

## Karakteristik fluida reservoir mata air panas Daerah Buranga Kecamatan Bonegunu Kabupaten Buton Utara Provinsi Sulawesi Tenggara

Istihsan Kamil<sup>1\*</sup>, Ali Okto<sup>1</sup>, Muliddin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Geologi, Universitas Halu Oleo, Kendari

\*Email korespondensi : [Istihskamil930@gmail.com](mailto:Istihskamil930@gmail.com)

Telp : +62 823-2479-5509

### SARI

Penelitian ini terletak di daerah Buranga, Kecamatan Bonegunu, Kabupaten Buton Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara dengan letak geografis menempati wilayah dalam koordinat 4°47'30" – 4°49'48" LS dan 122°56'40"-123°10'0" BT. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan tipe fluida dan temperatur reservoir dari mata air panas. Metode dalam penelitian ini adalah geotermometer larutan yang digunakan untuk mengetahui karakteristik fluida panas bumi, diantaranya adalah tipe fluida, suhu reservoir dan kesetimbangan fluida panas bumi daerah Buranga Kecamatan Bonegunu Kabupaten Buton Utara Provinsi Sulawesi Tenggara. Terdapat tiga titik mata air panas di daerah penelitian dengan karakteristik yang hampir sama, yaitu memiliki suhu permukaan rata-rata 40°C dan pH netral (7,3 – 7,5). Dari hasil analisis geokimia air dengan menggunakan perhitungan geotermometer dan pengeplotan diagram terner dapat diketahui tipe fluida mata air panas daerah penelitian merupakan tipe bikarbonat. Karakteristik fluida berada pada zona *immature water* yang mencirikan bahwa fluida mengalami pencampuran dengan air permukaan sehingga kurang baik digunakan untuk penentuan suhu reservoir daerah penelitian.

**Kata Kunci** : Buranga, Panasbumi, mata air panas, geotermometer, Air bikarbonat

### ABSTRACT

*This study is located in the Buranga region, Bonegunu Sub-District, North Buton District, Southeast Sulawesi Province, with the geographical location in the coordinates of 4°47'30"- 4°49'48" LS and 122°56'40"- 123°10'0"BT. This study aims to determine the type of fluid and reservoir temperature of a hot spring. The method in this study is a solute geothermometer used to determine the characteristics of geothermal fluids, including the type of fluid, reservoir temperature and geothermal fluid equilibrium in the area of Buranga, Bonegunu District, North Buton Regency, Southeast Sulawesi Province. There are three hot spring points in the study area with similar characteristics, which have an average surface temperature of 40°C and a neutral pH (7.3 - 7.5). From the results of water geochemical analysis using geothermometer calculations and ternary diagram plotting, it can be seen that the type of hot spring fluid in the study area is bicarbonate type. Fluid characteristics are in the immature water zone which characterizes that the fluid is mixing with surface water so that it is not well used for determining the reservoir temperature of the study area.*

**Keywords**: Buranga, Geothermal, Hot Springs, Geothermometer, Bicarbonate Water

## 1 Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Pulau Sulawesi merupakan salah satu Pulau di Indonesia yang berada pada jalur cincin api (*ring of fire*), terletak pada pertemuan tiga lempeng yaitu Lempeng Eurasia, Australia dan Pasifik sehingga memiliki banyak potensi yang dihasilkan salah satunya adalah potensi panas bumi. Akibat adanya proses dari tumbukan lempeng mengakibatkan banyaknya proses tektonisme yang berpotensi sebagai daerah pengembangan panasbumi. Dengan adanya potensi energi panasbumi yang dimiliki tersebut, penyelidikan potensi panasbumi yang muncul di berbagai wilayah sangat penting untuk mendapatkan gambaran kuantitatif dan kualitatif potensi energi panasbumi.

Potensi panasbumi yang berada di Sulawesi khususnya Sulawesi bagian tenggara pada umumnya berasosiasi dengan lingkungan non-vulkanik dan tersebar dari daratan Sulawesi bagian tenggara hingga Pulau Buton serta muncul di lingkungan batuan sedimen dan metamorf. Manifestasi yang muncul disebabkan oleh rekahan dan terbentuk karena adanya struktur geologi yang memungkinkan fluida panas naik kepermukaan melalui rekahan-rekahan tersebut.

