



**KARAKTERISTIK FLUIDA DAN PERKIRAAN TEMPERATUR BAWAH
PERMUKAAN DAERAH CINIRU DAN SUBANG, KABUPATEN
KUNINGAN, JAWA BARAT**

Jihan Rumbia, Agus Didit Haryanto, Faizal Muhamadsyah, Dewi Gentana
Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran

Korespondensi : jihanrumbia3999@gmail.com / jihan17015@mail.unpad.ac.id

ABSTRAK

Daerah penelitian yang berada pada Desa Subang, Kecamatan Maleber dan Desa Ciniru, Kecamatan Jalaksana, Kabupaten Kuningan, Provinsi Jawa Barat dipilih menjadi daerah penelitian yang dimana daerah tersebut memiliki mata air panas di permukaan yang diperkirakan dari suatu sistem panas bumi. Secara geografis daerah Subang terletak pada koordinat $7^{\circ}7'6''$ LS - $7^{\circ}7'10''$ LS dan $108^{\circ}31'51''$ BT - $108^{\circ}31'50''$ BT dan untuk daerah Ciniru terletak pada koordinat $6^{\circ}54'41''$ LS - $108^{\circ}29'46''$ BT. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui karakteristik mata air panas dan juga temperatur bawah permukaan di daerah penelitian. Hasil plotting data laboratorium kimia air panas pada diagram segitiga Cl-SO₄-HCO₃ dari MAP SUB1, MAP SUB2 dan MAP CIN ketiganya termasuk ke dalam jenis tipe air klorida. Dari hasil plotting menggunakan diagram segitiga Cl-Li-B memperlihatkan ketiga sampel mata air panas MAP SUB1, MAP SUB2 dan MAP CIN terletak pada zona dominan Cl, hal ini menunjukkan terjadinya penyerapan yang rendah terhadap gas boron dan berasal dari sistem hidrotermal lama. Hasil plotting diagram segitiga Na-K-Mg memperlihatkan ketiga sampel mata air panas MAP SUB1, MAP SUB2, dan MAP CIN berada pada zona *immature water*, dengan konsentrasi Mg yang tinggi, diinterpretasikan fluida panas bumi saat bergerak ke permukaan mengalami pencampuran dan pengenceran dari batuan samping yang dilewatinya dan air permukaan yang kaya akan unsur Mg. Berdasarkan hasil perhitungan geotermometer air, di Subang memiliki temperatur bawah permukaan yang berkisar antara 107°C - 109°C merupakan sistem panas bumi bertemperatur rendah dan di daerah Ciniru memiliki temperatur bawah permukaan 146°C merupakan sistem panas bumi bertemperatur sedang.

Kata kunci: Ciniru, Subang, Karakteristik Mata Air Panas, Temperatur Bawah Permukaan.

ABSTRACT

The research area located in Subang Village, Maleber District and Ciniru Village, Jalaksana District, Kuningan Regency, West Java Province was chosen to be the research area where the area has hot springs on the surface which is estimated from a geothermal system. Geographically, the Subang area is located at coordinates $7^{\circ}7'6''$ LS - $7^{\circ}7'10''$ LS and $108^{\circ}31'51''$ E - $108^{\circ}31'50''$ E and for the Ciniru area it is located at coordinates $6^{\circ}54'41''$ South Latitude - $108^{\circ}29'46''$ East. The purpose of this study is to determine the characteristics of hot springs and also the subsurface temperature in the research area. The results of plotting hot water chemistry laboratory data on the Cl-SO₄-HCO₃ triangle diagram from MAP SUB1,

MAP SUB2 and MAP CIN all three belong to the type of chloride water. From the results of plotting using a Cl-Li-B triangle diagram, it shows that the three hot spring samples MAP SUB1, MAP SUB2 and MAP CIN are located in the dominant Cl zone, this shows the occurrence of low absorption of boron gas and comes from the old hydrothermal system. The results of plotting the Na-K-Mg triangle diagram show that the three samples of hot springs MAP SUB1, MAP SUB2, and MAP CIN are in the immature water zone, with a high concentration of Mg, interpreted geothermal fluid when moving to the surface experiences mixing and dilution of rocks. the side water it passes through and surface water which is rich in Mg. Based on the calculation of the water geothermometer, Subang has subsurface temperatures ranging from ; 107°C-109°C is a low-temperature geothermal system and in the Ciniru area, which has a subsurface temperature of 146C, is a medium-temperature geothermal system.

