

KARAKTERISASI AIR DAERAH PANAS BUMI PENCONG DENGAN METODE AAS (*ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETER*) DI KECAMATAN BIRINGBULU, KABUPATEN GOWA PROPINSI SULAWESI SELATAN

Agustina Lolo¹, Candra Febryanto Patandean^{1*}, Eko Ruslan²

¹Alumni Program Sarjana Universitas Negeri Makassar, Indonesia.

²Alumni Program Sarjana Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia.

*Corresponding author. Email: chandrafabryanto@yahoo.com

Manuscript received: 2 January 2020*); Received in revised form: 11 May 2020; Accepted: 15 June 2020

Abstrak

Penelitian ini mengenai karakterisasi air daerah panas bumi Pencong dengan Metode *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ciri fisik, sifat kimia dan menentukan kelayakan dari cadangan panas bumi. Parameter utama untuk pengembangan daerah prospek panas bumi adalah suhu fluida di reservoir, permeabilitas, batuan reservoir, dan volume (luas dan tebal) dari reservoir. Metode AAS berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom, atom – atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Dari hasil analisis laboratorium unsur yang dominan untuk ketiga sampel berturut – turut berupa bikarbonat, sebanyak 116,6 ppm; 120,3 ppm; dan 112,8 ppm, kemudian natrium sebanyak 112,96 ppm; 110,29 ppm; 108,5 ppm, kemudian silika sebanyak 48,46 ppm; 48,46 ppm; 48,33 ppm. Dari hasil laboratorium tersebut diperoleh nilai persentase kandungan ion HCO_3^- sebanyak 65,75%; 68,51%; 65,72%, Cl^- sebanyak 17,44%; 17,61%; 18,02% dan SO_4^{2-} sebanyak 16,78%; 13,86%; 16,25%, menunjukkan bahwa mata air panas daerah tersebut termasuk tipe air bikarbonat. Perkiraan temperatur bawah permukaan dengan menggunakan geothermometer Na – K pada daerah tersebut di tempat sampel I sampai tempat sampel III adalah 168,45°C, 148°C dan 160,02°C, dan termasuk dalam entalpi sedang dimana mempunyai batas suhu > 125°C, yang sistem pengendali mata air panas yang berada di Desa Pencong berasal dari interaksi batuan yang terjadi secara konveksi.

Kata kunci: fisik; kimia; sistem karakteristik panas bumi.

Abstract

This research is about the characterization of Pencong geothermal water with the *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) Method. This study aims to determine the physical characteristics, chemical properties and determine the feasibility of geothermal reserves. The main parameters for the development of geothermal prospect areas are the temperature of the fluid in the reservoir, permeability, reservoir rock, and the volume (area and thickness) of the reservoir. The AAS method is based on the absorption of light by atoms, the atoms absorbing the light at certain wavelengths, depending on the nature of the elements. From the results of laboratory analysis the dominant elements for the three consecutive samples are bicarbonate, as much as 116.6 ppm; 120.3 ppm; and 112.8 ppm, then sodium as much as 112.96 ppm; 110.29 ppm; 108.5 ppm, then silica as much as 48.46 ppm; 48.46 ppm; 48.33 ppm. From the laboratory results, the percentage of HCO_3^- ion content was 65.75%; 68.51%; 65.72%, Cl^- 17.44%; 17.61%; 18.02% and SO_4^{2-} 16.78%; 13.86%; 16.25%, shows that the hot springs of the area are bicarbonate water types. Estimated subsurface temperature using a Na – K geothermometer in the area in places sample I to place sample III is 168.45°C, 148oC and 160.02°C, and included in the

medium enthalpy which has a temperature limit $> 125^{\circ}\text{C}$, which is a system hot springs controllers in the Pencong Village come from rock interactions that occur by convection.

Keywords: chemical; geothermal characteristic systems; physical.

Pendahuluan

Panas bumi dapat juga didefinisikan sebagai sumber energi panas yang terkandung di dalam air panas, uap air dan batuan bersama mineral ikutan dan gas lainnya, secara genetik semuanya tidak dapat dipisahkan dalam suatu sistem panas bumi dan untuk pemanfaatannya diperlukan proses pengembangan. Kerak bumi (*crust*) merupakan lapisan terluar berupa batu, mampu menahan aliran panas yang berasal dari bawah permukaan bumi. Sementara mantel bumi (*mantle*) merupakan lapisan semi-cair atau batuan meleleh atau sedang mengalami perubahan fisik akibat pengaruh tekanan dan temperatur tinggi di sekitarnya. Sedangkan bagian luar dari inti bumi (*outer core*) berbentuk *liquid* dan bagian terdalam dari inti bumi (*inner core*) berwujud padat (Saptadji, 2009).

