



Karakteristik Geokimia Mata Air Panas Daerah Kaongkeongkea Kecamatan Pasar Wajo Kabupaten Buton Sulawesi Tenggara

Citra Aulia Chalik^{1*}, Muhamad Hardin Wakila², Muh Rizal Ariyatman³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia

Info Artikel

Diajukan: 21/05/2025

Diterima: 13/06/2025

Diterbitkan: 30/07/2025

Keywords:

Geochemistry; Hot Springs;

Chloride Types; Reservoirs;

Geothermal.

Kata Kunci:

Geokimia; Mata Air Panas;

Tipe Klorida; Reservoir;

Geothermal.



Lisensi: cc-by-sa

ABSTRACT

The hot spring manifestation in this area indicates the presence of a low-temperature geothermal system associated with tectonic activity. Water samples were collected directly from the field and analyzed for their physical and chemical properties. Physical parameters measured include temperature, pH, color, odor, taste, total dissolved solids (TDS), and discharge rate, while chemical composition was determined using the Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) method. The results show that the Kaongkeongkea hot spring has a temperature of 35.6°C, pH of 1.59, TDS of 793 ppm, and is colorless, odor of sulfur, and tasteless. The major ions identified include Cl^- (923 mg/L), HCO_3^- (187.2 mg/L), and SO_4^{2-} (17.26 mg/L). Based on the concentration ratios of these ions, the hot spring is classified as chloride-type (mature water), suggesting that the fluid originates from a deep geothermal reservoir. The silica geothermometer calculation estimates a subsurface reservoir temperature of approximately 144°C, indicating a medium-temperature geothermal system. These geochemical characteristics demonstrate that the hot spring fluid formed through interaction between meteoric water and sedimentary host rocks, influenced by tectonic structural activity. This research contributes to a better understanding of geothermal potential in Buton Island and supports sustainable development and utilization of geothermal energy resources in eastern Indonesia.

ABSTRAK

Manifestasi mata air panas di wilayah ini merupakan indikasi adanya sistem panas bumi bertemperatur rendah akibat aktivitas tektonik. Metode penelitian meliputi pengambilan sampel air secara langsung di lapangan untuk dianalisis sifat fisika dan kimianya. Parameter fisik yang diukur meliputi suhu, pH, warna, bau, rasa, TDS, dan debit air, sedangkan analisis kimia dilakukan menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa mata air panas Kaongkeongkea memiliki suhu 35,6°C, pH 1,59, TDS sebesar 793 ppm, tidak berwarna, berbau sulfur, dan tidak berasa. Kandungan ion utama yang terdeteksi meliputi Cl^- (923 mg/L), HCO_3^- (187,2 mg/L), dan SO_4^{2-} (17,26 mg/L). Berdasarkan perbandingan ketiga ion utama tersebut, air panas daerah Kaongkeongkea diklasifikasikan ke dalam tipe klorida (*mature water*) yang menandakan asal fluida dari reservoir dalam pada sistem panas bumi aktif. Hasil perhitungan geotermometer silika menunjukkan suhu reservoir bawah permukaan sekitar 144°C, yang mengindikasikan sistem panas bumi bertemperatur menengah. Ciri geokimia tersebut memperlihatkan bahwa fluida panas di Kaongkeongkea terbentuk melalui interaksi antara air meteorik dan batuan penyusun sedimen serta dipengaruhi oleh aktivitas struktur tektonik. Kajian ini memberikan kontribusi penting dalam memahami potensi energi panas bumi di Pulau Buton dan mendukung pengembangan pemanfaatan sumber daya panas bumi secara berkelanjutan di wilayah Indonesia bagian timur.

Corresponding Author:

Citra Aulian Chalik

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia.

citraaulian@umi.ac.id

PENDAHULUAN

Sumber daya panas bumi (*geothermal*) merupakan potensi energi alam yang terbentuk akibat proses tektonik dan vulkanik yang menghasilkan manifestasi permukaan seperti mata air panas,

fumarol, dan geyser (Brophy, 2011; Hochstein, 2015). Manifestasi tersebut menjadi indikator penting untuk menilai sistem panas bumi, termasuk suhu reservoir, kandungan fluida, serta karakteristik geokimia air panas (Nicholson, 1993; Giggenbach, 1991). Analisis geokimia pada mata air panas berperan penting dalam mengidentifikasi tipe fluida hidrotermal, interaksi batuan–air, dan potensi sumber panas bumi di suatu daerah (Aulia, 2014; Arnol, 2018).