Keywords: *Ciniru, Subang, Characteristics of Hot Springs, Subsurface Temperature.*

1. PENDAHULUAN

Potensi panas bumi di cirikan dengan muncul manifestasi pada permukaan. Menurut Wohletz dan Heiken (1992), manifestasi panas bumi berupa fluida panas bumi dari resevoir ke permukaan melalui rekahan atau zona yang permeabel. Manifestasi panas bumi dapat berupa air seperti mata air panas, mata air hangat, kolam air panas, dan kolam air hangat, atau bisa juga berupa uap seperti fumarol dan geiser, bergantung pada temperatur resevoir dan kecepatan aliran fluida dari panas bumi.

Daerah penelitian yaitu Desa Subang, Kecamatan Maleber, Kabupaten Kuningan dan Desa Ciniru, Kecamatan Jalaksana, Kabupaten Kuningan. Secara geografis daerah penelitian di Desa Subang terletak pada 7°7'6"LS - 7°7'10"LS dan 108°31'51"BT - 108°31'50"BT dan daerah Ciniru terletak pada 6°54'41" LS - 108°29'46" BT. Pada Daerah Subang dan Ciniru, Kabupaten Kuningan terdapat beberapa

manifestasi panas bumi berupa mata air panas. Kemunculan mata air panas yang terdapat di beberapa lokasi pada daerah ini cukup menarik untuk diteliti lebih lanjut. Penelitian mengenai karakteristik geokimia air panas ini sangat penting karena dengan dilakukannya identifikasi mengenai karakteristik fluida panas bumi pada daerah penelitian, maka dapat memperkirakan temperatur bawah permukaan yang juga menjadi salah satu dari objek penelitian ini.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional

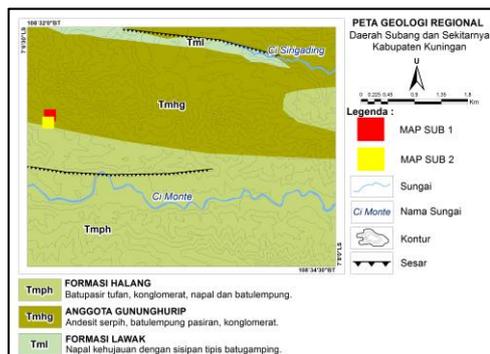
Geologi regional di daerah penelitian termasuk ke dalam 2 lembar peta yaitu peta geologi regional lembar Majenang (Kastowo & N. Suwarna, 1996) untuk daerah Subang, dan peta geologi regional lembar Arjawinangun (Djuri, 1995) untuk daerah Ciniru.

Daerah penelitian di Desa Subang dan sekitarnya terdapat 3 satuan batuan yaitu; (1) formasi lawak yang tersusun oleh napal dengan sisipan

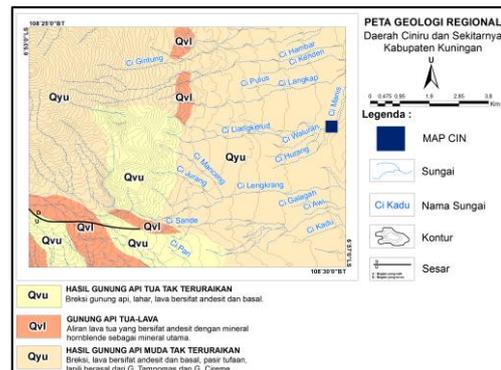
tipis batugamping, (2) formasi halang yang tersusun oleh batupasir tufan, konglomerat, napal dan batulempung, (3) anggota gununghurip, yang tersusun oleh andesit, batulempung pasiran dan konglomerat (Kastowo & N. Suwarna, 1996).

Daerah Ciniru dan sekitarnya terdapat 3 satuan batuan yaitu; (1) hasil gunung api muda tak teruraikan tersusun oleh breksi, lava bersifat andesit dan basal, (2) hasil gunung api tua lava yang tersusun oleh aliran lava tua yang bersifat andesit, (3) hasil gunung api muda tak teruraikan yang tersusun oleh breksi, lava bersifat andesit dan basal (Djuri, 1995).

Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian yaitu berupa sesar. Sesar yang berkembang di daerah ciniru dan sekitarnya merupakan jenis sesar naik (Gambar 1) yang umumnya berarah barat – timur (Kastowo & N. Suwarna, 1996). Jenis sesar yang dijumpai di daerah Subang dan sekitarnya merupakan jenis sesar normal (Gambar 2) yang berarah berarah barat – timur (Djuri, 1995).



Gambar 1. Peta Geologi Regional Lembar Majenang (Kastowo & N. Suwarna, 1996)



Gambar 2. Peta geologi Regional Lembar Arjawinangun (Djuri, 1995)

2.2 Sistem Panas Bumi

Menurut Goff dan Janik (2000) komponen sistem panas bumi yang lengkap terdiri dari tiga komponen utama, yaitu adanya batuan reservoir yang *permeable*, adanya air yang membawa panas, dan sumber panas itu sendiri.

A. Sumber Panas

Sumber panas dari suatu sistem hidrotermal umumnya berupa tubuh intrusi magma. Panas dapat dihasilkan dari peristiwa *uplift basement rock* yang masih panas, atau bisa juga berasal dari sirkulasi air tanah dalam yang mengalami pemanasan akibat adanya perlipatan atau patahan.

B. Batuan Reservoir

Batuan reservoir merupakan batuan yang dapat menyimpan dan meloloskan air dalam jumlah yang signifikan karena memiliki porositas dan permeabilitas yang cukup baik.

C. Fluida

Nicholson (1993) menyebutkan ada 4 macam asal fluida fluida panas bumi, yaitu: (1) air meteorik atau air permukaan, yaitu air yang berasal dari

presipitasi atmosferik atau hujan, yang mengalami sirkulasi dalam hingga beberapa kilometer. (2) Air formasi atau *connate water* yang merupakan air meteorik yang terperangkap dalam formasi batuan sedimen dalam kurun waktu yang lama.. (3) Air metamorfik yang berasal dari modifikasi khusus dari air *connate* yang berasal dari rekristalisasi mineral *hydrous* menjadi mineral yang kurang *hydrous* selama proses metamorfisme batuan. (4) Air magmatik, Ellis & Mahon (1977) membagi fluida magmatik menjadi dua jenis, yaitu air magmatik yang berasal dari magma namun pernah menjadi bagian dari air meteorik dan air juvenile yang belum pernah menjadi bagian dari meteorik.

2.3 Geokimia Panas Bumi

2.3.1 Geoindikator

Geoindikator merupakan zat terlarut yang bersifat reaktif dan mencerminkan lingkungan ekuilibrium/kesetimbangan (Giggenbach, 1988). Berikut merupakan tipe geoindikator kimia panas bumi, yaitu :

- A. Geoindikator Cl-SO₄-HCO₃
 Diagram segitiga Cl-SO₄-HCO₃ merupakan sebuah metode yang digunakan dalam penentuan tipe fluida reservoir dengan tujuan penentuan karakteristik suatu reservoir. Kandungan relatif yang digunakan sebagai parameternya adalah kandungan klorida (Cl), sulfat (SO₄), dan bikarbonat (HCO₃).

- B. Geoindikator Cl-Li-B
 Diagram segitiga Cl-Li-B digunakan untuk menggambarkan proses pendidihan dan pengenceran berdasarkan perbandingan konsentrasi Cl/100 dan B/4 yang telah diubah dalam satuan persen.
- C. Geoindikator Na-K-Mg
 Diagram segitiga Na-K-Mg menurut Giggenbach (1988), merupakan salah sebuah metode yang dipakai untuk memperkirakan temperatur reservoir dan untuk mengetahui air yang mencapai keseimbangan dalam litologi.

