

## KARAKTERISTIK FLUIDA PANAS BUMI BERDASARKAN ANALISIS GEOKIMIA AIR PANAS DAERAH WAWOLESEA KABUPATEN KONAWA UTARA SULAWESI TENGGARA

Rizky Nurul Aulia\*, Irzal Nur, Asran Ilyas

Departemen Teknik Pertambangan, Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia

\*Corresponding author. Email: [rizkynurulauliaa@gmail.com](mailto:rizkynurulauliaa@gmail.com)

Manuscript received: 17 January 2022; Received in revised form: 30 March 2022; Accepted: 21 April 2022

### Abstrak

Kabupaten Konawe Utara merupakan daerah dengan potensi panas bumi yang menarik untuk diteliti. Manifestasi potensi panas bumi yang teramati tersebut terletak pada Daerah Wawolesea melalui pengambilan dan analisis tiga sampel mata air panas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik fluida panas bumi yaitu tipe dan asal fluida dengan cara melakukan analisis geokimia pada sampel mata air panas di daerah penelitian yang selanjutnya memperlihatkan kandungan unsur dan senyawa kimianya serta konsentrasinya masing-masing. Analisis dalam penelitian adalah *Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectroscopy* (ICP-AES) untuk memperoleh konsentrasi B dan Li, *conductivity meter* untuk mendapatkan konsentrasi Cl, metode *visible spectroscopy* untuk konsentrasi SO<sub>4</sub> dan konsentrasi HCO<sub>3</sub> diukur dengan titrasi asam basa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tipe mata air panas di daerah penelitian termasuk dalam tipe Klorida dengan persentase 81,8156% - 83,3976% dengan nilai pH 6,7-7,4 dan temperatur mata air panas yaitu 50-54°C kemudian diplot kedalam diagram trilinear. Diagram Ternary Cl-Li-B memperlihatkan bahwa sumber asal fluida berada pada reservoir yang memiliki struktur batuan yang sama dan berasal dari sistem hidrotermal lama. Berdasarkan hasil analisis karakteristik fluida yang diperoleh dari penelitian, dapat disimpulkan bahwa mata air panas Daerah Wawolesea merupakan indikator adanya sumber panas bumi dan diperlukan penelitian lanjutan mengenai besar potensi panas bumi tersebut.

**Kata Kunci:** diagram *ternary*; diagram trilinear; Konawe Utara; mata air panas; panas bumi.

### Abstract

North Konawe Regency is an area with interesting geothermal potential to be studied. The observed geothermal potential manifestation is located in the Wawolesea area through the collection and analysis of three hot spring samples. This study aims to determine the characteristics of geothermal fluids, namely the type and origin of the fluid by conducting geochemical analysis on samples of hot springs in the study area which further shows the content of elements and chemical compounds and their respective concentrations. The analysis in this research is *Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectroscopy* (ICP-AES) to obtain B and Li concentrations, *conductivity meter* to obtain Cl concentration, *visible spectroscopy* method for SO<sub>4</sub> concentration and HCO<sub>3</sub> concentration measured by acid-base titration. The results showed that the type of hot springs in the study area was included in the Chloride type with a percentage of 81.8156%-83.3976% with a pH value of 6.7-7.4 and a hot spring temperature of 50-54°C then plotted into trilinear diagram. The Cl-Li-B Ternary diagram shows that the source of the fluid is in a reservoir that has the same rock structure and comes from the old hydrothermal system. Based on the results of the analysis of fluid characteristics obtained from the research, it can be concluded that the hot springs of the Wawolesea Region are an indicator of the

presence of geothermal sources and further research is needed on the magnitude of the geothermal potential.

**Keywords:** geothermal; hot springs; North Konawe; ternary diagram; trilinear diagram.

## Pendahuluan

Panas bumi merupakan sumber daya panas alami yang berasal dari interaksi antara panas yang telah dipancarkan oleh batuan panas dengan air. Hasil dari interaksi tersebut terperangkap di dalam satu tempat yang disebut dengan reservoir panas bumi (Armstead, 1983; Fajrin and Putra, 2021). Secara konduksi perpindahan panas terjadi melalui batuan sedangkan perpindahan panas secara konveksi terjadi karena adanya interaksi antara air dengan suatu sumber panas.

