

*Artikel*

Geologi dan Geokimia Fluida Mata Air Panas Untuk Estimasi Temperatur Bawah Permukaan di Desa Balai dan Sekitarnya, Kecamatan Gunung Talang Kabupaten Solok Provinsi Sumatra Barat

M. Al Kahfi¹, Lenny Marlinda², Bagus Adhitya^{1*}, Yosa Megasukma³

¹Program Studi Teknik Geologi, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

²Program Studi Kimia, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

³Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

*Corr Author : bagusadhitya@unja.ac.id

Abstrak: Kabupaten Solok Provinsi Sumatra Barat yang merupakan bagian dari Gunung Api Talang yang berada di perbukitan Sumatra. Berdasarkan kondisi geologi lokasi penelitian berasosiasi dengan sistem Sesar Sumatra dimana struktur sesar mempengaruhi adanya sumber energi panas bumi di daerah penelitian. Analisis geokimia fluida mata air panas bertujuan untuk mengetahui komposisi geokimia fluida mata air panas, bagaimana karakteristik fluida mata air panas, dan perkiraan suhu reservoir bawah permukaan dengan melakukan analisis *geothermometer*. Metode penelitian antara lain: studi pendahuluan, pengambilan data dan pemetaan geologi berupa survey dan pemetaan singkapan batuan, struktur geologi, dan geomorfologi, preparasi sampel batuan dan fluida, dan terakhir pengolahan data. Kondisi geologi daerah penelitian dikontrol oleh aktivitas dari vulkanik dan tektonik. Manifestasi panas bumi daerah Balai Pandan memiliki suhu relatif 45°C, pH 6 bersifat netral, warna jernih, mengeluarkan bau belerang. Sedangkan sifat geokimia fluida mata air panas yaitu fluida bertipe air bikarbonat yang diperkirakan karena adanya pengaruh endapan batugamping. Berdasarkan plot pada segitiga Na/100-K/100-√Mg fluida mata air panas merupakan *immature water* dimana fluida reservoir telah mengalami pencampuran dengan air yang lebih dangkal dengan konsentrasi silika maupun unsur bikarbonat yang tinggi. Perkiraan suhu reservoir bawah permukaan dengan analisis geothermometer pada lokasi daerah penelitian berdasarkan dari hasil geokimia untuk Silika No steam loss entalpi suhunya sedang, Silika Max steam loss suhunya sedang, Na-K suhunya tinggi dan K-Mg suhunya rendah. Dan hasil dari daerah penelitian untuk perkiraan suhu bawah permukaan lebih relevan dengan hasil geokimia pada Na-K dikarenakan suhunya tinggi dan cocok untuk air bertipe karbonat pada mata air panas daerah penelitian.

Kata kunci: Geokimia, Suhu, Mata Air Panas

Abstract. Solok Regency, West Sumatra Province, which is part of the Talang Volcano in the hills of Sumatra. Based on the geological conditions, the research location is associated with the Sumatran Fault system, where the fault structure influences the presence of geothermal energy sources in the research area. Geochemical analysis of hot spring fluids aims to determine the geochemical composition of hot spring fluids, the characteristics of hot spring fluids, and estimate the temperature of subsurface reservoirs by conducting geothermometer analysis. Research methods include: preliminary studies, data collection and geological mapping in the form of surveys and mapping of rock outcrops, geological structures and geomorphology, preparation of rock and fluid samples, and finally data processing. The geological conditions of the research area are controlled by volcanic and tectonic activity. The geothermal manifestation in the Balai Pandan area has a relative temperature of 45°C, neutral pH 6, clear color, emits a sulfur smell. Meanwhile, the geochemical properties of the hot spring fluid are bicarbonate water type fluid which is thought to be due to the influence of limestone deposits. Based on the plot in the Na/100-K/100-√Mg Triangle, hot spring fluid is immature water where the reservoir fluid has been mixed with shallower water with high concentrations of silica and bicarbonate elements. Estimation of subsurface reservoir temperature using geothermometer analysis at the research area location is based on geochemical results for Silica No steam loss enthalpy temperature is medium, Silica Max steam loss is medium temperature, Na-K is high temperature and K-Mg is low temperature. And the results from the research area for estimating subsurface temperatures are more relevant to the geochemical results on Na-K because the temperature is high and suitable for carbonate type water in hot springs in the research area.