Energi panas bumi adalah energi yang tersimpan dalam bentuk air atau uap panas pada kondisi geologi tertentu pada kedalaman beberapa kilometer di dalam kerak bumi. Energi panas bumi memiliki komponen yang khas dimana terdapat lapisan dengan patahan yang terhubung dengan lapisan yang berisi fluida panas. Air permukaan dan air tanah masuk menuju sumber panas untuk mengisi ulang sistem panas bumi (Grant and Bixley, 2011). Energi panas bumi diperoleh dari proses eksplorasi dan eksploitasi.

Panas bumi dapat dicirikan dengan adanya tanda – tanda yang muncul ke permukaan yang disebut dengan manifestasi (Saptadji, 2009). Rekahan kerak bumi dan dorongan temperatur bawah bumi yang tinggi menyebabkan manifestasi panas bumi naik ke permukaan (Suparno, 2009). Manifestasi panas bumi tersebut dapat berupa tanah

panas, *geyser*, fumarol, uap panas, sinter silika dan mata air panas (Saptadji, 2009). Sebagian mata air panas yang muncul dapat mengidentifikasi adanya sistem panas bumi di bawah permukaan bumi tersebut.

Karakterisasi sumber daya panas bumi yang tersedia di suatu daerah perlu dilakukan dengan cara mempelajari ciri – ciri fisik, sifat kimia dari cadangan panas bumi tersebut. Karakterisasi tersebut bertujuan untuk menentukan kelayakan sumber daya panas bumi guna keperluan eksplorasi lanjut (Hasim dkk., 2014).

Pengembangan lapangan panas bumi dilakukan melalui beberapa tahapan. Semakin jauh tahapan penyelidikan maka data yang diperoleh akan semakin rinci. Parameter utama yang ekonomis untuk pengembangan daerah prospek panas bumi adalah suhu fluida di reservoir, permeabilitas batuan reservoir, dan volume (luas dan tebal) dari reservoir (Hazuardi, 1992).

Sebelum mengembangkan potensi panas bumi, perlu ditentukan sifat kimia dari fluida panas bumi untuk menentukan karakteristik air daerah panas bumi. Karakterisasi air daerah panas bumi dapat dilakukan dengan menggunakan diagram segitiga. Jenis air daerah panas bumi dapat diketahui dengan menggunakan diagram segitiga Cl-SO₄-HCO₃. Kesetimbangan air daerah panas bumi dapat ditentukan menggunakan diagram segitiga Na-K-Mg. Proses pengenceran fluida panas bumi dapat ditentukan menggunakan diagram segitiga Cl-Li-B (Nicholson, 1993).

Metode geotermometer dapat dipakai untuk memprediksi suhu reservoir secara tidak langsung dengan biaya yang tidak terlalu mahal, namun hasilnya tidak terlalu jauh

dari kondisi sebenarnya di alam (di bawah permukaan). Prinsip geotermometer didasarkan pada perilaku kimiawi unsur terlarut dalam fluida para bumi (Aribowo, 2011).

Pada umumnya lapisan reservoir terdiri atas batuan sedimen, berupa batupasir, batuan karbonat (*limestone, dolomite*) dan *shale* atau kadang – kadang vulkanik. Batupasir merupakan reservoir paling banyak di dunia ini, dengan 60% dari semua batuan reservoir adalah batupasir. Batupasir adalah batu – batu yang renggang (*loose*) tapi padat (*compact*), yang terdiri dari fragmen – fragmen dengan diameter berkisar antara 0,05 mm sampai 0,2 mm. Fragmen – fragmen tersebut menyatu dan mengeras (*cemented*) (Nurwidyanto dkk., 2006).

Penelitian yang dilakukan oleh Sismanto dan Andayani (2012) mengenai estimasi suhu reservoir di daerah mata air panas Hatuasa dengan menggunakan persamaan geotermometer empiris berbasis geokimia yang melibatkan sejumlah unsur – unsur kimia. Diperoleh hasil analisis kimia sampel air panas dengan Metode *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) berupa konsentrasi Na, K, Ca, Mg, dan 8102. Pengukuran suhu geotermometer yang diperoleh menunjukkan rms error < 5%.