Karakteristik dan sifat panas bumi di setiap daerah berbeda-beda, tergantung dari kondisi geologi dan sistem panas bumi yang bekerja. Analisis geokimia fluida dengan metode *geothermometer* berperan dalam interpretasi karakteristik panasbumi. Hasil dari analisis geokimia dapat memperkirakan tipe air, dan suhu reservoir dari sistem panas bumi yang bekerja pada suatu daerah.

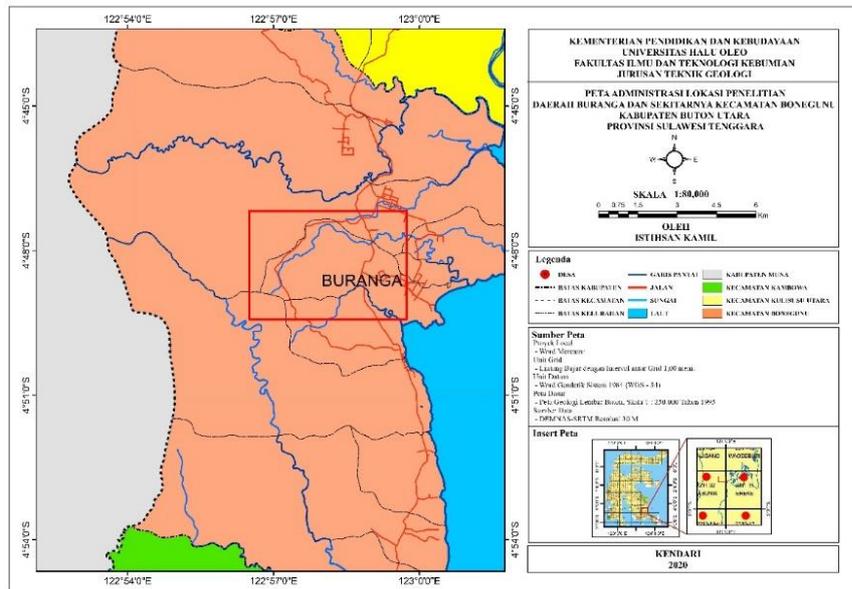
Penelitian panasbumi berada di daerah Buranga, Kecamatan Bonegunu, Kabupaten Buton Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. Berdasarkan peta geologi lembar Buton, daerah penelitian terletak pada jalur sesar yang mengindikasikan adanya sumber panas bumi. Daerah tersebut menunjukkan karakteristik panasbumi berupa manifestasi yaitu mataair panas. Penelitian ini dilakukan di Daerah Buranga, Kecamatan Bonegunu, Kabupaten Buton Utara, Propinsi Sulawesi Tenggara, berada pada koordinat  $4^{\circ}47'30'' - 4^{\circ}49'48''$ LS,  $122^{\circ}56'40'' - 123^{\circ}10'0''$ BT, dengan batas-batas geografis, yaitu sebelah barat berbatasan dengan kabupaten Muna, sebelah utara barat-laut dengan kecamatan Kulisusu Utara, sebelah utara timur-laut dengan kecamatan Kulisusu dan sebelah selatan berbatasan dengan kecamatan Kambowa (**Gambar 1**).

### 1.2 Fluida Geotermal

Salah satu petunjuk adanya sumber daya panas bumi di bawah permukaan adalah adanya mata air panas. Mata air terbentuk karena adanya aliran panas atau hangat dari bawah permukaan melalui rekahan-rekahan batuan (Fitrianty, 2012). Sifat air permukaan seringkali digunakan untuk memperkirakan reservoir di bawah permukaan (Fitrianty, 2012). Mata air panas yang bersifat asam biasanya merupakan manifestasi permukaan dari suatu sistem panas bumi yang didominasi uap. Mata air panas yang bersifat netral biasanya merupakan manifestasi permukaan dari panas bumi yang didominasi air dan umumnya penuh dengan silika.

Apabila laju aliran panas tidak terlalu besar umumnya di sekitar mata air panas tersebut terbentuk teras-teras silika yang berwarna keperakan (*silica sinter terraces* atau *sinter platform*). Komposisi kimia unsur-unsur yang terlarut dalam airtanah dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu major element dan minor elemen (Nicholson, 1993). Kelompok major elemen terdiri dari kation  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{+}$ , dan  $\text{K}^{+}$  serta anion  $\text{HCO}_3^{-}$ ,  $\text{CO}_3^{-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^{-}$  dan  $\text{NO}_3^{-}$ , sementara

kelompok minor elemen umumnya terdiri dari Fe, Al, Cu, Hg, PO<sub>4</sub>, dan NO<sub>2</sub>. Air panas memiliki beberapa sifat kimia seperti tipe air panas dan *geothermometer* larutan (Marten, 2011).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