2.3.2 Geotermometer Air

Geotermometer merupakan metode untuk memperkirakan temperatur bawah permukaan / reservoir panas bumi berdasarkan keberadaan zat – zat terlarut pada fluida panas bumi, dimana konsentrasi pada fluida tersebut sangat bergantung pada temperatur (Yoga Aribowo, 2011). Berikut merupakan jenis – jenis geotermometer yang dipakai sebagai parameter untuk menentukan temperatur reservoir, yaitu:

- A. Geotermometer Silika
 Geotermometer silika digunakan berdasarkan pada kelarutan berbagai jenis silika dalam air sebagai fungsi dari temperatur (Fournier, 1977).
- B. Geotermometer Na-K
 Geotermometer Na-K merupakan respon rasio konsentrasi Na terhadap K yang menurun terhadap meningkatnya temperatur fluida didasarkan

pada reaksi pertukaran kation yang sangat bergantung pada temperatur (Fournier, 1979; Giggenbach, 1988).

2.3.3 Diagram Trilinear Piper

Piper (1953, dalam Walton 1970) mengembangkan metode pada sebuah bentuk diagram trilinear piper, yang merupakan salah satu metode analisis untuk mengetahui fasies air dan sumber unsur terlarut dalam air tanah, perubahan atau modifikasi sifat-sifat air yang melewati suatu wilayah tertentu.

3. METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terbagi atas :

- A. Penentuan karakteristik mata air panas dengan menggunakan diagram segitiga Cl-SO₄-HCO₃ dimana untuk menentukan tipe fluida pada mata air panas di daerah peneltian, diagram segitiga Na-K-Mg yang digunakan untuk mengestimasi kematangan dari fluida manifestasi dan diagram segitiga Cl-Li-B yang digunakan untuk mengetahui asal dari fluida pada mata air panas yang sedang diteliti.
- B. Geotermometer, yang digunakan untuk memperkirakan temperatur bawah permukaan / reservoir panas bumi berdasarkan keberadaan zat – zat terlarut pada fluida panas bumi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Mata Air Panas

4.1.1 Tipe Air Paas

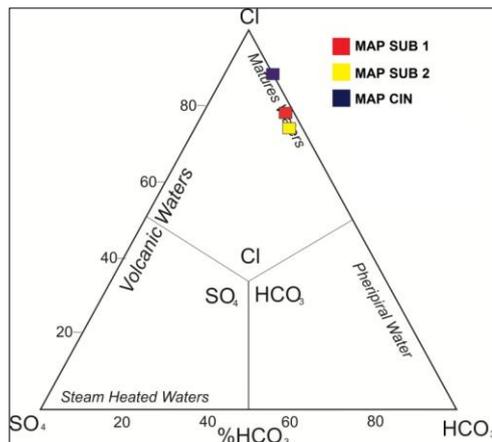
Data kimia yang digunakan untuk menentukan tipe fluida resevoir adalah kandungan relatif dari klorida

(Cl), sulfat (SO₄), dan bikarbonat (HCO₃). Pengolahan data dilakukan dengan menghitung presentase unsur Cl, SO₄ dan HCO₃ kemudian data tersebut diplot dalam diagram segitiga Cl-SO₄-HCO₃ (Giggenbach, 1988).

Tabel 1. Nilai Presentase Unsur/Senyawa Cl-SO₄-HCO₃

Kode Sampel	Presentase (%)		
	Cl	SO ₄	HCO ₃
MAP SUB 1	77,69	2,06	20,23
MAP SUB2	75,49	3,09	21,40
MAP CIN	88,07	0,05	11,92

Hasil analisis diagram segitiga Cl-SO₄-HCO₃ (Gambar 3), sampel MAP SUB 1, MAP SUB 2 dan MAP CIN termasuk ke dalam jenis tipe air klorida, yang dapat diinterpretasikan bahwa ketiga mata air panas ini merupakan fluida yang terpanaskan pada resevoir dan tidak mengalami pencampuran dengan fluida lainnya, fluida yang terpanaskan oleh resevoir ini secara langsung mengalir menuju permukaan melalui celah batuan dan sampai ke permukaan menjadi mata air panas.