Spektrofotometer Serapan Atom (SSA/ AAS) adalah suatu alat yang digunakan pada metode analisis untuk penentuan unsur – unsur logam dan metaloid yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas (Skoog, 2000).

Metode AAS berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom, atom – atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Cahaya pada gelombang ini mempunyai cukup energi untuk mengubah tingkat energi elektronik suatu atom. Spektrometri

Serapan Atom (SSA/ AAS) meliputi absorpsi sinar oleh atom – atom netral unsur logam yang masih berada dalam keadaan dasarnya (*Ground state*). Prinsip AAS pada dasarnya sama seperti absorpsi sinar oleh molekul atau ion senyawa dalam larutan (Gupta and Roy, 2007).

Hukum absorpsi sinar atau Lambert – Beer yang berlaku pada spektrofotometer absorpsi sinar ultra violet, sinar tampak maupun sinar merah, juga berlaku pada AAS. Hukum Lambert menyatakan bila suatu sumber sinar monokromatik melewati medium transparan, maka intensitas sinar yang diteruskan berkurang dengan bertambahnya ketebalan medium yang mengabsorpsi. Hukum Beer menyebutkan bahwa intensitas sinar yang diteruskan akan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi spesi yang menyerap sinar tersebut (Khopkar, 1990). Dari kedua hukum tersebut diperoleh suatu persamaan:

$$A = -\log \frac{I_0}{I_t} = \epsilon bc \quad (1)$$

$$A = -\log \frac{I_0}{I_t} = -\log T \quad (2)$$

dengan,

A : absorbansi

I_0 : intensitas sumber sinar

I_t : intensitas sinar yang diteruskan

ϵ : absorbtivitas molar (mol/liter)

b : panjang medium atau tebal nyala (nm)

c : konsentrasi atom – atom yang menyerap sinar (ppm)

T : transmittan

Dari persamaan di atas, dapat disimpulkan bahwa absorbansi cahaya berbanding lurus dengan konsentrasi atom (Day dan Underwood, 2002).

Analisis kadar logam berat seperti Pb, Cu, dan Cd dapat dilakukan dengan Metode *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Pemilihan metode spektrometri serapan atom karena mempunyai sensitivitas tinggi, mudah, murah, sederhana, cepat, dan cuplikan yang

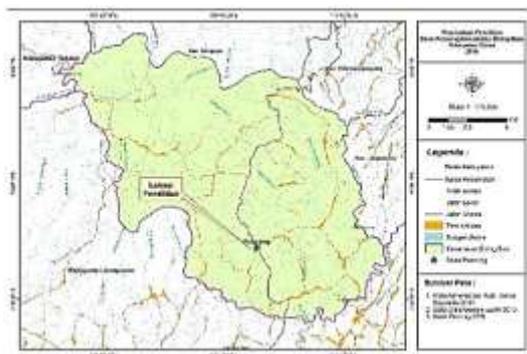
dibutuhkan sedikit (Supriyanto dkk., 2007). Analisis menggunakan AAS juga lebih sensitif, spesifik untuk unsur yang ditentukan, dan dapat digunakan untuk penentuan kadar unsur yang konsentrasinya sangat kecil tanpa harus dipisahkan terlebih dahulu.

Spektrofotometri serapan atom merupakan metode yang sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah (Khopkar, 1990). Teknik ini adalah teknik yang paling umum dipakai untuk analisis unsur berdasarkan pada emisi dan absorbansi dari uap atom.

Potensi panas bumi tersebut perlu dilakukan peninjauan lebih jauh mengenai karakteristik fisis dan kimia, serta sistem panas bumi yang mengendalikan mata air panas pada daerah tersebut. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui fisis, sifat kimia, memperkirakan temperatur bawah permukaan, sistem panas bumi yang mengendalikan mata air panas, serta pemanfaatan mata air panas Pencong Kab. Gowa Sulawesi Selatan.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yakni metode yang bersifat kualitatif dengan mensurvei daerah sebaran air panas dengan mengamati kondisi geologinya, mengukur suhu, pH, warna dan mengambil sampel air yang kemudian di analisis di laboratorium.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian Desa Pencong Kec. Biringbulu Kab. Gowa.

