

Klasifikasi Mata Air Panas Berdasarkan Diagram Segitiga Fluida di Batu Balang dan Muaro Paiti, Kabupaten 50 Kota

Almuhsinin, Ardian Putra*

Laboratorium Fisika Bumi, Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas

Kampus Unand Limau Manih, Padang, 25163 Indonesia

*ardianputra@sci.unand.ac.id

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang karakteristik fluida mata air panas berupa penentuan tipe fluida, kesetimbangan, asal usul sumber fluida dan pengenceran fluida di Nagari Batu Balang dan Nagari Muaro Paiti Kabupaten 50 Kota. Sampel penelitian diambil dari empat sumber mata air panas sebanyak 500 ml. Hasil pengukuran di dua lokasi didapatkan nilai pH 7,21 – 7,44, dan nilai temperatur permukaan mata air panas 41,36°C – 60,86°C. Konsentrasi Na, K, Mg, K, B dan Li didapatkan dari *Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectroscopy* (ICP-AES), konsentrasi Cl didapatkan dari pengolahan persamaan konduktivitas yang didapatkan dari *conductivity meter*, konsentrasi SO₄ dengan metode *visible spectroscopy* dan hasil konsentrasi HCO₃ diukur dengan titrasi asam basa. Segitiga Cl-HCO₃-SO₄ menunjukkan fluida bertipe bikarbonat. Segitiga Na-K-Mg menunjukkan kandungan dominan pada fluida adalah Mg yang mengindikasikan banyak pencampuran dengan air tanah. Segitiga Cl-Li-B menunjukkan asal sumber fluida berada pada reservoir yang memiliki struktur batuan yang sama dan berasal dari sistem hidrotermal lama. Dari hasil analisis karakteristik fluida yang telah diperkirakan terdapat potensi panas bumi di daerah tersebut.

Kata kunci: Batu Balang, diagram segitiga fluida, mata air panas, Muaro Paiti, tipe fluida.

ABSTRACT

The characteristic of hot spring fluids had been investigated to determine the fluid type, equilibrium, the origin of the fluid source and dilution of fluid in Nagari Batu Balang and Nagari Muaro Paiti, 50 Kota Regency. 500 ml sample of fluid was taken from 4 hot springs. The result of two locations have been measured that have pH values between 7.21 – 7.44, and the surface temperatures values between 41.36 °C – 60.86 °C. The concentration of Na, K, Mg, B and Li are measured with Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectroscopy (ICP-AES), concentration of Cl is measured by conductivity equations that found with conductivity meter, concentration of SO₄ is measured with visible spectroscopy method and the concentration of HCO₃ is measured by acid-base titration. Cl-HCO₃-SO₄ triangular diagram defined that bicarbonate fluids appear. Na-K-Mg triangular diagram shows that dominant composition is Mg indicates that there is a mixture with ground water, Cl-Li-B triangular diagram shows that the sources of fluid is from reservoir that have the same characteristics of rocks and from an old hydrothermal system. From this analysis there can be defined that fluid characteristics where the research take place have a potential geothermal area that needed to have further explorations.

Keywords: Batu Balang, triangular diagram, hot spring, Muaro Paiti, fluid type.

I. PENDAHULUAN

Sumatera Barat memiliki 1.656 MW dengan total cadangan 858 MW yang tersebar di Pasaman, Pasaman Barat, Lima Puluh Kota, Agam, Tanah Datar, Solok, dan Solok Selatan. Sumatera Barat memiliki tatanan geologi yang didominasi oleh busur magma berupa subduksi dan Sesar Sumatera, dimana keduanya merupakan gejala tektonik utama yang bersifat regional, membujur sepanjang 1650 km dari Aceh hingga Teluk Semangko yang dikenal dengan Sesar Semangko (Munandar dkk, 2013). Selain karena kondisi tektoniknya yang mengakibatkan munculnya manifestasi panas bumi, keberadaan gunung api juga memberikan pengaruh terhadap sumber panas bumi yang ada di Sumatera Barat.