Gambar 3. Diagram Segitiga Cl-SO₄-HCO₃ Untuk Penentuan Tipe Fluida

4.1.2 Karakteristik Reservoir Dan Asal Air Panas

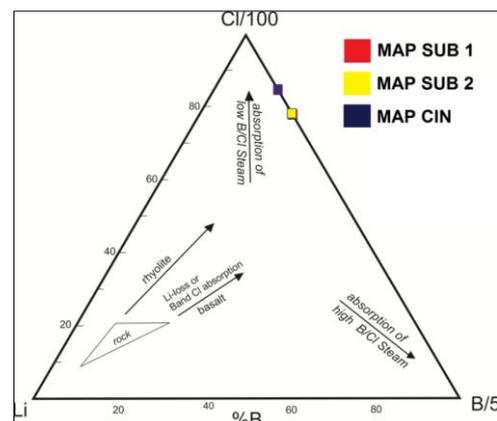
Asal usul dan juga pengenceran fluida panas bumi dapat ditentukan dengan analisis unsur Cl, Li dan B pada diagram segitiga Cl-Li-B. Pengolahan data dilakukan dengan menghitung presentase unsur Cl, Li dan B (Tabel 2) kemudian data tersebut diplot dalam diagram segitiga Cl-Li-B (Gambar 4).

Tabel 2. Nilai Presentase Unsur/Senyawa Cl-Li-B

Kode Sampel	Presentasi (%)		
	Cl	B	Li
MAP SUB 1	77,12	22,87	0
MAP SUB 2	77,34	22,65	0
MAP CIN	83,08	16,70	0,21

Berdasarkan hasil plotting menggunakan diagram segitiga Cl-Li-B maka dapat dilihat bahwa fluida terletak pada zona dominan Cl, zona fluida pada penelitian ini menunjukkan terjadinya penyerapan yang rendah terhadap gas boron dan berasal dari

sistem hidrotermal lama. Hal tersebut terjadi karena unsur B dan Cl merupakan unsur yang susah bereaksi dalam sistem hidrotermal. MAP SUB1, MAP SUB2 dan MAP CIN berada dalam kelompok yang sama, dan diinterpretasikan ketiga mata air panas bumi ini berasal dari sistem atau reservoir yang sama (Gambar 4).



Gambar 4. Diagram Segitiga Cl-Li-B Dalam Air Panas Daerah Penelitian

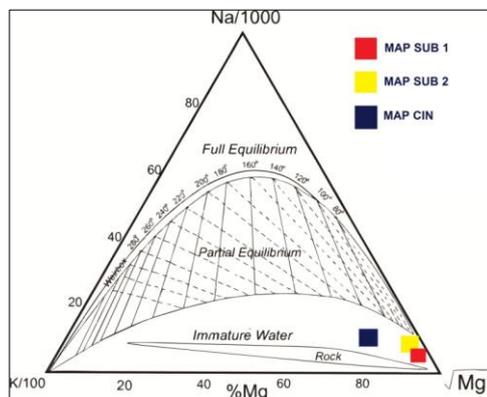
4.1.3 Kesetimbangan Fluida

Kesetimbangan fluida panas bumi dapat dianalisis menggunakan data konsentrasi Na, K dan Mg. Unsur Na, K dan Mg terbentuk karena adanya perubahan temperatur fluida panas bumi. Pengolahan data dilakukan dengan menghitung presentase unsur Na, K dan Mg kemudian data tersebut diplot dalam diagram segitiga Na-K-Mg.

Tabel 3. Nilai Presentase Unsur/Senyawa Na-K-Mg

Kode Sampel	Presentase (%)		
	Na	K	Mg
MAP SUB1	5,27	2,19	92,52
MAP SUB2	9,15	2,87	87,97
MAP CIN	11,28	11,08	77,62

Hasil plotting pada diagram segitiga Na-K-Mg dapat diinterpretasikan bahwa ketiga sampel mata air panas di daerah penelitian masuk ke dalam zona *immature water*, dengan konsentrasi Mg yang tinggi. Hal ini menandakan telah terjadi reaksi antara fluida panas bumi dengan batuan ketika fluida bergerak menuju permukaan dan juga telah terjadi pengenceran oleh air meteorik yang kaya akan unsur Mg (Gambar 5).



Gambar 5. Diagram Segitiga Na-K-Mg Dalam Air Panas Daerah Penelitian

4.2 Perkiraan Temperatur Bawah Permukaan

Hasil dari perhitungan geotermometer dapat memperlihatkan perkiraan temperatur bawah permukaan (resevoir) yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Geotermometer Na-K dan Silika (SiO₂)

Mata Air Panas	Na-K (°C)		SiO ₂ (°C)
	Giggenbac (1988)	Fournier (1979)	Fournier (1977)
MAP SUB1	170,99	158,61	107,83
MAP SUB2	154,30	140,66	109,51
MAP CIN	231,01	224,42	146,15

Berdasarkan persamaan geotermometer SiO₂ maka didapatkan hasil dari temperatur bawah permukaan di daerah penelitian sebagai berikut : MAP SUB1 (107,83°C), MAP SUB2 (109,51°C), MAP CIN (146,15°C).