Energi yang dihasilkan dari panas bumi merupakan energi yang bersih dari polusi dan berkesinambungan atau dapat diperbarui (*renewable energy*). Sumber daya dari energi panas bumi dapat ditemukan pada air dan batuan panas yang berada di dekat permukaan bumi sampai dengan beberapa kilometer di bawah permukaan bahkan jauh lebih kedalam bumi sampai pada sumber panas yang ekstrim dari batuan yang mencair (magma). Energi panas bumi yang muncul di permukaan tersebut berbentuk manifestasi panas bumi berupa tanah hangat, tanah beruap, mata air panas atau hangat, kolam air panas, danau air panas, fumarol, geysir, kolam lumpur panas, silika senter dan batuan alterasi (Saptadji, 2009).

Jumlah dari keseluruhan total potensi sumber daya panas bumi global 40% berada di Indonesia. Sumber panas bumi yang tersimpan di Indonesia terbagi dalam dua kelompok bagian. Pertama adalah sumber panas bumi yang berada dalam jalur vulkanik. Pulau Sumatera, Jawa, Bali, NTB, NTT, Sulawesi Utara hingga Maluku Utara merupakan sumber panas bumi yang berada dalam jalur ini. Kedua adalah sumber panas bumi non-vulkanik yang

tidak berada pada jalur vulkanik itu sendiri. Adapun pulau-pulau yang termasuk dalam jalur ini adalah Bangka Belitung, Kalimantan Barat, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Tengah, Maluku dan Papua (Direktorat Panas Bumi, 2017).

Eksplorasi pendahuluan merupakan tahapan awal dalam penentuan potensi panas bumi. Beberapa kegiatan yang termasuk dalam eksplorasi pendahuluan yaitu survei lapangan secara geologi, hidrologi, geofisika dan geokimia. Metode geokimia dilakukan untuk menentukan karakteristik fluida panas bumi berupa asal usul, pendidihan, pengenceran fluida serta estimasi temperatur fluida reservoir panas bumi (Saptadji, 2009; Fajrin and Putra, 2021). Penentuan potensi sumber panas bumi memerlukan karakteristik fluida reservoir panas bumi sebagai salah satu indikator. Penentuan karakteristik fluida tersebut dapat ditentukan dengan diagram trilinear ( $\text{Cl-SO}_4\text{-HCO}_3$ ) klorida-sulfat-bikarbonat berdasarkan dari anion utama yaitu  $\text{Cl}$ ,  $\text{SO}_4$  dan  $\text{HCO}_3$  dengan menganalisis sifat-sifat dasar unsur pada fluida panas bumi (Fajrin and Putra, 2021). Sedangkan untuk penentuan kesetimbangan fluida panas bumi dapat ditentukan dengan diagram *ternary* ( $\text{Na-K-Mg}$ ) natrium-kalium-magnesium dari masing-masing persentase  $\text{Na}/1000\text{-K}/100\text{-Mg}^{1/2}$ . Asal usul, pendidihan dan pengenceran fluida panas bumi dapat ditentukan dengan diagram segitiga klorida-litium-boron ( $\text{Cl-Li-B}$ ) dengan konsentrasi  $\text{Cl}/100$ ,  $\text{Li}$  dan  $\text{B}/4$  dalam satuan persen (Giggenbach, 1991; Fajrin and Putra, 2021).