Daerah Kaongkeongkea, Kecamatan Pasar Wajo, Kabupaten Buton, Provinsi Sulawesi Tenggara, merupakan wilayah dengan indikasi aktivitas tektonik aktif dan potensi manifestasi panas bumi yang belum banyak dikaji secara geokimia. Ciri fisik mata air panas di daerah ini—seperti suhu permukaan 35,6°C, pH 1,59, dan kandungan TDS sebesar 793 ppm—menunjukkan adanya proses hidrotermal pada sistem panas bumi bertemperatur rendah (*low temperature water*). Kondisi ini mirip dengan karakter mata air panas di Sulili, Pinrang, dan Progo, yang juga dipengaruhi oleh proses tektonik dan aktivitas rekahan batuan (Umar et al., 2020; Linggasari et al., 2025).

Kajian karakteristik geokimia diperlukan untuk menentukan tipe air panas dan asal fluida melalui parameter ion mayor seperti Cl^- , SO_4^{2-} , dan HCO_3^- , serta analisis logam terlarut seperti Fe, Na, K, Mg, dan Ca (Giggenbach, 1988; Nicholson, 1993). Komposisi ion ini memberikan informasi mengenai proses pencampuran air meteorik dengan fluida hidrotermal dalam sistem reservoir panas bumi (Reyes, 1990; Arnorsson, 2000). Menurut Giggenbach (1997), tipe air panas bumi dapat dikelompokkan menjadi klorida (*mature water*), bikarbonat, dan sulfat, yang masing-masing menunjukkan tingkat kedalaman dan kematangan fluida geotermal.

Selain itu, analisis geotermometer silika dan natrium–kalium–kalsium menjadi dasar untuk memperkirakan suhu reservoir bawah permukaan (Fournier & Potter, 1982; Aulia, 2014). Hasil pengukuran geotermometer silika di Kaongkeongkea menunjukkan suhu reservoir mencapai $\pm 144^\circ\text{C}$, yang menunjukkan bahwa manifestasi panas di permukaan berasal dari sistem panas bumi aktif dengan sirkulasi fluida yang masih berlangsung. Temuan ini menguatkan teori bahwa daerah dengan struktur sesar aktif di Buton berpotensi sebagai sistem panas bumi bertemperatur menengah (Jamaluddin & Umar, 2017; Herman, 2000).

Studi geokimia seperti ini juga berperan penting dalam pengembangan energi panas bumi berkelanjutan di wilayah timur Indonesia yang masih minim eksplorasi (Saepulloh et al., 2023). Selain mengidentifikasi potensi energi, penelitian ini juga memberikan kontribusi terhadap pemahaman proses hidrogeokimia dan evolusi fluida di daerah tektonik aktif (Putri et al., 2022; Fauzi et al., 2021). Dengan demikian, analisis karakteristik geokimia mata air panas di daerah Kaongkeongkea tidak hanya penting untuk mengungkap potensi energi panas bumi lokal, tetapi juga mendukung upaya konservasi dan pemanfaatan sumber daya alam secara berkelanjutan.

METODE

Penelitian dilakukan di daerah Kaongkeongkea, Kecamatan Pasar Wajo, Kabupaten Buton, Provinsi Sulawesi Tenggara. Pengambilan sampel air dilakukan untuk analisis kimia dan fisik dengan prosedur standar. Tahapan pengambilan sampel meliputi persiapan alat yang sesuai dengan karakteristik sumber air, pembilasan alat dan botol sampel menggunakan air yang akan diambil, serta pengambilan air tanpa meninggalkan rongga udara dalam botol. Alat pengambil sampel harus memenuhi kriteria tidak reaktif terhadap unsur kimia (non-logam untuk analisis logam), mudah dibersihkan, aman digunakan, serta memiliki kapasitas 500–1000 mL. Pengambilan sampel air permukaan dilakukan menggunakan gayung plastik, sedangkan untuk kedalaman tertentu digunakan botol sampler.

Sebelum pengambilan, ditentukan lokasi berdasarkan tujuan pemeriksaan. Sampel air diambil menggunakan gayung plastik yang telah dibilas tiga kali dengan air sampel yang sama untuk menghindari kontaminasi sedimen atau lumpur. Pengolahan data mencakup analisis karakteristik fisik melalui pengamatan langsung dan karakteristik kimia melalui uji laboratorium. Pengamatan fisik meliputi warna, bau, rasa, suhu, pH, TDS, dan debit air.