Salah satu manifestasi panas bumi yaitu munculnya sumber air panas di permukaan yang dapat mengindikasikan adanya sistem panas bumi yang terbentuk di bawah permukaan bumi. Panas bumi terjadi oleh adanya aktifitas vulkanik atau tektonik yang kemudian mengakibatkan air di bawah permukaan mengalami pemanasan sehingga muncul ke permukaan sebagai mata air panas (Nicholson, 1993). Fluida mata air panas memiliki tiga tipe yang dibedakan berdasarkan jenis anion dominan yang ada dalam kandungannya

yaitu air klorida, air sulfat dan air bikarbonat. Fluida mata air panas perlu diketahui karakteristik seperti asal usul fluida dan kesetimbangannya sebelum dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai potensi panas bumi.

Safitra dan Putra (2018) telah melakukan penelitian di Panti dengan menggunakan diagram segitiga Cl-Li-B dan Na-K-Mg untuk menentukan karakteristik fluida mata air panas di Panti, Kabupaten Pasaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fluida berasal langsung dari sumber panas bumi. Kondisi tersebut ditunjukkan oleh kandungan Cl yang relatif besar dibandingkan Li dan B. Berdasarkan diagram Na-K-Mg didapatkan bahwa fluida bergerak ke permukaan secara lambat dari reservoir. Hal ini diketahui dari besar persentase K yang kecil yaitu sebesar 1,593% sampai 2,746%. Hasil plot pada diagram Na-K-Mg menunjukan seluruh sampel mata air panas berada pada zona *immature water* yaitu telah mengalami pengenceran dengan air permukaan. Berdasarkan persentase Na diperkirakan temperatur reservoir kurang dari 250°C.

Utami dan Putra (2018) melakukan penelitian karakteristik fluida panas bumi di mata air panas gunung Talang dengan menggunakan diagram segitiga Na-K-Mg dan Cl-Li-B dengan hasil penelitian kadar B yang cukup tinggi menandakan bahwa fluida panas bumi dipengaruhi magma Gunung Talang dan sebelum sampai ke permukaan fluida telah mengalami interaksi dengan batuan sedimen yang kaya organik. Dua titik dari enam titik panas bumi yang diuji di sekitar Gunung Talang memiliki konsentrasi Cl yang lebih besar yaitu sebesar 30,50% dan 33,51% karena pengaruh zona Sesar Semangko. Rasio perbandingan B/Cl digunakan untuk menentukan kesamaan reservoir panas bumi dan perbandingan B/Li dapat digunakan untuk menentukan zona *upflow* dan *outflow* (Nicholson, 1993). Burhan dan Putra (2017) telah melakukan penelitian pemetaan tipe mata air panas di 46 titik mata air panas yang ada di Sumatera Barat dengan menggunakan diagram segitiga fluida Cl-SO₄-HCO₃. Salah satu mata air panas yang diuji yaitu mata air panas Batu Balang. Berdasarkan hasil pengeplotan pada diagram Cl-SO₄-HCO₃ didapatkan bahwa mata air panas Batu Balang bertipe bikarbonat.