### Tipe fluida

Tipe fluida ditemukan pada kedalaman di tempat panas bumi dengan temperatur tinggi pada pH asam-netral dan klorida sebagai anion yang dominan. Tipe dari fluida dapat ditentukan berdasarkan kandungan unsur kimia yang paling dominan dijumpai di dalam air panas tersebut serta proses-proses fisika yang terjadi. **Klorida**, Tipe air panas ini disebut juga alkali-klorida, yaitu tipe pada air fluida pada sistem dengan temperatur tinggi. Daerah yang mengandung panas, sumber panas dan konsentrasi klorida yang besar dari reservoir yang dalam serta pada zona yang permeabel. Klorida merupakan anion yang paling dominan. Unsur lain yang terkandung di dalamnya adalah sodium dan potassium (dalam rasio 10:1), sebagai kation utama dengan konsentrasi silika (konsentrasi lebih tinggi pada kenaikan temperatur di kedalaman), boron dan konsentrasi sulfat dan bikarbonat bervariasi. Kandungan gas yang terkandung adalah hidrogen sulfida, dengan pH relatif netral yang berkisar antar pH 5- 9. **Sulfat**, Tipe air ini disebut juga acid-sulfat water, yaitu terbentuk akibat kondensasi gas-gas *geothermal* dekat permukaan. Gas bersamaan dengan uap air dan unsur volatile lainnya terbentuk dalam fluida secara terpisah dengan tipe air klorida melalui proses pemanasan. Meskipun selalu dijumpai di permukaan (<100 meter). Air sulfat dapat terpenetrasi lebih akibat sesar memasuki sistem panas bumi, kemudian dipanaskan mengakibatkan alterasi pada batuan dan bercampur dengan fluida fluorid. Tipe ini sering dijumpai pada air yang keruh atau berlumpur. Karena terpisah dari tipe fluida lainnya maka air dipanaskan pada water table. Sulfat merupakan anion utama yang terbentuk akibat oksidasi dari hydrogen sulfide, menghasilkan pH sekitar 2,8. **Bikarbonat**, Tipe air ini merupakan tipe kaya fluida CO<sub>2</sub> rich fluida atau disebut juga netral *bicarbonate water* yang dihasilkan oleh kondensasi uap air dan gas. Tipe ini merupakan non vulkanogenik dan sistem temperatur tinggi dengan pH mendekati netral akibat reaksi dengan batuan sekitarnya. Fluida yang mempunyai

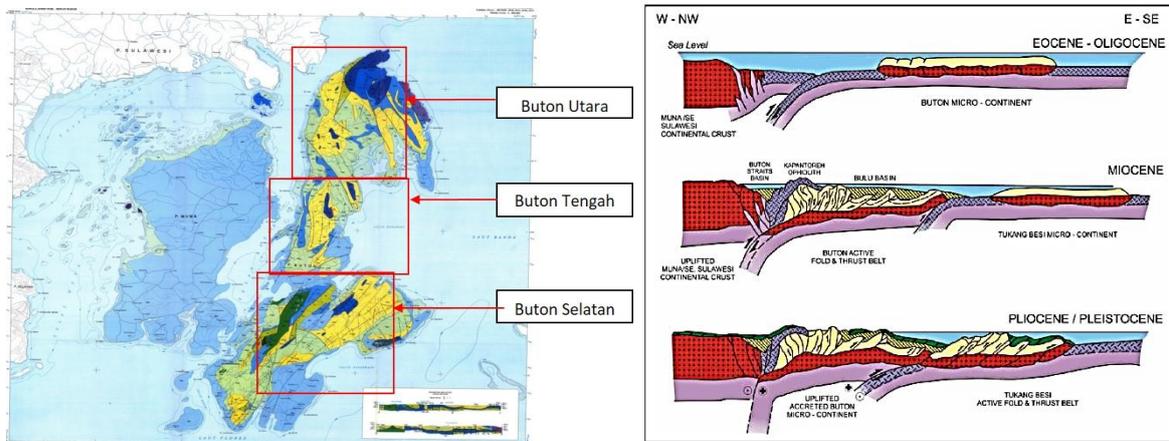
kandung  $\text{HCO}_3$  yang relatif tinggi dari pada  $\text{SO}_4$  dan mempunyai pH mendekati normal (sekitar 6-8). Sangat dipengaruhi oleh air permukaan dan air bikarbonat terlarut. Pada umumnya terdapat pada ketinggian yang lebih rendah dibandingkan dengan tipe  $\text{SO}_4$  (Fitrianty, 2012). **Dilute Klorid-Bikarbonat**, Tipe ini terbentuk akibat dilusi dari florida klorida oleh air tanah atau air bikarbonat mengikuti aliran, biasanya dijumpai pada *major upflow zone* atau pada sistem panas bumi bertemperatur tinggi. Klorida merupakan anion yang dominan dan bikarbonat dalam jumlah tertentu serta pH air 6–8.