Analisis laboratorium dilakukan di Laboratorium Produktivitas dan Kualitas Perairan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin menggunakan metode Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) untuk mengidentifikasi unsur kimia utama dan menentukan tipe air panas. Data primer diperoleh langsung di lapangan, sedangkan data sekunder berupa informasi geologi regional dan koordinat lokasi digunakan sebagai data pendukung interpretasi hidrogeokimia daerah penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Karakteristik Fisik pada Mata Air Panas

Data yang diperoleh di lokasi penelitian mata air panas berada pada titik koordinat 5°28'29,711" S – 122°44'31,668". Berdasarkan pengukuran parameter fisik mata air panas Daerah Kaongkeongkea Kecamatan Pasar Wajo Kabupaten Buton Sulawesi Tenggara di peroleh data pada tabel 1.

Tabel 1 Hasil data karakteristik fisik mata air panas.

No	Parameter fisik	Mata air panas
1	Warna	Jernih
2	Bau	Berbau Sulfur
3	Rasa	Tidak berasa
4	Suhu Air (°C)	35,6
5	Suhu Udara (°C)	28,3
6	TDS (ppm)	793
7	Ph	1,59
8	Debit air	172,8 L/S
9	Kondisi sekitar	Berpasir, Lempung, Batuan Sedimen

Hasil Pengukuran Debit Mata Air Panas Berdasarkan tabel hasil pengukuran debit mata air panas daerah Kaongkeongkea Kec. Pasar Wajo Kab. Buton Prov. Sulawesi Tenggara diperoleh jarak laju benda apung 170 cm dengan waktu 35,19 detik pada kedalaman 40 cm dengan lebar mata air panas 140 cm. Hasil yang diperoleh dihitung dengan menggunakan rumus debit air.

Diketahui:

$P = 1,7 \text{ m}$, $L = 1,4 \text{ m}$, $D = 0,4 \text{ m}$, $s = 35,19 \text{ detik}$, $C = 0,75$ Faktor koreksi.

Penyelesaian: $V_f = \frac{1,7 \text{ m}}{35,19 \text{ s}} = 0,048 \text{ m/s}$

$V_a = 0,048 \text{ m/s} \times 0,75 = 0,36 \text{ m/s}$

$A = 1,4 \times 0,4 = 0,56 \text{ m}^2$

Jadi:

$Q = 0,36 \text{ M/S} \times 0,48 \text{ m}^2 = 0,1728 \text{ m}^3/\text{s}$ atau 172,8 L/s

Keterangan :

Q = Debit (m^3/detik)

A = Luas bagian penampang basah (m^2)

V_f = kecepatan (m/s)

V_a = kecepatan aliran rata-rata pada luas bagian penampang basa (m/s)

C = faktor koreksi, 0,75 untuk pelampung pada permukaan air

Hasil dari Analisis Laboratorium unsur kimia pada mata air panas di daerah Kaongkeongkea Kec. Pasar Wajo Kab. Buton Provinsi Sulawesi Tenggara didapat dengan menggunakan metode AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) dari hasil analisis tersebut dapat dilihat pada tabel 2. Pengujian tipe air dengan konsentrasi Cl , SO_4 , HCO_3 (Tabel 3).

Tabel 2. Hasil analisis laboratorium kandungan unsur-unsur kimia mata air panas.

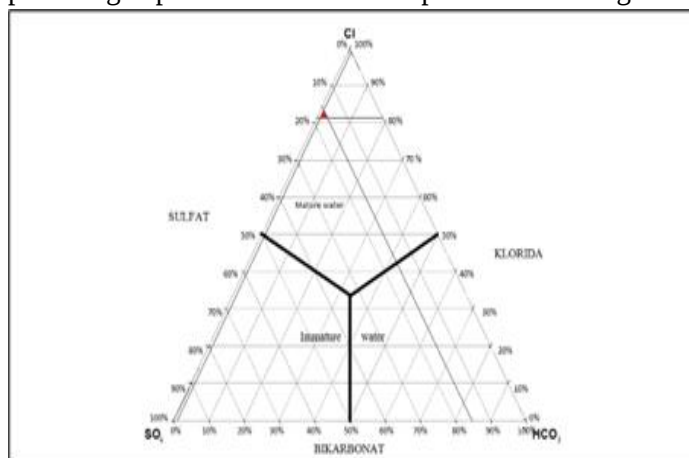
No	Parameter fisik	Mata air panas	KO
1	Karbonat (CO_3)	Mg/L	181,2
2	Bikarbonat (HCO_3)	Mg/L	187,2
3	Khlorida (Cl^-)	Mg/L	923,0
4	Amoniak (NH_3)	Mg/L	0,019
5	Silika (SiO_2)	Mg/L	65,12
6	Sulfat (SO_4)	Mg/L	17,26