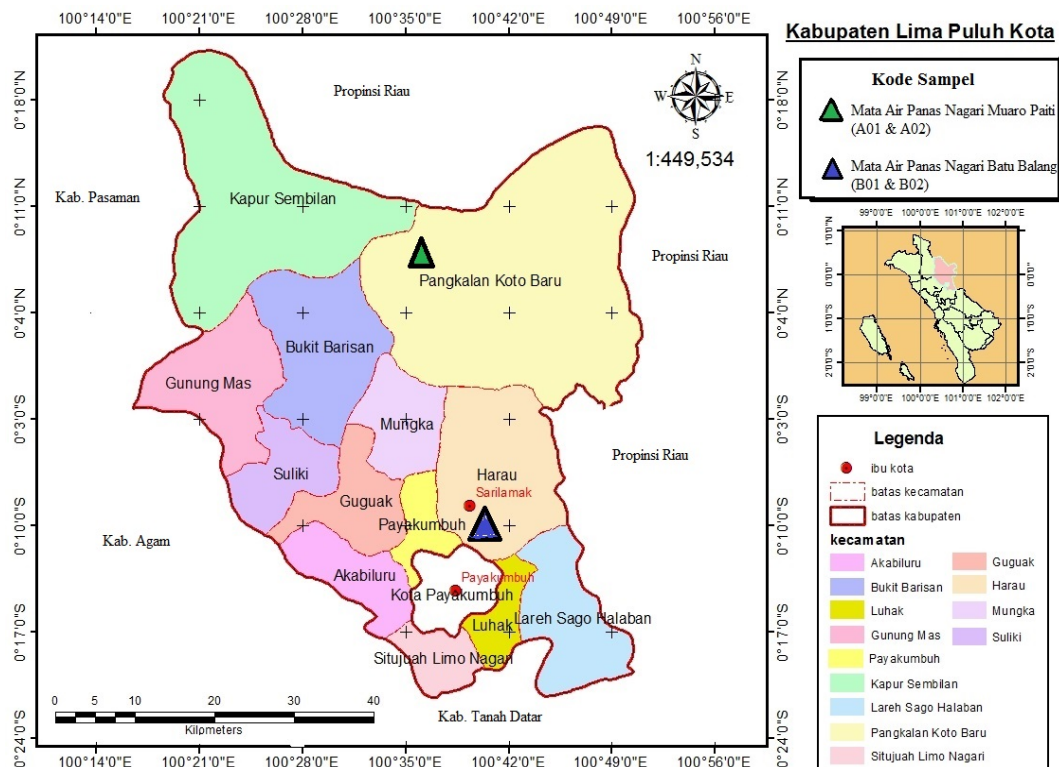
Strelbitskaya dan Radmehr (2010) telah melakukan penelitian tentang karakteristik geokimia dari fluida mata air panas di Sabalan, dengan menggunakan diagram segitiga Cl-Li-B dan diagram Na-K-Mg. Hasil yang didapatkan dari penelitian tersebut bahwa fluida mata air panas Sabalan bersumber langsung dari reservoir yang ditunjukkan dengan tingginya kandungan Cl dan fluida mengalami sedikit pengenceran oleh air tanah yang bisa dilihat dari sedikitnya kandungan Mg pada diagram Na-K-Mg. Diagram Cl-Li-B digunakan untuk menentukan asal usul sumber fluida mata air panas dan struktur batuan yang ada di sekitar aliran mata air panas dari sumber panas sampai ke permukaan. Kondisi pengenceran atau pencampuran fluida mata air panas dengan air permukaan dan CO₂ dapat dilihat dari kandungan Na, K dan Mg, sedangkan diagram Cl-HCO₃-SO₄ dapat memberikan informasi tentang kandungan utama dari fluida mata air panas (Giggenbach, 1998).

Berdasarkan tinjauan hasil penelitian Burhan dan Putra (2017) di Batu Balang yang menunjukkan fluida mata air panas bertipe bikarbonat, sedangkan untuk mata air panas yang lain di Batu Balang dan Muaro Paiti belum dilakukan penelitian pendahuluan mengenai karakteristik fluidanya. Penelitian lebih lanjut penting dilakukan untuk mengetahui karakteristik mata air panas dengan menggunakan diagram segitiga Na-K-Mg, Cl-Li-B dan Cl-SO₄-HCO₃ supaya didapatkan kesetimbangan, asal sumber, pengenceran, pendidihan dan tipe fluida mata air panas di Batu Balang dan Muaro Paiti.

II. METODE

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel penelitian berasal dari 4 sumber mata air panas yang ada di Nagari Batu Balang dan Nagari Muaro Paiti, Kabupaten 50 Kota. Lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 1. Mata air panas Batu Balang ditunjukkan oleh kode sampel A01 dan A02, sedangkan mata air Muaro Paiti ditunjukkan oleh kode sampel B01 dan B02.