### Geothermometer larutan

*Geothermometer* merupakan bentuk persamaan yang digunakan untuk memperkirakan suhu di bawah permukaan bumi (reservoir) berdasarkan konsep ketergantungan kesetimbangan kimia terhadap temperatur. Hal ini penting untuk mengevaluasi sistem panas bumi yang baru dan mengamati sistem hidrologinya (Aribowo, 2012). Lapangan panasbumi di setiap tempat mempunyai kondisi yang berbeda-beda dan sangat beraneka ragam. Keanekaragaman tersebut terjadi pula pada komposisi kimia dalam fluida yang mengalir dari reservoir ke permukaan. Komposisi kimia tersebut seringkali dapat digunakan untuk memperkirakan suhu reservoir. Prinsip *geothermometer* didasarkan pada perilaku kimiawi unsur terlarut dalam fluida panasbumi. Fournier dan kawannya menggunakan anggapan dasar untuk memperkirakan suhu reservoir, yaitu: reaksi-reaksi unsur kimia pokok yang terjadi di dalam reservoir tergantung suhu, adanya tambahan unsur-unsur kimia yang memadai atau tersedianya unsur-unsur kimia di dalam reservoir yang digunakan sebagai *geothermometer*, kesetimbangan kimia antara air dan batuan terjadi pada suhu reservoir, tidak ada evolusi atau tidak terjadi percampuran dengan air yang berbeda selama air mengalir ke permukaan, dan tidak terjadi kesetimbangan baru selama air mengalir dari reservoir ke permukaan (Sismanto dan Andayany, 2012). Sehingga dapat dikatakan bahwa *geothermometer* larutan sangat tergantung pada kecepatan reaksi harus cukup cepat dalam membentuk suatu sistem kesetimbangan, untuk memastikan komposisi reservoir tertahan oleh air serta kecepatannya tidak boleh membentuk sistem kesetimbangan baru pada saat fluida bergerak ke permukaan (Nainggolan, 2013).

## 2 Geologi Regional

Pulau Buton dibagi menjadi tiga Provinsi geomorfik yaitu Buton Utara, Buton Tengah, dan Buton Selatan. Provinsi Buton Utara didominasi oleh cincin pegunungan yang berbentuk tapal kuda dengan arah umum pegunungan yaitu Baratlaut-Tenggara memiliki relief rendah dan terumbu karang yang terangkat (**Gambar 2**). Provinsi Buton Tengah didominasi oleh jajaran pegunungan yang luas berarah Utara dan disepanjang pantai Barat terdiri dari topografi dengan relief rendah berarah Timur Laut. Provinsi Buton Selatan terdiri dari lembah dan punggung bukit berarah Timur-Laut, teras terumbu yang terangkat, dan topografi karst berupa perbukitan gamping (Smith, 1989 dalam Davidson, 1991).



**Gambar 2.** Peta Geologi Lembar Buton skala 1:250.000 (Sikumbang, 1995) dan model rekonstruksi Tektonik Lempeng di Pulau Buton (Nolan, 1989 dalam Davidson, 1991)

Buton dianggap sebagai suatu pecahan kecil dari benua Australia-New Guinea sama halnya dengan busur kepulauan Banda lainnya. Anggapan ini diperoleh dari adanya kesamaan pada kandungan fosil yang berumur Mesozoikum, stratigrafi sebelum terjadi pemisahan, dan waktu pemisahan dengan busur kepulauan Banda lainnya. Sejarah tektonik dan stratigrafi dari kebanyakan Pulau di busur Banda dicirikan oleh beberapa kejadian yang sama. Ini termasuk peristiwa *pre-rift* dengan pengendapan sedimen kontinen pada *half graben*, peristiwa *rifting* yang dicirikan oleh *uplift*, erosi, dan vulkanisme yang terlokalisir, peristiwa *drifting* yang dicirikan oleh penurunan dan pengendapan sedimen laut, dan peristiwa tumbukan Neogen (**Gambar 2**).