7	Besi (Fe)	Mg/L	1,17
8	Aluminium (Al)	Mg/L	0,43
9	Natrium (Na)	Mg/L	382,55
10	Kalium (K)	Mg/L	9,72
11	Magnesium (Mg)	Mg/L	26,49
12	Kalsium (Ca)	Mg/L	26,19
13	Mangan (Mn)	Mg/L	0,02

Tabel 3. Persentase konsentrasi Cl, SO₄, HCO₃.

Parameter	Konsentrasi (ml/L)
Cl	81,8
SO ₄	1,5
HCO ₃	16,6

Tabel 3 menunjukkan bahwa data kimia sampel mata air panas di Daerah Kaongkeongkea memiliki kandungan khlorida yang cukup tinggi dibandingkan dengan bikarbonat dan sulfat yang rendah dimana dapat disimpulkan mata air tersebut daerah tektonik aktif. Seluruh hasil perhitungan presentase dari ion di plot kedalam diagram ternary seperti yang terdapat pada gambar 1.



Gambar 1 Hasil Plotting Diagram Ternary.

Dari hasil perhitungan Cl, SO₄, HCO₃ serta plot diagram didapatkan bahwa tipe air yang terkandung pada air panas di daerah Kaongkeongkea yang menunjukkan sampel air berada pada kondisi *mature water* (Klorida), hal ini menunjukkan air panas bumi berasal langsung dari *reservoir* daerah tektonik aktif, memperlihatkan bahwa temperatur manifestasi yang muncul ke permukaan cenderung rendah serta dipengaruhi interaksi antara fluida hidrotermal dengan unsur-unsur seperti silika. Sedangkan pada daerah yang memiliki tipe air Karbonat (HCO₃) dapat dilihat perbandingannya pada lokasi di Desa Kalibeber, Kecamatan Mojotengah, Kabupaten Wonosobo, Provinsi Jawa Tengah, dimana tipe air panas bumi pada daerah tersebut termasuk tipe (bikarbonat) dan termasuk dalam zona *peripheral water*. Hal ini dikarenakan air panas bumi pada daerah penelitian memiliki konsentrasi unsur (HCO₃) paling tinggi yaitu sebesar 900,6 mg/l. Jenis air bikarbonat terbentuk karena adanya pemanasan terhadap air meteorik oleh sumber panas yang kemudian air tersebut menguap serta terjadi kondensasi lalu menuju ke permukaan dengan kandungan bikarbonat yang dominan. Selain itu, fluida akan mempunyai pH yang cukup netral dengan suhu yang lebih rendah serta memiliki kadar pH yang netral dan (Putri, Irawan, dkk 2022). Perhitungan Geotemometer silika (SiO₂):

$$t^{\circ} = \frac{1533,5}{5,768 - \text{Log}(\text{SiO}_2)} - 273$$

$$t^{\circ} = \frac{1533,5}{5,768 - \text{Log}(65,12)} - 273$$

$$t^{\circ} = \frac{1533,5}{5,768 - 3,954} - 273$$

$$t^{\circ} = \frac{1533,5}{3,954} - 273$$

$$t^{\circ} = 387,6 - 273$$

$$t^{\circ} = 114^{\circ}$$

Perhitungan Geotermometer Temperature Reservoir Suhu *reservoir* panas bumi yang dihitung menggunakan geotermometer silika 114° . Geotermometer silika lebih baik digunakan pada temperatur reservoir yang tidak terlalu tinggi (Aulia, 2014). Suhu yang diperoleh dari geotermometer ini memiliki nilai yang lebih Besar dari suhu permukaan mata air panas daerah Kaongkeongkea. Suhu permukaan mata air panas Kaongkeongkea yang terukur berkisar antara $35,6^{\circ}$. 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 Besar dari suhu permukaan mata air panas, maka geotermometer silika adalah geotermometer yang tepat untuk memperkirakan suhu reservoir panas bumi daerah Kaongkeongkea.