Gambar 1 Lokasi pengambilan sampel

2.2 Pengujian Sampel

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel mata air panas sebanyak 500 ml setiap sampel. Tingkat keasaman dan temperatur permukaan diukur dengan menggunakan pH meter dan termometer digital yang langsung dilakukan di lokasi pengambilan sampel. Setelah dilakukan pengukuran derajat keasaman dan temperatur permukaan di lokasi, sampel dibawa ke laboratorium dengan menggunakan botol dan dilakukan uji kandungan fluida untuk penentuan karakteristik fluida mata air panas. Alat-alat yang digunakan dalam metode ini adalah *Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectroscopy* (ICP-AES) untuk mengukur konsentrasi Na, K, Mg, Li dan B, seperangkat alat titrasi asam basa untuk mengukur konsentrasi senyawa HCO₃, konduktivitas sampel diukur menggunakan *conductivity meter* yang dimasukkan kedalam persamaan 1 untuk mendapatkan besar konsentrasi Cl. *Visible spectroscopy* untuk pengukuran SO₄. Nilai konsentrasi unsur dan senyawa di atas akan dimasukkan ke dalam Persamaan 2 sampai Persamaan 13 untuk mendapatkan data persentase yang akan diplot pada 3 diagram segitiga fluida yang berbeda. Tiga diagram segitiga tersebut digunakan untuk menganalisis karakteristik fluida yaitu, tipe fluida, kesetimbangan fluida dan sumber fluida mata air panas.

$$[Cl] = 2,1EC^{1,4} \tag{1}$$

$$S = [Cl] + [SO_4] + [HCO_3] \tag{2}$$

$$\%Cl = (100[Cl]) / S \tag{3}$$

$$\%SO_4 = (100[SO_4]) / S \tag{4}$$

$$\%HCO_3 = (100[HCO_3]) / S \tag{5}$$

$$S = [Cl] / 100 + [Li] + [B] / 4 \tag{6}$$

$$\%B = (([B] / 4) / S) 100 \tag{7}$$

$$\%Li = ([Li] / S) 100 \tag{8}$$

$$\%Cl = [Cl] / S \tag{9}$$

$$S = [Na] + 10[K] + 1000[Mg]^{1/2} \tag{10}$$

$$\%Na = \frac{[Na]}{S} 100 \tag{11}$$

$$\%K = \frac{10[K]}{S} 100 \tag{12}$$

$$\%Mg = \frac{1000[Mg]^{1/2}}{S} 100 \tag{13}$$

EC adalah konduktivitas, S adalah jumlah total konsentrasi unsur atau senyawa, [Cl] adalah konsentrasi klorida, [SO₄] adalah konsentrasi sulfat, [HCO₃] adalah konsentrasi bikarbonat, [B] adalah konsentrasi boron, [Li] adalah konsentrasi litium, [Na] adalah konsentrasi natrium, [K] adalah konsentrasi kalium, [Mg] adalah konsentrasi magnesium dan % adalah persentase unsur atau senyawa.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Data Sampel Air Panas

Data pengukuran pH dan temperatur permukaan mata air panas dari empat sampel relatif sama. Nilai pH berkisar 7,21 sampai 7,44 dan temperatur permukaan 41,36 °C - 60,86°C (Tabel 1). Besar temperatur permukaan mata air panas Muaro Paiti lebih panas dibandingkan dengan mata air panas Batu Balang. Temperatur permukaan dan pH ini menunjukkan bahwa fluida bersifat netral dan didominasi air.