Lokasi penelitian seperti pada Gambar 1. dilaksanakan di wilayah permandian air panas Pencong yang terletak di Desa Pencong Kecamatan Biringbulu Kabupaten Gowa Sulawesi Selatan.

Pengambilan titik sampel mata air panas ditentukan berdasarkan sumber air paling besar dan belum tercampur dengan air permukaan. Langkah – langkah pengambilan sampelnya adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan sampel dilakukan dengan mengambil sampel air panas secara langsung dari sumbernya dan memasukkan ke dalam botol sebanyak 2 liter.
2. Pengambilan sampel dilakukan pada saat musim kemarau (cuaca cerah).

Alat dan bahan yang digunakan selama penelitian adalah sebagai berikut:

1. Alat:
 - a. *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS), berfungsi untuk menganalisis kandungan unsur unsur yang terlarut di dalam sampel.
 - b. Thermometer, berfungsi untuk mengukur suhu pada sampel air.
 - c. Lakmus/ indikator, berfungsi untuk mengukur pH (tingkat keasaman).
 - d. Gelas sampel, berfungsi untuk menyimpan sampel air.
 - e. Kamera, untuk mengambil gambar pada lokasi penelitian.
 - f. Alat tulis menulis, untuk me-nulis data dari hasil penelitian
2. Bahan:

Sampel (air dari mata air panas Pencong) sebanyak 2 liter untuk masing – masing sampel.

Prosedur Kerja

1. Tahap Persiapan

Pada tahap awal untuk melakukan penelitian yang harus dilakukan ialah studi literatur. Peneliti mencari, mengumpulkan, dan mengkaji literatur – literatur yang mendukung penelitian,

- serta studi geologi baik melalui buku maupun jurnal penelitian mengenai daerah yang akan diteliti yakni prospek panas bumi di Kabupaten Gowa Desa Pencong.
2. Tahap Penelitian Lapangan
 Penelitian lapangan dilakukan dengan melakukan survei di daerah penelitian untuk mengetahui ciri fisik daerah penelitian. Ada pun kegiatan yang dilakukan pada tahap ini, antara lain:
 - a. Pengambilan data – data geologi yang berada di sekitar mata air panas meliputi geomorfologi, litologi penyusun dan struktur geologi.
 - b. Pengambilan data – data ciri fisik daerah penelitian berupa pengukuran temperatur, pengukuran pH, serta pengamatan warna untuk ketiga mata air.
 - c. Pengambilan sampel air panas dari masing – masing mata air sebanyak 2 liter, guna untuk dianalisis di laboratorium untuk penentuan ciri kimia dari sumber mata air tersebut.
 3. Tahap Penelitian Laboratorium
 Sampel yang diambil dari lokasi penelitian dikarakterisasi di laboratorium produktifitas dan kualitas perairan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin, dengan menggunakan AAS, untuk mengetahui unsur – unsur yang terkandung pada sampel tersebut. Data – data yang diperoleh dari hasil analisis laboratorium dianalisis untuk penentuan ciri kimia berupa tipe fluida daerah penelitian serta mengetahui suhu bawah permukaan daerah penelitian.
 4. Tahap Analisis Data

Sampel air panas yang diambil dianalisis dengan AAS.

- a. Analisis data untuk penentuan tipe mata air

Dalam penentuan tipe air panas berdasarkan analisa geokimia mata air panas daerah penelitian menggunakan klasifikasi Diagram Trilinier (Fournier, 1979) berdasarkan kandungan relatif anion klorida, sulfat dan bikarbonat.

Jumlah kandungan ion – ion tersebut dinyatakan dalam satuan meq/L (miliequivalent per liter), sehingga harus dikonversi dari ppm menjadi meq/L.

$$\text{meq/L} = \text{ppm/BE}$$

$$\text{BE} = \text{Mr Senyawa/Valensi}$$

- b. Analisis geotermometer untuk penentuan suhu bawah permukaan Giggenbach (1988) menggunakan rumus empiris sederhana untuk menghitung suhu reservoir dengan geotermometer Na/K yaitu:

$$T(^{\circ}\text{C}) = \frac{1390}{\log\left(\frac{\text{Na}}{\text{K}}\right)+1,750} - 273,15 \quad (3)$$

dengan

Na : Konsentrasi Natrium (mg/kg)

K : Konsentrasi kalium (mg/kg)

t : Suhu terhitung ($^{\circ}\text{C}$)