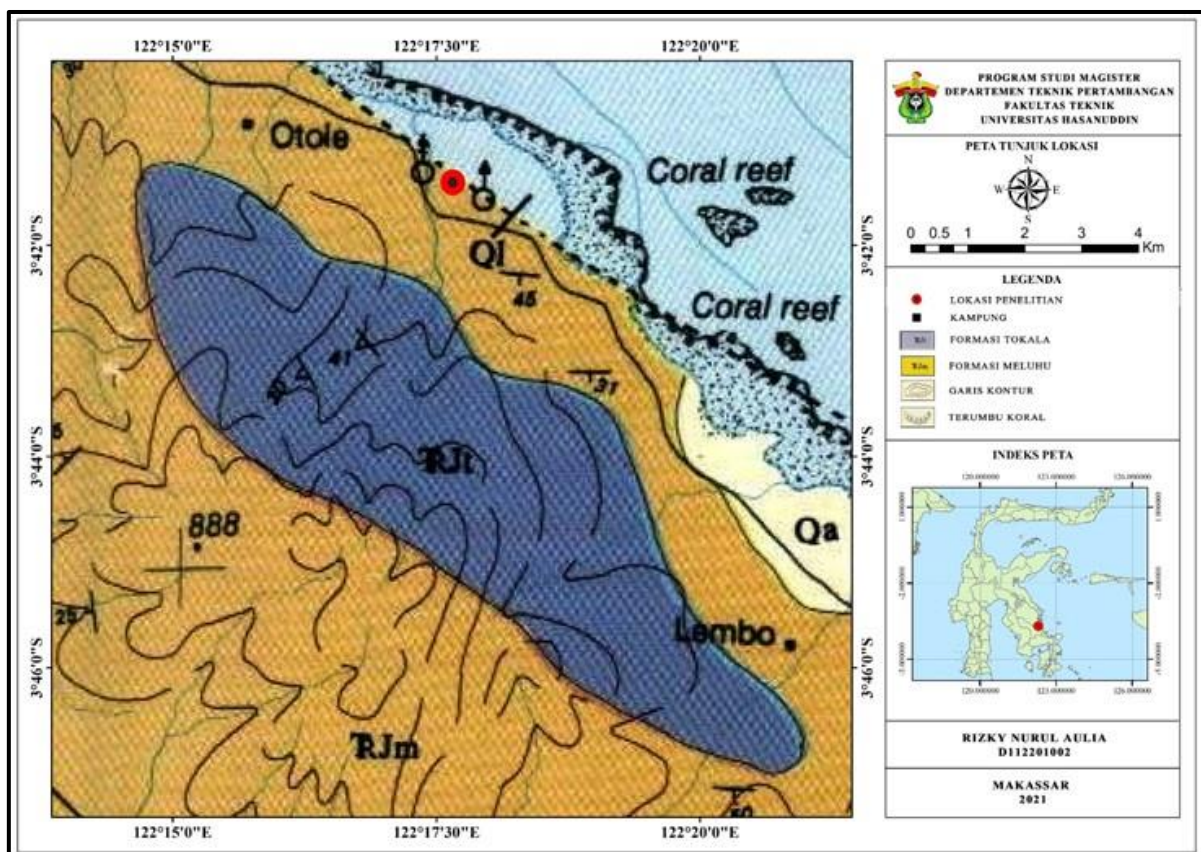
Daerah Wawolesea dipilih sebagai daerah penelitian karena terdapat manifestasi panas bumi di permukaan berupa mata air

panas dan merupakan salah satu indikasi daerah yang mempunyai potensi panas bumi. penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik fluida panas bumi yaitu tipe fluida dan asal fluida pada Daerah Wawolesea.

### Geologi Regional

Daerah penelitian terletak di Kabupaten Konawe Utara, Kecamatan Lasolo, Daerah Wawolesea. Berdasarkan Peta Geologi Lembar Lasusua-Kendari dibedakan dalam dua lajur, yaitu Lajur Tinodo dan Lajur Hialu (Gambar 1). Lajur Tinodo dicirikan oleh batuan endapan paparan benua dan Lajur Hailu oleh endapan kerak samudera

atau ofiolit (Rusmana et al., 1993). Secara garis besar kedua mandala ini dibatasi oleh Sesar Lasoso. Formasi Meluhu (TRJm) dan formasi Tokala (TRJt) merupakan formasi yang berada di daerah penelitian. Litologi batuan yang banyak ditemukan di sekitar daerah penelitian adalah batugamping dan merupakan salah satu jenis batuan penciri dari kedua formasi tersebut. Daerah penelitian merupakan salah satu kawasan daerah yang masih mendapat pengaruh sesar diantaranya Sesar Lasoso (Surono, 2013). Sesar Lasolo masih aktif bahkan hingga saat ini serta sesar tersebut diduga berkaitan dengan Sesar Sorong yang aktif kembali pada kala oligosen (Putra, 2019).



Gambar 1. Peta geologi regional daerah penelitian.