Tabel 1 Data pH dan temperatur

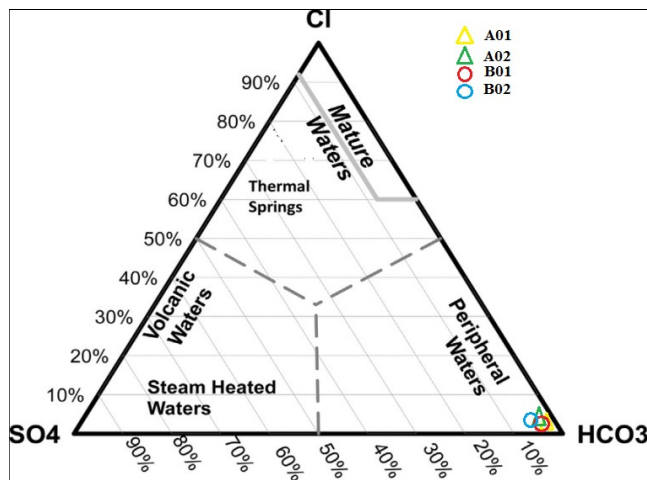
Kode Sampel	pH	Temperatur Permukaan
A01	7,21	60,86
A02	7,25	55,10
B01	7,34	41,54
B02	7,44	41,36

3.2 Tipe Mata Air Panas

Tipe mata air panas ditentukan dengan menggunakan pengeplotan pada diagram segi tiga fluida Cl-HCO₃-SO₄. Perhitungan persentase kandungan senyawa dan unsur Cl, HCO₃ dan SO₄ menggunakan Persamaan 3 sampai Persamaan 6. Persentase yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil plot persentase data unsur dan senyawa dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil plot pada diagram Cl-SO₄-HCO₃ menunjukkan bahwa empat mata air panas terletak pada daerah *peripheral water* atau dominasi air. Hal ini menunjukkan kandungan dominasi fluida adalah bikarbonat (HCO₃) dan mempunyai pH netral sampai sedikit basa, sesuai dengan hasil pengukuran yang dilakukan. Berdasarkan data yang didapatkan mata air panas memiliki fluida yang didominasi oleh air. Fluida mata air panas yang berada pada zona *peripheral water* mengalami banyak pencampuran dengan air tanah dan CO₂ dari sumber panas bumi (Mnjokava, 2007). Hal tersebut didukung juga dengan data temperatur yang tidak terlalu panas dan pH yang mendekati netral.

Tabel 2 Persentase Cl-HCO₃-SO₄

Kode Sampel	Konsentrasi (ppm)			Persentase (%)		
	Cl	HCO ₃	SO ₄	Cl	HCO ₃	SO ₄
A01	4,099	1500	23,89	0,268	98,168	1,563
A02	5,101	1375	24,96	0,363	97,861	1,776
B01	5,353	1813	27,95	0,290	98,196	1,514
B02	5,461	1625	28,51	0,329	97,952	1,718



Gambar 2 Diagram Cl-HCO₃-SO₄

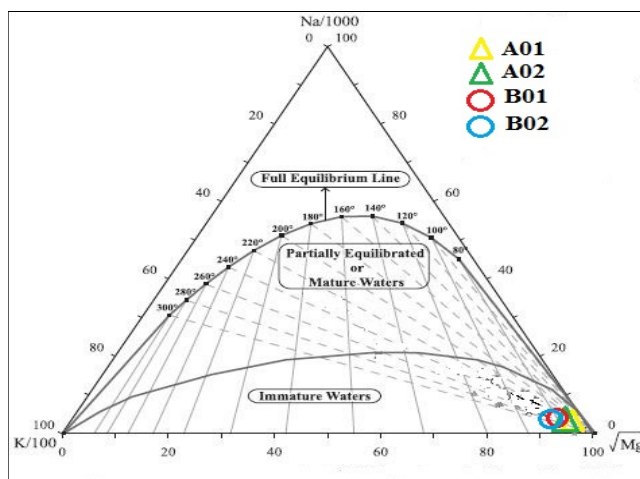
3.3 Kesetimbangan Fluida Panas Bumi

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. Data persentase Na, K dan Mg dapat dilihat pada Tabel 3 yang didapatkan dari Persamaan 9 sampai Persamaan 12 yang di plot pada diagram Na-K-Mg seperti Gambar 3.