Hasil dan Pembahasan

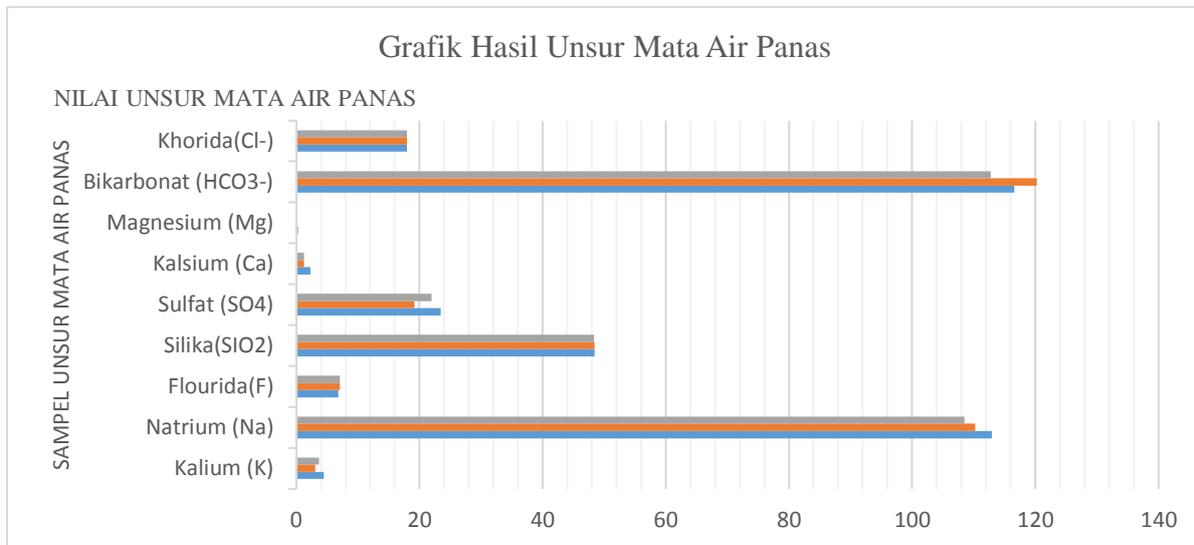
Hasil

Adapun hasil yang terdapat pada analisis laboratorium pada kandungan unsur – unsur mata air panas di daerah penelitian. Berikut ini tabel tersebut.

Tabel 1. Hasil analisis laboratorium kandungan unsur-unsur mata air panas daerah penelitian.

Parameter	Satuan	Hasil Sampel		
		1	2	3
pH	-	9,84	9,8	9,83
Kalium (K)	ppm	4,51	3,11	3,68
Natrium (Na)	ppm	112,96	110,29	108,5
Flourida (F)	ppm	6,8	7,07	7,12
Silika (SiO ₂)	ppm	48,46	48,46	48,33
Sulfat (SO ₄)	ppm	23,41	19,16	21,96

Kalsium (Ca)	ppm	2,32	1,25	1,24
Magnesium (Mg)	ppm	0,31	0,01	0,01
Bikarbonat (HCO_3^-)	ppm	116,6	120,3	112,8
Klorida (Cl^-)	ppm	18	18	18



Gambar 2. Grafik hasil unsur mata air panas.

Pada gambar 2, grafik di atas terlihat bahwa unsur bikarbonat memiliki nilai tertinggi dibandingkan nilai unsur lainnya. Warna biru merupakan sampel 1, warna jingga sampel 2, dan warna abu – abu sampel 3. Semuanya unsur mata air panas berbeda – beda nilainya pada ketiga hasil sampel tersebut yang sudah diteliti kandungan unsurnya di laboratorium.

Pada proses geokimia mata air panas daerah penelitian, diketahui adanya perpindahan panas disertai reaksi kimia dari sumber panas dengan media yang dilalui (reservoir dan batuan penutup) oleh panas hingga sampai ke permukaan. Indikasi adanya perpindahan panas dan reaksi kimia tersebut, dapat diketahui dari kandungan kadar untuk ketiga sampel berikut:

1. Sampel 1

Hasil karakterisasi memperlihatkan hasil geokimia yang paling dominan pada sampel 1 yakni HCO_3^- sebesar 116,6 ppm, Na sebesar 112,96 ppm, SiO_2 sebesar 48,46 ppm, SO_4 sebesar 23,41 ppm, dan Cl sebesar 18 ppm. Selain unsur tersebut terdapat pula K, F, Ca,

Mg, yang memiliki kandungan unsur kurang dari 10 ppm.