Keywords: Geochemistry, Temperature, Hot Springs

PENDAHULUAN

Menurut Badan Standardisasi Nasional (2016), Indonesia memiliki potensi panas bumi sekitar 27.000 MW atau sekitar 40% dari total potensi panas bumi dunia, tersebar di 265 lokasi di sepanjang jalur vulkanik, khususnya di Sumatra dan potensi energi panas bumi Provinsi Sumatra Barat hingga 500 MW yang tersebar di wilayah Solok Sumatra Barat. Adapun pemanfaatan panas bumi berpeluang untuk mendorong sektor perekonomian karena tidak hanya sebagai pembangkit listrik, tetapi juga berguna dalam industri lainnya yang ada di Indonesia. Indonesia memiliki potensi panas bumi sebesar 23,9 GW. Menurut catatan terbaru dari Badan Geologi, pemerintah menargetkan pemanfaatan panas bumi menjadi 7.241,5 MW atau 16,8% pada tahun 2025. [1]

Secara stratigrafi daerah penelitian berdasarkan peta Geologi Lembar Solok (Kusnama, dkk., 1992) yaitu satuan batuan Breksi Gunungapi Talang (Qatg), Satuan batuan Lava Andesit Gunung Talang Formasi (Qatg), Satuan Batuan Endapan Koluviun Formasi (Qf) Satuan Batuan Batugamping Kristalin Formasi (Trtl), Satuan Batuan Breksi Andesit Tufaan rombakkan Andesit dari gunung api Talang Formasi (Qatg). Pada daerah penelitian menunjukkan bahwa keberadaan manifestasi yaitu pada batuan sedimen yaitu Batugamping dari Formasi Tuhur yang berumur Trias dan berasosiasi dekat dengan Sesar Sumatra atau dari sesar lokal yaitu Sesar Timbulun dan kelompok Gunung Api Talang. [2]

Geologi dan geokimia merupakan kajian studi yang saling mendukung dan berkaitan karena geokimia merupakan bidang kajian khusus pada kimia batuan dan juga panas bumi dalam ilmu geologi. Selain itu peneliti juga tertarik untuk mempelajari kondisi geologi desa Balai Pandan dan sekitarnya di kecamatan Gunung Talang kabupaten Solok dikarenakan kondisi geologi yang kompleks di wilayah tersebut, namun belum ada kajian geologi di daerah ini. Oleh karena itu, penulis mengajukan judul penelitian, “Geologi dan Geokimia Fluida Mata Air Panas Bumi Untuk Perkiraan Suhu Bawah Permukaan Di Desa Balai Panda dan sekitarnya, Kecamatan Gunung Talang, Kabupaten Solok, Provinsi Sumatra Barat”. [3]

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini berupa pengambilan pada sampel air berdasarkan prosedur menurut [3], yang kemudian dilakukan analisis geokimia air. Pengambilan data lapangan dilakuka guna memperoleh kondisi geologi dan sifat fisik maupun kimia dari setiap manifestasi panas bumi. Data yang dicatat mencakup koordinat, kondisi geologi pada setiap lokasi dan sifat fisik serta sifat kimia (Suhu, udara dan fluida permukaan, Bau, Warna, Rasa Fluida, pH, TDS, dan DHL) mata air panas. Untuk Selanjutnya, dilakukan pengambilan sampel air panas yang disimpan dalam wadah tertutup dalam 2 botol, satu botol fluida panas bumi biasa dan satunya lagi fluida panas bersifat asam dengan nilai pH 2 dalam satu sampel fluida. Sampel air panas diuji di laboratorium untuk mengetahui kandungan unsur kimianya dan melalui perhitungan geotermometer maka didapatkan hasilnya dari geokimia untuk perkiraan suhu bawah permukaan yang berada di Desa Balai Pandan dan sekitarnya Provinsi Sumatra Barat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengamatan di lapangan terhadap keterdapatan manifestasi panas bumi di Kolam Air Panas Garara berupa mata air panas (Hotsprings) yang ditemukan pada bagian Utara dari Gunung Api Talang yaitu terdiri dari 3 titik mata air panas. Hasil pengambilan data dapat dilihat pada **tabel 1**, dari hasil tersebut didapatkan bahwa suhu terendah terdapat pada lokasi pengamatan T. MAP 1.2 (Sapan) dengan relatif suhu 31,3° C, Sedangkan suhu tertinggi beradapa pada lokasi pengamatan T. MAP 1.3 sebesar 48,8° C (**Gambar 2**). Secara Fisik rata-rata pada manifestasi mata air panas dicirikan dengan berwarna jernih, dan sedikit berbau sulfur, untuk debit aliran relatif cukup rendah. Secara geologi keterdapatan manifestasi mata air panas ini berada diantara Batugamping yang merupakan batuan