Daerah Buton disusun oleh satuan batuan yang dapat dikelompokkan ke dalam batuan Mesozoikum dan Kenozoikum. Kelompok batuan Mesozoikum berumur Trias hingga Kapur Atas, sedangkan kelompok batuan Kenozoikum berumur Miosen dan Plistosen (Davidson, 1991). Berdasarkan Peta Geologi Regional Lembar Buton (Sikumbang, dkk, 1995), secara Regional Kabupaten Buton, Sulawesi Tenggara memiliki urutan stratigrafi dari tua ke muda berumur Pra-Trias hingga Resen yaitu Formasi Doole, Winto, Ogena, Rumu, Tobelo, Basalt, Diorit, Kompleks Ultrabasa Kapantoreh, Anggota Batugamping Tondo, Formasi Sampolakosa, Formasi Wapulaka, Alluvium (Yuskar, 2014)

### 3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian kualitatif yaitu penelitian yang data-datanya diambil langsung dari lapangan. Data tersebut berupa pengukuran suhu, dan pH air panas, pengambilan conto air panas untuk dilakukan analisis kimia kandungan K, Na, Ca, Mg, SiO<sub>2</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>, serta pengambilan data geologi. Yang kemudian akan dianalisis secara laboratorium menggunakan metode geokimia air.

Metode penelitian yang diterapkan adalah metode induktif di mana metode induktif, adalah paparan hasil penelitian dikemukakan contoh-contoh kongkrit dan fakta-faktanya terlebih dahulu, baru kemudian dirumuskan menjadi suatu kesimpulan. Dalam metode induktif, data dikaji melalui proses yang berlangsung dari fakta, perpaduan dari hasil kajian pustaka, penelitian terdahulu, atau lapangan, serta hasil penelitian laboratorium yang dianalisis. Pada proses ini, data hasil analisis dimasukkan ke dalam persamaan penentuan tipe fluida dan persamaan

*geothermometer* untuk memperkirakan temperatur reservoir panas bumi. Sehingga dari proses ini dapat menentukan karakteristik dari sistem panasbumi yang telah diteliti pada daerah penelitian.

## 4 Hasil

### 4.1 Geologi Daerah Penelitian

Morfologi daerah penelitian dapat dibagi menjadi empat satuan geomorfologi, yaitu satuan perbukitan miring landai, satuan perbukitan miring karst, dan satuan perbukitan tersayat tajam karst yang berada di bagian barat dan bagian timur dibatasi oleh satuan pedataran rendah karst. Kenampakan morfologi daerah penyelidikan sebagian besar dibentuk oleh batuan sedimen karbonat formasi Sampolakosa yang membentuk perbukitan. Satuan perbukitan menempati sekitar 70% dari luas daerah penelitian yang dicirikan oleh kontur rapat. Satuan pedataran rendah menempati 30% daerah penelitian yang dicirikan oleh morfologi berupa pedataran, rawa, sawah dan sungai. Pola aliran sungai yang berkembang di daerah penelitian umumnya membentuk pola dendritik, dimana pola aliran ini dikontrol oleh litologi dan struktur geologi yang terjadi. Stadium erosi yang umum dijumpai berupa erosi vertikal yang membentuk lembah sungai U serta proses pelapukan yang cukup intensif.

Litologi penyusun di daerah Buranga dan sekitarnya terdiri atas kalkarenit dan endapan alluvial. Satuan kalkarenit berwarna abu-abu kehitaman, tekstur *rounded*, struktur berlapis, kemas tertutup, tersusun atas intraklas, kalsit, dengan sparit karbonat. Sedangkan endapan alluvial pada daerah penelitian merupakan satuan termuda, memiliki karakteristik yaitu tersusun atas fragmen berukuran pasir hingga bongkah. Satuan ini tersusun atas material yang berasal dari batuan karbonat dan pengendapannya masih berlangsung sampai saat ini.

### 4.2 Karakteristik Fluida Panas Bumi daerah Penelitian

Manifestasi panas bumi pada daerah penelitian berupa mata air panas yang berada pada daerah Buranga. Terdapat tiga titik sebaran manifestasi mata air panas yang dijumpai di daerah penelitian dan lokasinya berdekatan satu sama lain, yang memiliki temperatur air permukaan yang berbeda pada kondisi cuaca yang cerah (**Tabel 1**). Analisis geokimia sangat membantu dalam mendapatkan informasi mengenai kondisi eservoir dalam penentuan karakteristik panas bumi pada daerah penelitian. Pembahasan mengenai geokimia mata air panas pada daerah penelitian meliputi penentuan tipe mata air panas, dan penentuan temperatur bawah permukaan mata air panas menggunakan *geothermometer*. Karakteristik tersebut dapat ditentukan dari kandungan unsur-unsur kimia sampel mata air panas (**Tabel 2**).