Tabel 3 Persentase Na-K-Mg

Kode Sampel	Konsentrasi (ppm)			Persentase (%)		
	Na	K	Mg	Na	K	Mg
A01	1,16	2,25	2,23	0,076	1,483	98,440
A02	1,18	2,27	2,17	0,079	1,516	98,405
B01	1,55	2,38	1,12	0,143	2,196	97,661
B02	1,60	2,42	1,16	0,145	2,194	97,661

Interaksi fluida dengan batuan panas dengan mengontrol unsur Kalium. Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa konsentrasi K di mata air panas Batu Balang dan Muaro Paiti sebesar 2,25 ppm – 2,42 ppm, konsentrasi K yang kecil mengindikasikan bahwa aliran fluida bergerak secara lambat dari sumber panas menuju permukaan. Oleh sebab itu dapat dikatakan bahwa sistem panas bumi Nagari Batu Balang dan Muaro Paiti mengalami proses pendinginan secara konduktif (Nicholson, 1993).



Gambar 3 Diagram Na-K-Mg

Sistem panas bumi yang memiliki konsentrasi Na 1,98 ppm – 6,67 ppm memiliki temperatur reservoir < 250 °C (Nicholson, 1993). Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi natrium 1,16 ppm – 1,60 ppm, maka diketahui temperatur reservoir mata air panas Batu balang dan Muaro Paiti kurang dari 250 °C kemudian temperatur mengalami penurunan temperatur secara konduktif, sehingga temperatur permukaan menjadi lebih dingin.

3.4 Asal Usul dan Pengenceran Fluida Mata Air Panas

Asal usul dan pengenceran fluida panas bumi dapat ditentukan dengan analisis unsur Cl, Li dan B pada diagram segi tiga fluida Cl-Li-B yang diolah berdasarkan Persamaan 6 sampai Persamaan 9. Persentase masing-masing unsur akan digunakan untuk pengeplotan pada diagram segi tiga, untuk persentase setiap unsur dapat dilihat pada Tabel 4. Hasil pengolahan pengeplotan dapat dilihat pada Gambar 4.

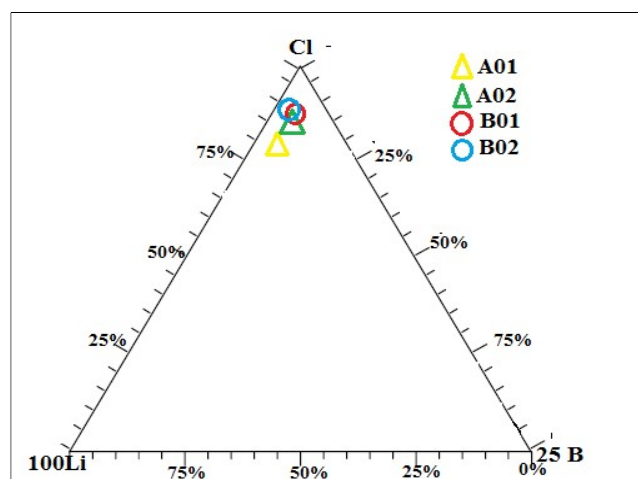
Kandungan litium yang sangat kecil pada empat sampel menunjukkan bahwa mata air panas di Nagari Batu Balang dan Nagari Muaro Paiti berada jauh dari sumber panas bumi. Unsur Li adalah unsur yang mudah terserap oleh mineral klorit, lempung dan kuarsa, sehingga konsentrasi Li sebelum sampai dipermukaan mengalami banyak pengurangan.

Unsur Boron pada empat sampel mata air panas juga memiliki kandungan konsentrasi yang kecil, terlihat pada diagram Cl-Li-B kandungan boron relatif sedikit. Hal ini menandakan bahwa fluida sedikit mengalami pengenceran oleh batuan di sekitar aliran fluida karena B adalah unsur yang sukar bereaksi sehingga hanya sedikit asosiasi antara fluida panas bumi dengan batuan sedimen yang kaya zat organik (Nicholson, 1993).

Diagram Cl-Li-B menunjukkan 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 geothermal, sehingga unsur B dan Cl dijadikan geoindikator yang baik untuk menentukan asal dari sistem geothermal (Strelbitskaya dan Radmehr, 2010). Berdasarkan rasio B/Cl mata air panas dari empat sampel yaitu 0,002 untuk A01 dan 0,001 untuk A02, B01 dan B02. Rasio perbandingan B/Cl tersebut mengindikasikan bahwa fluida mata air panas bersumber pada reservoir yang memiliki jenis batuan yang sama.