2. Sampel 2

Hasil karakterisasi memperlihatkan hasil geokimia yang paling dominan pada sampel 2 yakni HCO_3^- sebesar 120,3 ppm, SiO_2 sebesar 48,46 ppm, SO_4 sebesar 19,16 ppm, dan Cl sebesar 18 ppm. Selain unsur tersebut terdapat pula K, Na, F, Ca, Mg, yang memiliki kandungan unsur kurang dari 10 ppm.

3. Sampel 3

Hasil karakterisasi memperlihatkan hasil geokimia yang paling dominan pada sampel 3 yakni HCO_3^- sebesar 112,821,96 ppm, SiO_2 sebesar 48,33 ppm, SO_4 sebesar 21,96 ppm, dan Cl sebesar 18 ppm. Selain unsur tersebut terdapat pula K, Na, F, Ca, Mg, yang memiliki kandungan unsur kurang dari 10 ppm.

a. Penentuan Tipe Mata Air

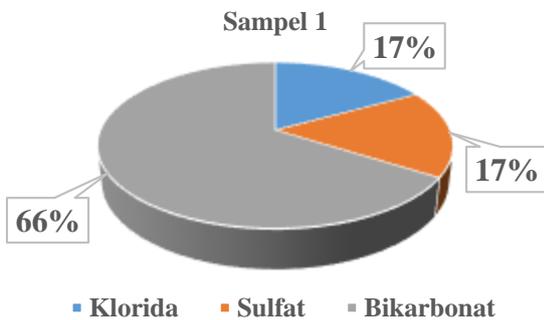
Dalam penentuan tipe air panas berdasarkan analisa geokimia mata air panas daerah penelitian menggunakan klasifikasi yang didasarkan pada kandungan relatif anion klorida, sulfat dan bikarbonat (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil perhitungan persentase kadar ion klorida, sulfat dan bikarbonat.

Parameter	Mata air (Mt)		
	1	2	3
%Cl	17,44530	17,6157	18,02
%SO ₄	16,7881	13,867	16,2595
%HCO ₃	65,7553	68,516	65,72
Tipe mata air panas	Bikarbonat	Bikarbonat	Bikarbonat

i. Sampel 1

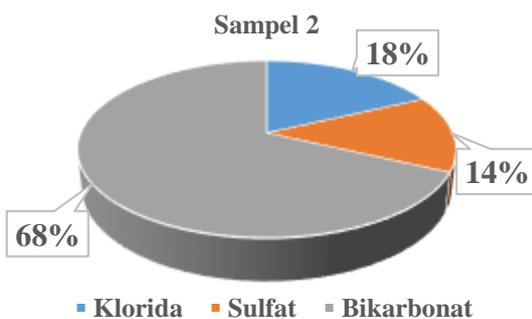
Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa presentase kandungan ion untuk penentuan tipe yang terdapat pada sampel 1 adalah klorida sebanyak 17%, sulfat sebanyak 17% dan didominasi oleh ion bikarbonat sebanyak 65%.



Gambar 3. Presentase kandungan ion untuk penentuan tipe pada sampel 1.

ii. Sampel 2

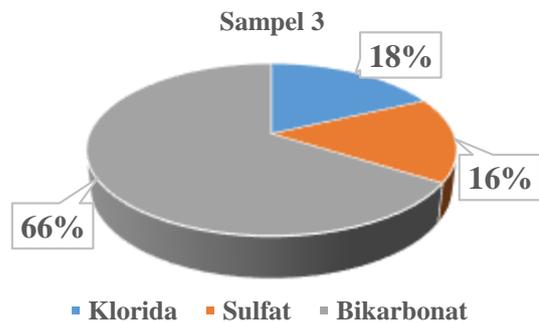
Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa presentase kandungan ion untuk penentuan tipe yang terdapat pada sampel 2 adalah klorida sebanyak 18%, sulfat sebanyak 14% dan didominasi oleh ion bikarbonat sebanyak 68%.



Gambar 4. Presentase kandungan ion untuk penentuan tipe pada sampel 2.

iii. Sampel 3

Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa presentase kandungan ion untuk penentuan tipe yang terdapat pada sampel 3 adalah klorida sebanyak 18%, sulfat sebanyak 16% dan didominasi oleh ion bikarbonat sebanyak 66%.



