116, Dec. 2022, doi: 10.29313/jrtp.v2i2.1246.
- [13] Mutiara Nur Fajryanti, Y. Ashari, and E. Moralista, “Perencanaan Sistem Penyaliran dan Pemompaan pada Tambang Terbuka di PT X Desa Tegalega, Kecamatan Cigudeg Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat,” *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, vol. 1, no. 1, pp. 39–46, 2021, doi: 10.29313/jrtp.v1i1.31.
- [14] Sufriadin, F. Mawardi, and Sri Widodo, “Analisis Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Desulfurisasi dan Deashing Batubara Menggunakan Larutan NaOH,” *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, pp. 15–26, Jul. 2023, doi: 10.29313/jrtp.v3i1.1681.