Tabel 4 Persentase Cl-Li-B

Kode Sampel	Konsentrasi (ppm)			Persentase (%)		
	Cl	Li	B	Cl	Li	B
A01	4,099	0,0080	0,0078	80,467	15,705	3,828
A02	5,101	0,0076	0,0045	85,394	12,723	1,883
B01	5,353	0,0062	0,0045	87,963	10,188	1,849
B02	5,461	0,0056	0,0054	88,710	9,097	2,193



Gambar 4 Diagram Cl-Li-B

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan data yang telah didapatkan dari penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa tipe fluida mata air panas di Nagari Batu Balang dan Nagari Muaro Paiti adalah bikarbonat sesuai dengan diagram Cl-SO₄-HCO₃, dan kandungan fluida adalah dominan air. Berdasarkan diagram Na-K-Mg disimpulkan bahwa fluida mata air panas berada pada zona *immature water* yaitu fluida yang banyak mengalami pengenceran oleh air tanah, fluida bergerak ke permukaan dengan lambat dan temperatur reservoir kurang dari 250°C. Diagram Cl-Li-B menunjukkan fluida bersumber dari sumber panas bumi dan berada jauh dari permukaan akan tetapi fluida mengalami sedikit reaksi dengan batuan beku di sekitar aliran fluida. Berdasarkan analisis karakteristik fluida yang didapatkan dari penelitian, mata air panas Batu Balang dan Muaro Paiti merupakan indikator adanya sumber panas bumi dan diperlukan penelitian lanjutan tentang besar potensi panas bumi.

DAFTAR PUSTAKA

- Burhan, D. "Pemetaan Tipe Air Panas di Sumatera Barat", *Skripsi SI*, Universitas Andalas. 2017.
- Giggenbach, W. F., *Geothermal Solute Equilibria. Derivation of Na-K-Mg-Ca Geoindicators*, (Elsevier, Netherland, 1998) Hal 2749-2765.
- Mnjokava, T.T., *Interpretation of Exploration Geochemical Data for Geothermal Fluids from the Geothermal Field of the Rungwe Volcanic Area, SW-Tanzania*, (Geothermal Training Programe, Iceland, 2007)
- Munandar, A. Suhanto, E. Kusnadi, D. Idral, A. dan Solviah, M., "Penyelidikan Terpadu Daerah Panas Bumi Gunung Talang Kabupaten Solok-Sumatera Barat" , *Kolokium Hasil Kegiatan Inventaris Sumber Daya Mineral-DIM*, (SUBDIT Panas Bumi, Departemen Sumber Daya Mineral, Jakarta, 2003).
- Nicholson, K., *Geothermal Fluids*, (Springer Verlag Inc., Berlin, 1993) 19-83
- Safitra, A., dan Putra, A., "Karakterisasi Fluida Panas Bumi di Mata Air Panas Panti, Kabupaten Pasaman", *Jurnal Fisika Unand*, 7(2) hal 179-185, (2018)
- Strelbitskaya, S., dan Radmehr, B., "Geochemical Characteristics of Reservoir Fluid from NW- Sabalan Geothermal Field", *Proceeding, World Geothermal Congress 2010*, (Bali, 2010)
- Sukendar, P.M., Sasmito, B., Wijaya, A.P., "Analisis Sebaran Kawasan Potensial Panas Bumi Gunung Salak dengan Suhu Permukaan, Indeks Vegetasi dan Geomorfologi", *Jurnal Geologi Undip*, 5(2) hal 66-75, (2016)
- Utami, Z.D., dan Putra, A., "Penentuan Karakteristik Fluida Dan Estimasi Temperatur Reservoir Panas Bumi Di Sekitar Gunung Talang", *Jurnal Fisika Unand*, 7(2) hal 130-136, (2018)