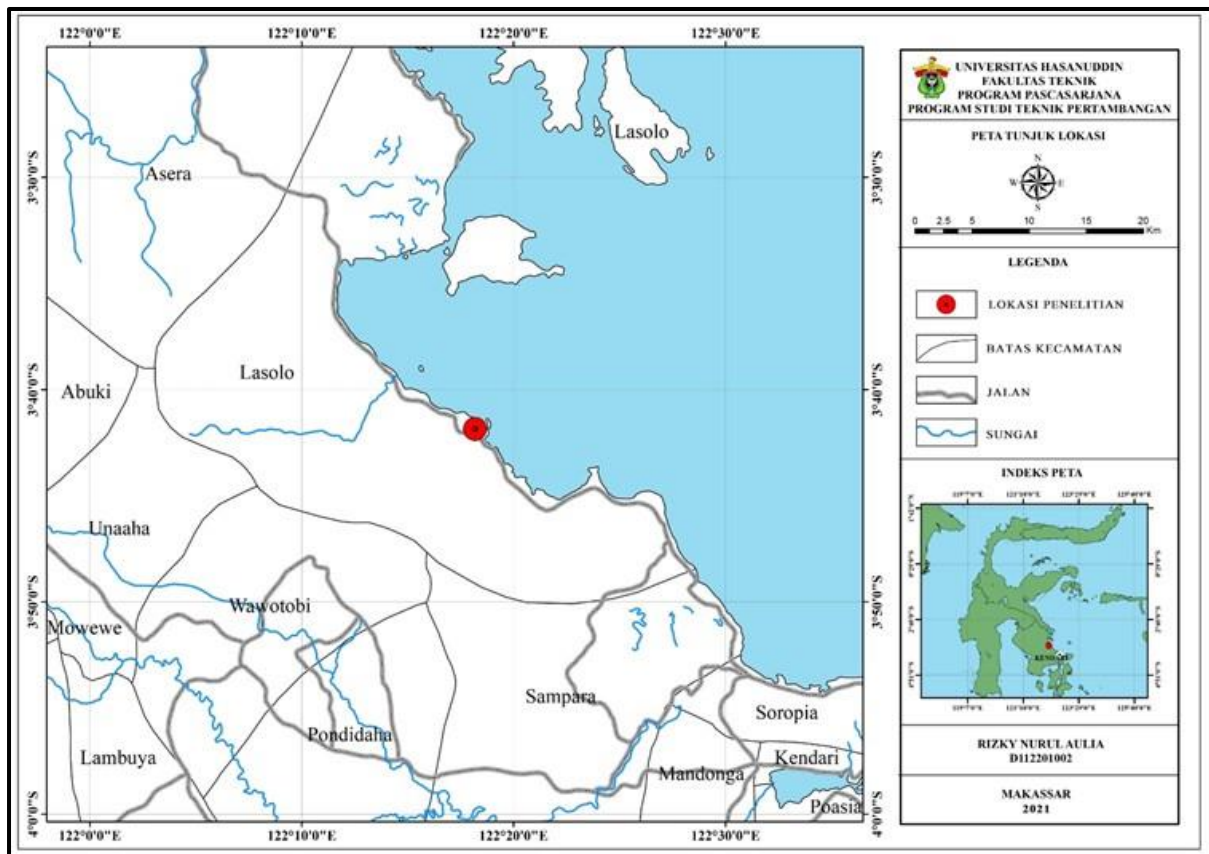
### Metodologi Penelitian

Lokasi penelitian secara administratif terletak di Daerah Wawolesea, Kecamatan Lasolo, Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara (Gambar 2). Kabupaten Konawe Utara terletak pada 2°97'-3°86' Lintang Selatan dan 121°49'-112°49' Bujur Timur.

Lokasi pengambilan sampel mata air panas berada di Permandian Air Panas Wawolesea. Adapun jumlah sampel yang diambil adalah sebanyak tiga sampel yang diberi kode ST.NR 01, ST.NR 02 dan ST.NR 03. Analisis sampel dilakukan dengan dua metode yaitu pengamatan langsung di lapangan dan analisis laboratorium.

Kegiatan yang dilakukan pada pengamatan lapangan yaitu pengukuran sifat fisik air panas. Pengukuran tingkat keasaman dan temperatur diukur dengan menggunakan pH meter dan termometer. Sampel air panas diambil sebanyak 500ml. Setelah dilakukan pengambilan data di lokasi penelitian, sampel air panas dibawa ke laboratorium dengan menggunakan botol sampel dan dilakukan analisis geokimia untuk menentukan unsur yang terkandung dalam mata air panas tersebut. Alat-alat yang digunakan dalam metode ini yaitu *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) untuk mengetahui konsentrasi Na, K dan Mg (Fajrin and Putra, 2021).