Hasil persamaan geotermometer Na-K (Giggenbach, 1988) maka diperoleh MAP SUB1 (170,99°C), MAP SUB2 (154,30°C), MAP CIN (231,01°C) dan persamaan geotermometer Na-K (Fournier, 1979) diperoleh MAP SUB1 (158,61°C), MAP SUB2 (140,66°C) dan MAP CIN (224,42°C).

Hasil perhitungan geotermometer mata air panas di daerah penelitian (Tabel 4), maka dapat dilihat bahwa pada daerah Subang memiliki temperatur bawah permukaan yang berkisar antara 107°C-109°C yang mana daerah penelitian ini termasuk ke dalam sistem panas bumi bertemperatur rendah dan pada daerah Ciniru memiliki temperatur bawah permukaan yaitu 146°C yang termasuk ke dalam sistem panas bumi bertemperatur sedang.

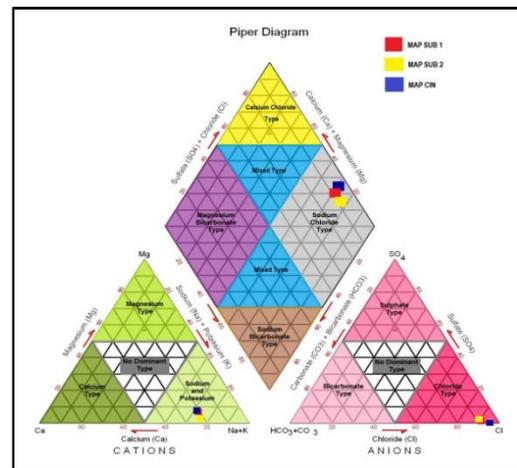
Terdapatnya perbedaan hasil perhitungan temperatur bawah permukaan dengan menggunakan geotermometer fluida (air), hal ini sangat dimungkinkan dikarenakan pada saat fluida (air) panas bumi dari bawah permukaan (reservoir) suatu sistem panas bumi dalam perjalanannya ke permukaan mengalami kontaminasi dengan unsur-unsur kimia lainnya, baik unsur kimia dari batuan maupun mengalami pencampuran (*mixing*) atau pengenceran (*dilute*) dengan fluida dangkal membentuk kesetimbangan baru (Gentana, D., dkk., 2020).

4.3 Diagram Trilinear Piper

Piper (1953, dalam Walton 1970) mengembangkan metode pada sebuah bentuk diagram trilinear piper, yang merupakan salah satu metode analisis untuk mengetahui sumber unsur terlarut dalam air tanah, perubahan atau modifikasi sifat-sifat air yang melewati suatu wilayah tertentu.

Hasil analisis diagram piper menunjukkan MAP SUB 1, MAP SUB 2 dan MAP CIN merupakan fasies *alkaline earth water* yang berindikasi air tanah berasal dari daerah *recharge* atau imbuan dengan tipe air *potassium/Sodium Chloride* yang merupakan jenis air dengan kandungan kation didominasi oleh ion Na dan K serta kandungan anion didominasi oleh ion Cl (Gambar 6). Segitiga kation yang terdapat pada diagram piper bagian kiri bawah menunjukkan kandungan ion pada sampel mata air mengelompok pada bagian sodium dan potassium dari segitiga kation. Segitiga anion yang terdapat pada diagram piper bagian kanan bawah menunjukkan kandungan ion pada sampel mata air

mengelompok pada bagian kanan bawah dari segitiga anion. Hal ini menunjukkan bahwa sampel mata air memiliki tipe anion *chloride*.