Gambar 5. Presentase kandungan ion untuk penentuan tipe pada sampel 3.

b. Penentuan Suhu Bawah Permukaan

Hasil pengukuran temperatur bawah permukaan dengan menggunakan geotermometer Na – K pada daerah penelitian pada mata air panas I, II, dan III berdasarkan data hasil analisis sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil perhitungan suhu bawah permukaan daerah penelitian.

Suhu Bawah permukaan (T °C)	St/ Mata air		
	1	2	3
	168,45	148	160,021

Pembahasan

Berdasarkan data – data dan pengamatan lapangan dari sumber mata air panas daerah penelitian maka dapat diketahui bahwa struktur sesar yang mengendalikan pemunculan mata air panas daerah

penelitian adalah sesar geser yang digambarkan pada liniasi sesar yang melintas pada daerah tersebut. Proses pemunculan mata air panas ini bermula dari struktur sesar kemudian melalui *stock* yang berperan sebagai batuan pemanas sehingga menghasilkan rekahan – rekahan yang menjadi media memunculnya air panas di permukaan sebagai mata air panas.

Manifestasi panas bumi daerah penelitian terdapat pada tiga titik mata air dengan temperatur yang berbeda – beda yakni: 49°C, 29°C, 47°C pada suhu udara 27°C, yang pada umumnya tergolong dalam air yang jernih dengan pH 9,8.

Hasil analisis laboratorium kandungan unsur – unsur mata air panas meperoleh untuk sampel 1 HCO_3^- 116,6 ppm, Na 112,96 ppm, SiO_2 48,46 ppm, SO_4 23,41 ppm, dan Cl 18 ppm. Selain unsur tersebut terdapat pula K, F, Ca, Mg, yang memiliki kandungan unsur kurang dari 10 ppm. Sampel 2 yakni HCO_3^- 120,3 ppm, SiO_2 48,46 ppm, SO_4 19,16 ppm, dan Cl 18 ppm. Selain unsur tersebut terdapat pula K, Na, F, Ca, Mg, yang memiliki kandungan unsur kurang dari 10 ppm. Dan untuk sampel 3 yakni HCO_3^- 112.-821,96 ppm, SiO_2 48,33 ppm, SO_4 21,96 ppm, dan Cl 18 ppm. Selain unsur tersebut terdapat pula K, Na, F, Ca, Mg, yang memiliki kandungan unsur kurang dari 10 ppm.

Berdasarkan nilai persentase kandungan ion pada sampel air panas yang telah dianalisis kandungan unsur – unsur kimianya terutama kandungan anion bikarbonat (HCO_3^-) sampel 1: 65,75%, sampel 2: 68,51% dan sampel 3: 65,72%, klorida (Cl^-) sampel 1 : 17,44%, sampel 2: 17,61% dan sampel 3: 18%, dan sulfat (SO_4^{2-}) sampel 1: 16,78%, sampel 2: 13,86% dan sampel 3: 16,25%. Dari hasil presentasi kandungan ion untuk ketiga sampel maka dapat ditentukan bahwa dari ketiga mata air panas Pencong termasuk dalam tipe bikarbonat. Hal ini ditandai dengan cukup tingginya kandungan ion

bikarbonat dalam air panas dibandingkan dengan konsentrasi klorida dan sulfat, serta pH yang relatif basa (berkisar pH 9,80 – 9,84).

Perhitungan geotermometer Na – K dilakukan untuk mengetahui temperatur reservoir panas bumi di bawah permukaan. Berdasarkan sebaran mata air panas dan nilai temperatur reservoir yang ditunjukkan oleh geotermometer unsur – unsur terlarut, dapat disimpulkan bahwa reservoir panas bumi di daerah penelitian yaitu yang menyuplai air panas Pencong itu sampel I, II, III mempunyai temperatur sekitar 168,45°C, 148°C dan 160,02°C. Reservoir mata air panas pada daerah penelitian termasuk dalam entalpi sedang. Sehingga daerah penelitian kurang mampu untuk dikembangkan sebagai sumber energi listrik, mengingat batas temperatur untuk energi listrik yaitu $> 180^\circ\text{C}$, dengan demikian pemanfaatannya lebih ditekankan pada pemanfaatan lainnya seperti pengembangan sebagai objek wisata berupa permandian air panas.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian di lapangan dan analisis geokimia air panas daerah penelitian, maka karakteristik panas bumi daerah penelitian bila ditinjau dari ciri fisik untuk ketiga mata air berwarna jernih, berbau sulfur, dengan rentang suhu 29°C - 49°C (suhu permukaan) dan pH 9,8 (relatif basa). Sifat kimia dari ketiga mata air daerah penelitian tergolong dalam tipe air bikarbonat, dengan temperatur bawah permukaan dari reservoir pada daerah penelitian berdasarkan diagram Na – K adalah 165,45°C, 148°C dan 160°C dengan pada rentang suhu tersebut tergolong pada entalpi sedang, dengan batas suhu $> 125^\circ\text{C}$. Pemanfaatan panas bumi Pencong sebagai objek wisata permandian air panas. Sistem yang mengendalikan mata air panas yang berada di Desa Pencong berasal dari interaksi batuan yang terjadi secara konveksi.