Tahap selanjutnya yaitu pengukuran sampel secara spektrofotometri dengan alat *Visible Spectroscopy* dan *Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectroscopy* (ICP-AES). Pengukuran *Visible Spectroscopy* untuk mengetahui konsentrasi SiO<sub>2</sub>, pengukuran *Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectroscopy* untuk mengukur konsentrasi Li, B dan Ca serta pengkran secara titrasi dilakukan untuk mengetahui konsentrasi Cl (Utami and Putra, 2018; Fajrin and Putra, 2021).



Gambar 2. Peta Peta lokasi penelitian.

## Hasil dan Pembahasan

### Data Sampel Air Panas

Hasil pengukuran dan pengambilan data di lapangan berikut sifat fisik mata air panas daerah penelitian meliputi warna, bau, rasa, suhu air dan udara serta pH (Tabel 1).

Pengukuran DHL dan TDS dilakukan di laboratorium.

### Tipe Fluida Panas Bumi

Penentuan fluida panas bumi membutuhkan data kimia. Adapun data kimia yang digunakan adalah kandungan relatif dari klorida (Cl), sulfat (SO<sub>4</sub>) dan karbonat (HCO<sub>3</sub>) yang sebelumnya telah dihitung

persentasenya. Diagram trilinear yang menunjukkan klasifikasi air berdasarkan komposisi anion utamanya yaitu  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  dan  $\text{HCO}_3^-$  maupun kation utama yaitu Na+K, Ca dan Mg (Vespasiano et al., 2014)

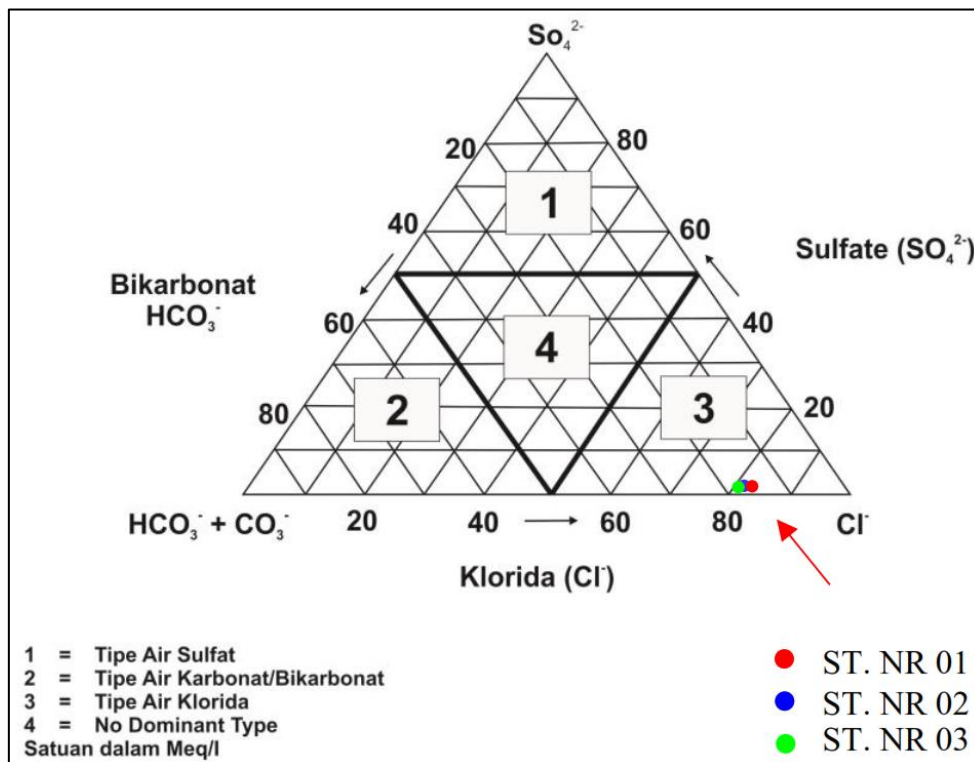
Ketiga stasiun mata air panas yaitu ST.NR 01, ST.NR 02 dan ST.NR 03 memiliki kandungan ion klorida ( $\text{Cl}^-$ ) yang lebih dominan dibandingkan konsentrasi  $\text{SO}_4$  dan  $\text{HCO}_3$  (Tabel 2).