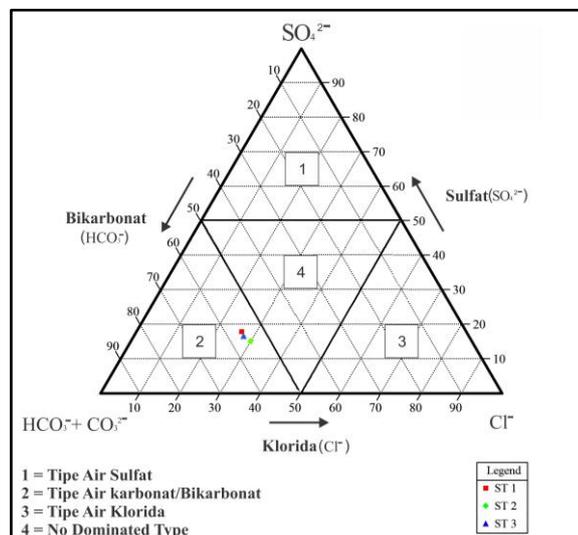
Penentuan tipe fluida reservoir air panas daerah penelitian didasarkan atas hasil analisis geokimia yaitu dari kandungan relatif ion sulfat ( $SO_4$ ), klorida (Cl) dan bikarbonat ( $HCO_3$ ) menggunakan formula menurut Nichloson (1993). Berdasarkan nilai persentase yang telah diplotting pada diagram terner (**Gambar 3**) dari ketiga titik mata air panas, menunjukkan bahwa tipe air mata air panas daerah Buranga umumnya bertipe bikarbonat. Hal ini ditandai dengan melimpahnya kandungan unsur  $HCO_3$  dibandingkan dengan unsur lainnya, yaitu klorida dan sulfat, serta ditandai dengan nilai pH netral (7,3-7,5).

**Tabel 1.** Ciri fisik dan kimia mata air panas daerah penelitian

No.	Parameter	Mata air		
		ST1	ST2	ST3
1.	Warna	Jernih	Jernih	Jernih
2.	Bau	Sulfur	Sulfur	Sulfur
3.	Rasa	Masam	Masam	Masam
4.	Temperatur	36,1°C	40,2°C	42,4°C
5.	pH	7,3	7,3	7,5

**Tabel 2.** Hasil analisis laboratorium kandungan unsur-unsur mata air panas daerah Penelitian

No.	Parameter	Satuan	Stasiun / Mata air		
			ST1	ST2	ST3
1.	Natrium (Na)	mg/l	10.1117	8.7316	9.2187
2.	Kalium (K)	mg/l	2.9667	4.7216	3.5168
3.	Kalsium (Ca)	mg/l	7.2	7.31	7.42
4.	Khlorida (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	60.7	72.2	64.9
5.	Magnesium (Mg)	mg/l	3.7564	5.1128	3.9286
6.	Sulfat (SO <sub>4</sub> )	mg/l	40.75	36.1	38.6
7.	Bikarbonat (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	128.3	133.2	131.6
8.	Silika (SiO <sub>2</sub> )	mg/l	1.866	2.026	1.961



**Gambar 3.** Hasil plot pada diagram terner untuk penentuan tipe mata air panas berdasarkan kandungan ion sulfat, klorida dan bikarbonat

Tipe bikarbonat ini terbentuk sebagai hasil naiknya fluida panas yang mengandung gas terutama CO<sub>2</sub> yang terkondensasi bersama dengan air tanah. Hal tersebut mungkin saja dapat terjadi disebabkan karena morfologi daerah penelitian disekitar mata air panas yang memiliki relief relatif datar dan dikelilingi oleh perbukitan yang berada di bagian barat. Dimana pengaruh air permukaan sangat besar sehingga banyak terjadi pencampuran dan ketika terjadi pencampuran antara fluida panas dan air permukaan, maka mengakibatkan pH air cenderung menjadi netral.