Ucapan Terima Kasih

Segala puji syukur tim penulis mengucapkan kehadiran Tuhan YME, atas segala berkat, hikmat, dan anugerah kepada Tuhan YME.

Tim penulis juga mengucapkan terima kasih kepada teman – teman, dan rekan lainnya yang telah membantu tim penulis, baik dalam penyedia data, meminjam alat dan juga mendukung terlaksananya karya tulis ilmiah ini. Semoga pihak – pihak yang membantu tim penulis dapat berkat, rejeki, dan hidayah dari Tuhan YME.

Daftar Pustaka

- Aribowo, T. 2011. *Aplikasi Inferensi Bayes pada Data Mining terutama Pattern Recognition*. Program Studi Sistem dan Teknologi Informasi. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Day, R.A. dan Underwood, A.L. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Jakarta: Erlangga.
- Fournier, R.O. 1979. *A revised equation for Na-K geothermometer*. Geothermal Resources Council Transactions. 3, pp.221–224.
- Giggenbach, W.F. 1988. *Geothermal solute equilibria. Derivation of Na – K – Mg - Ca geothermometers*. Geochimica et Cosmochimica Acta. 52(12), pp.2749–2765.
- Grant, M.A. and Bixley, P.F. 2011. *Geothermal Reservoir Engineering 2nd Edition*. Netherland: Elsevier.
- Gupta, H. and Roy, S. 2007. *Geothermal Energy an Alternate Resource for the 21st Century*. Amsterdam: Elsevier B.V.
- Hazuardi, 1992. *Pengantar Eksplorasi Panas Bumi*. Cepu: PPT-MIGAS (Pusat Tenaga Perminyakan dan Gas Bumi).
- Hasim, L.F., Robyansah, dan Hasan, T.A. 2014. *Aplikasi Geofisika Terhadap Eksplorasi Sumber Daya Panas Bumi*. Makassar: Jurusan Fisika FMIPA UNHAS.
- Khopkar, S.M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Nicholson, K. 1993. *Geothermal Fluids: Chemistry and Exploration Techniques*. Berlin: Springer-Verlag.
- Nurwidyanto, I.M., Yustiana, M., dan Widada, S. 2006. *Pengaruh Ukuran Butir terhadap Porositas dan Permeabilitas pada Batupasir*. Berkala Fisika. 9(4), pp.191–195.
- Saptadji, N. M. 2009. *Karakterisasi Reservoir Panas Bumi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Sismanto dan Andayany, H., 2012. *Pengembangan Persamaan Geotermometer Empiris Untuk Estimasi Suhu Reservoir Sumber mata Air Panas*. Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVI HFI Jateng & DIY, Purworejo, 14 April 2012.
- Skoog, D. A. 2000. *Principles of Instrumental Analysis*. USA: CSB College Publishing.
- Suparno, S. 2009. *Energi Panas Bumi: A Present from the Heart of the Earth, Edisi Pertama*. Depok: Penerbit UI.
- Supriyanto, Samin dan Kamal, Z. 2007. *Analisis Cemaran Logam Berat Pb, Cu dan Cd Pada Ikan Air Tawar Dengan Metode Spektrometri Nyala Serapan Atom (SSA)*. Prosiding Seminar Nasional III SDM Teknologi Nuklir. Yogyakarta. ISSN 1978-0176.

*) Artikel ini telah dipresentasikan di Seminar Nasional Geofisika 2019 yang dilaksanakan oleh Dept. Geofisika FMIPA Universitas Hasanuddin di Science Building FMIPA Universitas Hasanuddin pada tanggal 26 Oktober 2019.