Gambar 6. Diagram Trilinear Piper

5. KESIMPULAN

Hasil plotting kandungan unsur Cl, SO₄, dan HCO₃, tipe mata air panas (MAP SUB1, MAP SUB2 dan MAP CIN) menunjukkan ketiganya sebagai air klorida. Hasil plotting kandungan unsur Cl, Li, dan B pada diagram segitiga Cl-Li-B, menunjukkan ketiga mata air panas berada dalam kelompok yang sama, terbentuk pada kondisi *absorption of low B/Cl steam*. Berdasarkan hasil plotting diagram segitiga Na-K-Mg, maka dapat disimpulkan bahwa ketiga mata air panas pada daerah penelitian termasuk ke dalam zona *immature water*, dengan konsentrasi Mg yang tinggi. Hasil analisis diagram piper menunjukkan MAP SUB 1, MAP SUB 2 dan MAP CIN merupakan fasies *alkaline earth water* dengan tipe air *potassium/Sodium Chloride* yang merupakan jenis air dengan kandungan kation didominasi oleh ion Na dan K serta kandungan anion didominasi oleh ion Cl.

Berdasarkan hasil perhitungan geotermometer air, maka dapat dilihat bahwa pada daerah Subang memiliki temperatur bawah permukaan yang berkisar antara 107°C-109°C yang mana daerah penelitian ini termasuk ke dalam sistem panas bumi bertemperatur rendah dan pada daerah Ciniru memiliki temperatur bawah permukaan yaitu 146°C yang termasuk ke dalam sistem panas bumi bertemperatur sedang.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, M.A., S. Iswahyudi, M.A. Pamungkas, dan H.L. Sunan., 2019. Kontrol Struktur Geologi Pada Kemunculan Mata Air Panas Bumi Daerah Subang, Jawa Barat. *Jurnal Geosaintek*, Vol. 5 No. 3 Tahun 2019 : 113-118.
- Aribowo, Y., Nurohman, H., 2012. Studi Geokimia Air Panas Area Prospek Panas bumi Gunung Kendali Kabupaten Semarang, Provinsi Jawa Tengah.
- Djuri., 1995. Peta Geologi Lembar Arjawinangun, Jawa, Skala 1 : 100.000, Lembar 1309-1
- Ellis, A.J., and mahon, W. A. J., 1977. *Chemical Geothermometry In Geothermal Systems*.
- Fournier, R. O., 1979., *A Revised Equation for The Na/K Geothermometer. California: U.S Geological Survey*.
- Fournier, R. O dan Rowe, J. J., 1977. *Estimation of Underground Temperatures from the Silica Content of Water From Hot Springs and Wet-Steam Wells, American Journal of Science, Vol. 264.*
- Gentana, D., Haryanto, D., A., Hutabarat, J., 2020. *Geochemical and Isotope Analysis in Geothermal System of Mt. Rendingan and its Surrounding, Lampung Province, Southern Part of Sumatra. Proceeding 5th International Confrences of Geological Engineering Faculty (ICGEF 2020).*
- Giggenbach, W.F., 1988. *Geothermal Solute Equilibria. Derivation of Na-K-Mg- Ca Indicators, Geochimica et Cosmochimica Acta, Vol. 52 No.12, pp. 2749-2765.*
- Goff, F., and Janik, C.J., 2000. *Geothermal systems, in Sigurdsson, H., ed., Encyclopedia of Volcanoes. Academic Press: San Diego*
- Harijoko, A ., dan Juhri, S., 2016. Karakteristik Geokimia Air Panas Bumi Di Sekitar Gunung Slamet. Proceeding, seminar nasional kebumihan ke-9. 6 - 7 oktober. Universitas Gadjah Mada.
- Kastowo, N. Suwarnna., 1996. Peta geologi Lembar Majenang, Jawa Skala 1 : 100.000, Lembar 1308-5.
- Laksminingpuri, N., Prasetyo, R., dan Satrio., 2018. Karakteristik Kimia Dan Isotop Fluida Panas Bumi Daerah Gunung Tampomas, Jawa Barat. Riset Geologi dan Pertambangan.

- Nicholson, K., 1993. *Geothermal Fluids, Chemistry & Exploration Techniques*, Berlin: Springer.
- Walton, W.C., 1970, *Groundwater Resource Evaluation International Student Edition*, McGraw-Hill Koghasuka, LTD, Tokyo.
- Wohletz, K., and Heiken, G., 1992. *Volcanology and Geothermal Energy. California: University of California Press.*