Suatu karakteristik mata air panas dapat dilihat dari hubungan antara komposisi batuan reservoir dan kimia air panas. Berdasarkan litologi penyusunnya, daerah sekitar mata air panas tersusun atas kalkarenit. Dengan dominannya litologi kalkarenit pada daerah penelitian, dapat diasumsikan bahwa terbentuknya air tipe bikarbonat ini disebabkan adanya pelarutan batuan oleh air tanah. Hal tersebut juga yang menyebabkan pH air cenderung netral (Nicholson, 1993).

#### 4.3 Temperatur bawah permukaan mata air panas daerah penelitian

##### Geotermometer Na/K

Penentuan temperatur bawah permukaan menggunakan *geotermometer* Na/K memberikan indikasi temperatur yang tinggi di bawah permukaan yang didasarkan pada kandungan natrium dan kalium dan proses kesetimbangan reaksi di dalam reservoir yang bersifat lambat (Truesdell, 1991), dengan asumsi rasio Na/K tidak berubah secara signifikan akibat adanya proses pencampuran. Hal tersebut dikarenakan komposisi natrium dan kalium dalam fluida panas lebih tinggi dibandingkan dengan air tanah yang lebih rendah (Prasetyo dkk, 2018). Penentuan menggunakan geotermometer NaK ini mengacu pada Gingsbach (1988), Data *geotermometer* Na-K (Tabel 3) menunjukkan bahwa temperatur reservoir di daerah Buranga, Kecamatan Bonegunu, Kabupaten Buton Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara yaitu sekitar 335-416°C. Hasil perhitungan *geotermometer* Na-K ini bukan merupakan temperatur pasti dari reservoir di lokasi penelitian, hal ini disebabkan karena pada saat fluida panas bumi mengalir ke permukaan, banyak unsur terlarut sehingga kandungan kimia yang terkandung pada fluida sampel berbeda kandungannya dengan fluida di reservoir. Sehingga kemungkinan temperatur reservoir yang sesungguhnya bisa lebih rendah dibandingkan temperatur dari hasil perhitungan.

**Tabel 3.** Hasil perhitungan Geotermometer Na-K

Stasiun	Temperatur Bawah Permukaan (T°C)
ST1	335.9679
ST2	416.1407
ST3	367.9896

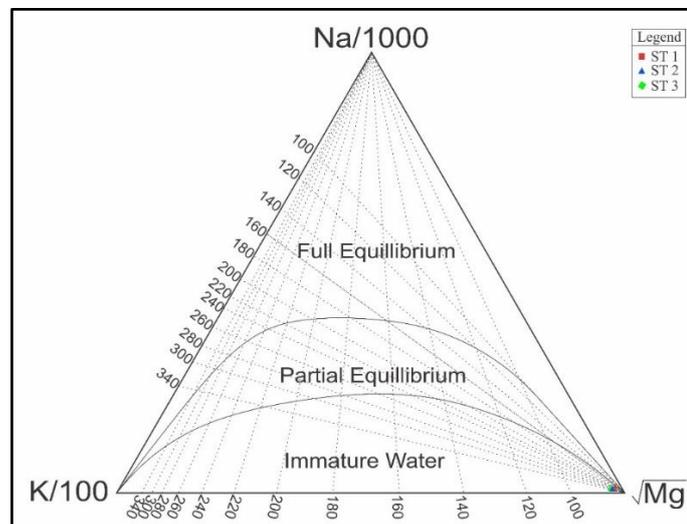
##### Geotermometer Na-K-Mg

Geotermometer Na-K-Mg adalah metode ini dikembangkan oleh Gingsbach (1988), yang digunakan untuk pendugaan temperatur reservoir dan untuk mengetahui air yang mencapai keseimbangan dalam litologi. Dari data dan perhitungan persentase kandungan ketiga unsur tersebut (Tabel 4), dilakukan pengeplotan pada diagram segitiga Na/1000- K/100-√Mg untuk sampel mata air panas. Berdasarkan nilai persentase kandungan unsur kimia yang telah di plot pada diagram ternary Na-K-Mg (Gambar 4) dapat diketahui bahwa mata air panas pada daerah Buranga umumnya berada pada temperatur, yaitu 300-340°C, serta terletak pada zona *immature water* atau dalam keadaan tidak setimbang. Keadaan tersebut menggambarkan bahwa terjadi pencampuran dengan air tanah atau air permukaan yang dominan terlihat dari tingginya kandungan Mg pada sampel air. Hal tersebut disebabkan oleh adanya aktivitas mikroba ketika air meteorik mengalir di permukaan yang menghasilkan gas CO<sub>2</sub> dan membentuk asam karbonat (Cholil dkk, 2016). Asam tersebut kemudian bereaksi dengan batuan karbonat (MgCO<sub>3</sub>, CaCO<sub>3</sub>) yang merupakan batuan penyusun dan mendominasi daerah penelitian. Batuan karbonat ini

selanjutnya mengalami *leaching*/pelarutan menghasilkan kalsium bikarbonat  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  dan magnesium bikarbonat  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  yang dapat meningkatkan kandungan Mg pada air.