**Tabel 1.** Data sifat fisik mata air panas.

Parameter	Kode Sampel		
	ST.NR 01	ST.NR 02	ST.NR 03
pH	6,7	7,4	6,7
Suhu air ( $^{\circ}\text{C}$ )	54	50	53
Suhu udara ( $^{\circ}\text{C}$ )	28	28	28
TDS (mg/L)	24080	24320	24360
DHL ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	28670	29170	29230

**Tabel 2.** Persentase konsentrasi  $\text{Cl-SO}_4\text{-HCO}_3$ .

Kode Sampel	Konsentrasi (ppm)			Persentase (%)		
	Cl	$\text{SO}_4$	$\text{HCO}_3$	Cl	$\text{SO}_4$	$\text{HCO}_3$
ST. NR 01	10336	2240	689	83,3976	13,3670	3,2353
ST. NR 02	10615	2600	720	81,9257	15,3887	3,2338
ST. NR 03	10615	2640	699	81,8156	15,0489	3,1353



**Gambar 3.** Penentuan tipe mata air panas di daerah penelitian dengan diagram trilinear yang didasarkan pada kandungan ion klorida, sulfat, dan bikarbonat (panah merah).

Berdasarkan hasil persentase dari ion klorida, sulfat dan bikarbonat dari ketiga sampel mata air panas tersebut dimasukkan kedalam diagram trilinear (Giggenbach, 1991) yang ditunjukkan pada Gambar 3.

Gambar 3 memperlihatkan bahwa tipe dari ketiga mata air panas daerah penelitian

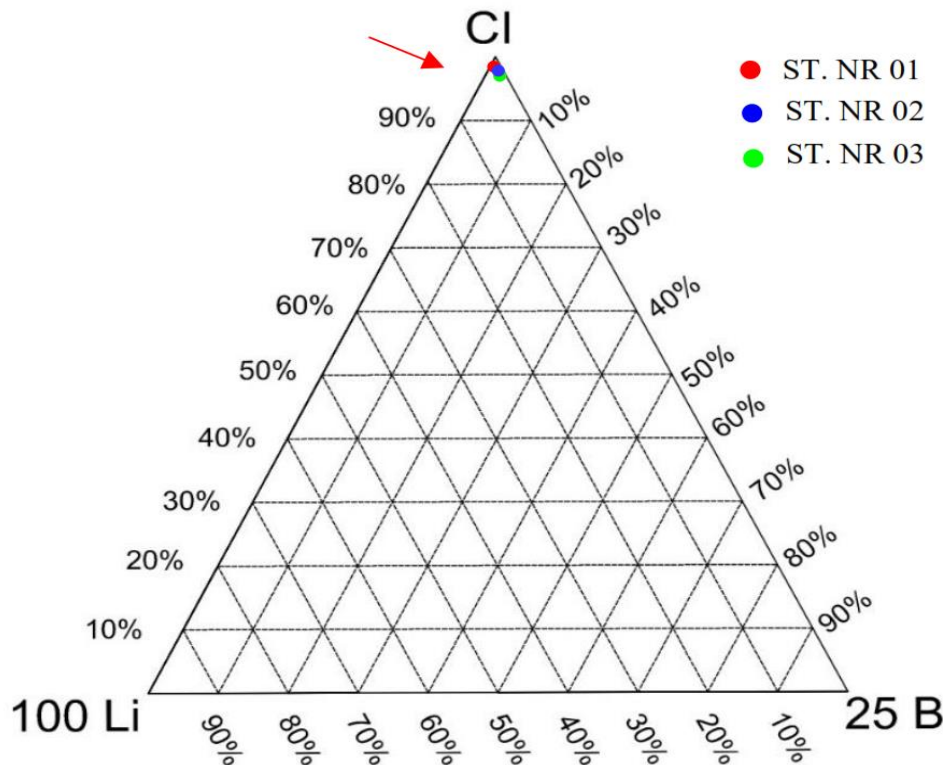
adalah klorida (*mature water*). Hal ini menunjukkan fluida panas bumi berasal langsung dari reservoir. Rasio  $\text{B}/\text{Cl}=0$  (Tabel 3) menandakan seluruh manifestasi panas bumi yang bersumber dari air reservoir telah mengalami pencampuran dengan air di dalam perjalanannya menuju ke permukaan bumi. Sumber panas (*heat*

source) tersebut tidak berkaitan langsung dengan aktivitas vulkanik, tetapi diduga sumber panas berasal dari suatu tubuh

batuan beku yang dalam dan masih menyimpan panas (Anshori and Wardhani, 2015).