Sifat fisik mata air panas yaitu memiliki warna yang jernih (Jernih), berbau sulfur, tidak memiliki rasa, dengan suhu udara $28,3^{\circ}\text{C}$, dengan nilai TDS 0793 ppm. Memiliki pH 1,59, Debit mata air panas Daerah Kaongkeongkea yaitu 172,8 L/s, kondisi sekitar mata air panas terdapat batu gamping atau batuan sedimen pada daerah sekitarnya dan suhu air $35,6^{\circ}\text{C}$. Berdasarkan nilai suhu air yang diperoleh maka sistem panas bumi berupa manifestasi mata air panas daerah penelitian termasuk dalam kategori mata air panas akibat tektonik aktif dengan penciri daerah mata air panas yaitu *low temperature water* dan pembentukan sistem panasnya merupakan gabungan antara pola struktur geologi dan cekungan sedimen sebagai *basement-nya*.

SIMPULAN

Berdasarkan perhitungan Tipe Air dengan konsentrasi Cl, SO_4 , HCO_3 didapatkan bahwa tipe fluida pada air panas di daerah Kaongkeongkea Kec. Pasar Wajo Kab. Buton, Prov. Sulawesi Tenggara masuk adalah klorida (*mature water*). Dari hasil perhitungan dengan geotermometer silika didapatkan hasil 144° . Dari beberapa jenis perhitungan geotermometer, geotermometer yang baik digunakan untuk memperkirakan suhu reservoir panas bumi Daerah Kaongkeongkea adalah geotermometer silika dikarenakan tidak memenuhi syarat untuk beberapa parameter lainnya.

REFERENSI

- Arnorsson, S. (2000). *Isotopic and chemical techniques in geothermal exploration, development and use*. IAEA.
- Aulia, R. (2014). Aplikasi Geotermometer Silika Untuk Penentuan Suhu Reservoir Panas Bumi. *Jurnal Geosains*, 9(2), 45–53.
- Brophy, J. G. (2011). *Basic concepts in geochemistry of geothermal systems*. Elsevier.
- Fauzi, A., Putra, F., & Hartono, T. (2021). Studi Hidrogeokimia Sumber Air Panas Daerah Jawa Barat. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 22(3), 141–152.
- Fournier, R. O., & Potter, R. W. (1982). A Revised And Expanded Silica Geothermometer. *Geothermal Resources Council Bulletin*, 11(4), 3–12.
- Giggenbach, W. F. (1988). *Geothermal Solute Equilibria: Derivation Of Na–K–Ca–Mg Geoindicators*. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 52(12), 2749–2765.
- Giggenbach, W. F. (1991). *Chemical techniques in geothermal exploration*. In D'Amore, F. (Ed.), *Applications of geochemistry in geothermal reservoir development*. UNITAR/UNDP.
- Giggenbach, W. F. (1997). The Origin And Evolution Of Fluids In Magmatic-Hydrothermal Systems. *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*, 737–796.

- Herman, R. (2000). Geothermal Gradient And Subsurface Temperature Distribution. *Journal of Volcanology Research*, 35(2), 211–220.
- Hochstein, M. P. (2015). *Conceptual models for geothermal systems*. Elsevier.
- Jamaluddin, H., & Umar, L. (2017). Karakteristik Mata Air Panas Akibat Aktivitas Tektonik Di Sulawesi Selatan. *Jurnal Geoteknologi*, 16(2), 87–94.
- Linggasari, S., Mawardi, A., & Rianto, D. J. (2025). Pengaruh Aktivitas Penambangan Batupasir Terhadap Kualitas Air Panas Bumi Di Sungai Progo. *Jurnal Teknologi Pertambangan*, 11(1), 62–68.
- Putri, D., Irawan, A., & Santoso, E. (2022). Karakterisasi Hidrogeokimia Air Panas Di Daerah Kalibeber, Jawa Tengah. *Jurnal Geosains dan Eksplorasi*, 27(1), 51–60.
- Reyes, A. G. (1990). Petrology And Geochemistry Of Philippine Geothermal Systems. *Geological Society of the Philippines Journal*, 44(2), 12–34.
- Saepulloh, D., Sari, F., & Hidayat, M. (2023). Potensi Dan Prospek Pengembangan Energi Panas Bumi Di Kawasan Indonesia Timur. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 10(2), 89–104.
- Umar, L., & Nawir, M. (2018). Pengaruh Batuan Tufa Terhadap Karakter Fisik Mata Air Panas Di Daerah Sulawesi. *Jurnal Geotektonika*, 5(1), 45–52.
- Umar, L., Jamaluddin, H., & Rahman, A. (2020). Analisis Fluida Dan Pemanfaatan Mata Air Panas Daerah Sulili Kabupaten Pinrang. *Jurnal Energi dan Geoteknologi*, 6(2), 97–108.