**Tabel 4.** Hasil perhitungan Geothermometer Na-K-Mg

Stasiun	Persentase Unsur (%)		
	Na/1000	K/100	$\sqrt{\text{Mg}}$
ST1	0.511228	1.499907	97.98886
ST2	0.376833	2.037722	97.58544
ST3	0.454917	1.735443	97.80964
Zona	<i>Immature Water</i>	<i>Immature Water</i>	<i>Immature Water</i>



**Gambar 4.** Hasil plot diagram terner berdasarkan persentase kandungan Na-K-Mg untuk penentuan temperatur bawah permukaan

Dengan dominannya batuan karbonat formasi Sampolakosa yang menyusun daerah Buranga, dapat dikatakan reservoir mata air panas berhubungan dengan cekungan sedimen Pulau Buton yang sumber panasnya berasal dari tekanan litostatik yang bekerja diatas reservoir dan sistem reservoirnya disebut *geopresure*. Hal tersebut juga yang menyebabkan temperatur mata air panas tidak tergolong tinggi, yaitu 36-42°C.

## 5 Kesimpulan

Hasil perhitungan dari kandungan-kandungan unsur dalam air panas menunjukkan tipe fluida dari mata air panas daerah Buranga, Kecamatan Bonegunu Kabupaten Buton Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara merupakan tipe bikarbonat yang ditandai melimpahnya kandungan  $\text{HCO}_3$  pada sampel air panas. Perhitungan kandungan relatif Na-K-Mg mengindikasikan mata air panas berada pada zona *immature water* yang menggambarkan bahwa telah terjadi pencampuran antara fluida panas dan air permukaan yang dominan dan menyebabkan bebarapa unsur konsentrasinya sangat rendah sehingga penentuan temperatur bawah permukaan dan klasifikasi sistem panas bumi tidak cocok digunakan pada sampel mata air panas.

### Referensi

- Cholil, M., Anna, A. N., dan Setyaningsih, N., 2016, Analisis Kesadahan Air Tanah Di Kecamatan Toroh Kabupaten Grobogan Propinsi Jawa Tengah, The 3rd University Research Colloquium, hal. 88–98.
- Davidson, J.W., 1991, The Geology and Prospectivity of Buton Island, S.E. Sulawesi Indonesia. Proceeding IPA 20th, Jakarta.
- Nainggolan, Juliper, 2013, Penyelidikan Geokimia Panas Bumi Lau Sidebuk-Debuk Kabupaten Karo Sumatera Utara, Universitas HKBP Nommensen, Medan, Jurnal Visi, 21 (2): 1315-1322.
- Marten, Medi., 2011, Studi Karakteristik Panas Bumi Berdasarkan Geokimia Mataair Panas Makula Daerah Wala Kec. Sangalla Selatan Kab. Tana Toraja Prov. Sulawesi Selatan, Skripsi, Jurusan Teknik Geologi Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Nicholson, K., 1993, Geothermal Fluids; Chemistry and Exploration Techniques, Springer-Verlag, Berlin.
- Prasetio, Rasi, Laksmeningpuri, N., dan Satrio, 2018, Karakteristik Kimia dan Isotop Fluida Panas Bumi Daerah Gunung Tampomas, Jawa Barat, Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jurnal Ris.Geo.Tam, Vol.28 No. 1 Hal 1-11.
- Sikumbang, N., Sanyoto, P., Supandjono, R.J.B., dan Gafoer, S., 1995, Peta Geologi Lembar Buton, Sulawesi, Skala 1:250.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Truesdell, A.H., 1991, Effect of physical processes on geothermal fluids, Application of geochemistry in geothermal reservoir development UNITAR/UNDP, Rome, 71-92.
- Yuskar, Yuniati, 2014, Stuktur Geologi Dan Model Tektonostratigrafi Daerah Gonda Dan Sekitarnya Kecamatan Sorawolio, Kabupaten Buton Sulawesi Tenggara, Jurnal Relevansi, Akurasi Dan Tepat Waktu (RAT), 3(2), hal. 473–480