**Tabel 3.** Persentase Unsur Cl-Li-B.

Kode Sampel	Konsentrasi (ppm)			Persentase (%)		
	Cl	Li	B	Cl	Li	B
ST. NR 01	10336	0,01	0,42	99,8888	0,0096	0,1014
ST. NR 02	10615	0,01	0,44	99,8870	0,0094	0,1035
ST. NR 03	10615	0,01	0,45	99,8847	0,0094	0,1058



**Gambar 4.** Hasil analisis laboratorium berupa kandungan Cl-Li-B pada Diagram Ternary untuk penentuan asal usul fluida panas bumi (panah merah).

Terlihat pada Tabel 3 bahwa kandungan litium dari ketiga sampel mata air panas pada Daerah Wawolesea sangat kecil. Hal ini menunjukkan mata air panas berada jauh dari sumber panas bumi. Unsur Li merupakan unsur yang mudah diserap oleh mineral seperti klorit, lempung dan kuarsa. Akibat bereaksi dengan batuan sampling yang dilaluinya saat fluida bergerak ke permukaan sehingga konsentrasi Li sebelum sampai di permukaan telah mengalami banyak pengurangan (Fajrin and Putra, 2021). Dalam perjalanannya menuju ke permukaan mengalami sedikit pengenceran atau penurunan konsentrasi zat terlarut gas dan oleh batuan yang dilewati aliran air panas. Jika semakin jauh

jarak perpindahan fluida ke permukaan, hal ini menandakan konsentrasi Li juga akan semakin berkurang (Nicholson, 1993).

Evolusi maturasi fluida atau *rock dissolution* dapat diperkirakan melalui komposisi Li, B dan Cl. Pada diagram tersebut, keseluruhan sampel terletak mendekati sudut Cl dan jauh dari *plot* pelarutan batuan di sudut Li. Hal ini menandakan bahwa seluruh fluida memiliki kesamaan proses evolusi, bukan sekedar pelarutan batuan saja melainkan juga adanya penambahan Cl melalui absorpsi uap dengan rasio B/Cl yang rendah (Prasetyo et al., 2018).

Unsur boron dalam ketiga sampel mata air panas memiliki kandungan dengan konsentrasi relatif kecil, terlihat pada Gambar 4. Hal ini menunjukkan bahwa fluida panas bumi telah sedikit mengalami pengenceran oleh batuan di sekitar aliran fluida tersebut. Unsur boron merupakan unsur yang sukar bereaksi sehingga hanya sedikit asosiasi antara fluida panas bumi dengan batuan sedimen yang kaya akan zat organik (Nicholson, 1993; Fajrin and Putra, 2021). Melihat melimpahnya kandungan unsur Cl dibandingkan dengan Li dan B mengindikasikan bahwa ketiga mata air panas berada pada zona *outflow* serta keberadaan mata air panas pada daerah penelitian yang relatif dekat dengan pantai. Sehingga dapat diinterpretasikan bahwa mata air panas tersebut berasal dari suatu sistem panas bumi non-vulkanik (Toisuta et al., 2021).

### Kesimpulan

Ketiga mata air panas di Daerah Wawolesea merupakan tipe klorida (*mature water*) sesuai dengan diagram trilinear yang menandakan sumber air berasal dari reservoir. Kandungan Cl yang tinggi pada ketiga mata air panas diinterpretasikan telah terkontaminasi oleh air laut saat bergerak ke permukaan, mengingat lokasi daerah penelitian berada di dekat pantai. Hasil dari diagram Cl-Li-B menunjukkan fluida bersumber dari sumber panas bumi yang berada jauh dari permukaan. Akan tetapi fluida mengalami sedikit reaksi dengan batuan di sekitar aliran fluida. Berdasarkan hasil analisis karakteristik fluida mata air panas, Daerah Wawolesea merupakan manifestasi adanya sumber panas bumi dan diperlukan penelitian lanjutan tentang besar potensi panas bumi pada daerah penelitian.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang terkait dan telah membantu penelitian ini. Terima kasih pula kepada dosen

pengajar Magister Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin serta seluruh rekan-rekan mahasiswa Pascasarjana yang telah membantu dalam penelitian.

### Daftar Pustaka

- Ansori, C. and Wardhani, F.A. 2015. *Penentuan Tipe Fluida, Geotermometer Reservoir dan Hilang Panas Alamiah Berdasarkan Analisis Data Geokimia Panas Bumi Di Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah*. Buletin Sumber Daya Geologi. 10(3), pp. 64-77. <https://doi.org/10.47599/bsdg.v10i3.148>
- Armstead, H.C.H. 1983. *Geothermal Energy: Its Past, Present and Future Contribution to the Energy Needs of Man*. London; New York: E. and F.N. Spon.
- Direktorat Panas Bumi, Kementerian Energi, Ditjen EBTKE dan Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi Indonesia. 2017. *Potensi Panas Bumi Indonesia Jilid 2*. Jakarta: Direktorat Panas Bumi, Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral, Badan Geologi. <http://distamben.kalbarprov.go.id/wp-content/uploads/2017/11/Buku-Potensi-Panas-Bumi-Indonesia-2017-Jilid-2.pdf>
- Fajrin, M. and Putra, A. 2021. *Karakteristik Fluida Mata Air Panas di Kabupaten Tanah Datar*. Jurnal Fisika Unand. 10(2), pp.212-218. <https://doi.org/10.25077/jfu.10.2.212-218.2021>
- Giggenbach, W.F. 1991. *Chemical Techniques in Geothermal Exploration* (in D'Amore, F. Applications of geochemistry in geothermal reservoir development). Rome:

- UNITAR/UNDP publication, pp.119-142
- Nicholson, K. 1993. *Geothermal Fluids*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Prasetio, R., Laksmingpuri, N., dan Satrio. 2018. *Karakteristik Kimia dan Isotop Fluida Panas Bumi Daerah Gunung Tampomas, Jawa Barat*. Riset Geologi dan Pertambangan. 28(1), pp. 1-11. <http://dx.doi.org/10.14203/risetgeotam2018.v28.508>
- Putra, J.D. 2019. *Pengaruh Kontrol Geologi Terhadap Sebaran Intrusi Air Laut. Studi Kasus : di Kecamatan Wawolesea Kabupaten Konawe Utara*. Bachelor thesis, Universitas Halu Oleo.
- Saptadji, N.M. 2009. *Teknik Panas Bumi*. Bandung: Departemen Teknik Perminyakan Fakultas Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral Institut Teknologi Bandung.
- Rusmana, E., Sukido, D., Sukarna, E., Haryono. and Simandjuntak, T.O. 1993. *Peta Geologi Lembar Lasusua-Kendari, Sulawesi, skala 1:250.000*. Bandung: Puslitbang Geologi.
- Surono, 2013. *Geologi Lengan Tenggara Sulawesi*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Badan Geologi.
- Toisuta, Y.M.K, Haryanto, A.D., Hutabarat, J., and Gentana, D. 2021. *Pendugaan Temperatur Bawah Permukaan Pada Manifestasi Panas Bumi Berdasarkan Analisis Geokimia Air Panas Daerah Kecamatan Tehoru, Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi Maluku*. Padjadjaran Geoscience Journal. 5(3), pp. 268-279. <http://jurnal.unpad.ac.id/geoscience/article/view/35231/16108>
- Utami, Z.D. and Putra, A. 2018. *Penentuan Karakteristik Fluida dan Estimasi Temperatur Reservoir Panas Bumi di Sekitar Gunung Talang*. Jurnal Fisika Unand. 7(2), pp.130-137. <https://doi.org/10.25077/jfu.7.2.130-137.2018>
- Vespasiano, G., Apollaro, C., Muto, F., Dotsika, E., De Rosa, R. And Marini, L. 2014. *Chemical and Isotopic Characteristics of The Warm and Cold Waters of The Luigiane Spa Near Guardia Piemontese (Calabria, Italy) in A Complex Faulted Geological Framework*. Applied Geochemistry. 41, pp.73–88. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2013.11.014>