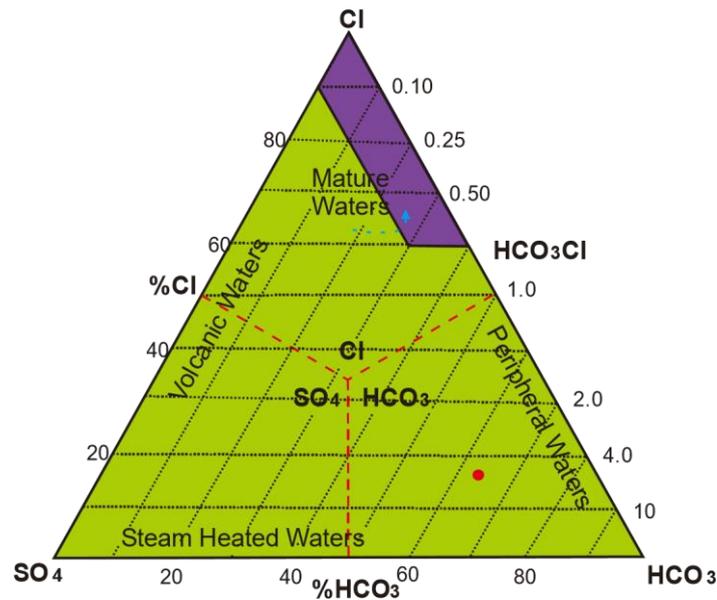
berasal dari Formasi Tuhur (TRtl), batuan yang berada disekitar manifestasi mata air panas ini terdiri dari Satuan Batugamping Kristalin dan Satuan Batugamping Pasiran, dapat dilihat pada Peta Geologi.



Gambar 1. Keterdapatn mata air panas di kolam Garara dan Pengambilan data Tds, DHL, pH dan temperature serta sampel pada Manifestasi mata air panas di Kolam Air Panas Garara.

Manifestasi panas bumi di sekitar lokasi dicirikan oleh munculnya mata air panas di sekitar aliran sungai dan dijumpai empat titik manifestasi dengan jarak yang berdekatan. Dimana pada titik manifestasi ini terletak pada topografi lembah yang merupakan aliran dari Sungai Air Bartumbuh yang hulu sungainya berasal dari gunung Talang. Kemudian pada daerah penelitian sekitar manifestasi juga ditemukan struktur geologi berupa sesar yang berada di jalur Sungai Air bartumbuh berada pada Air Terjun Timbulun. Sehingga dapat diindikasikan bahwa faktor geologi terhadap kemunculan dari manifestasi air panas di sekitar Sungai Air Bartumbuh ini sangat berpengaruh. Dengan adanya manifestasi mata air panas pada area ini, maka lembah tersebut diduga sebagai jalur patahan, sehingga fluida hydrothermal lebih mudah untuk naik ke permukaan.

Dalam menentukan karakteristik air panas berupa tipe fluida pada reservoir menggunakan data kimia kandungan relatif dari klorida (Cl), sulfat (SO₄) dan bikarbonat (HCO₃) yang diolah terlebih dahulu dengan menghitung presentase dari masing-masing unsur Cl, SO₄ dan HCO₃ (**Tabel 2**). Hasil perhitungan persentase kandungan relatif Cl, SO₄ dan HCO₃ tersebut memperlihatkan tipe mata air panas T. MAP 1.3 adalah Bikarbonat (**Tabel 1**).

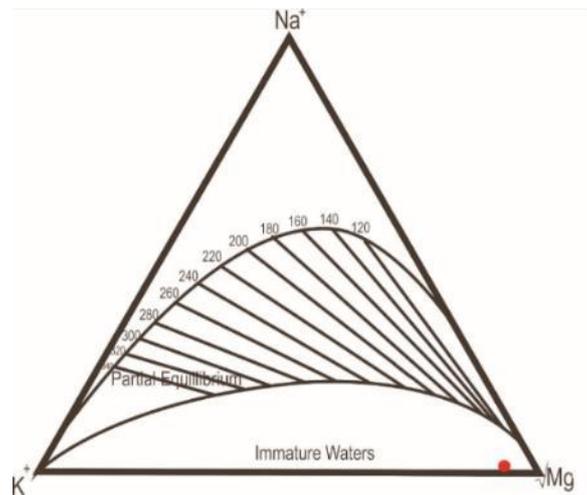


Gambar 2. Hasil Plotting Kandungan Unsur Diagram segitiga anion Cl-, HCO₃-, SO₄²⁻ untuk menentukan tipe fluida panas bumi kolam aia angek Garara titik MAP 1.3 di desa Balai Pandan berupa fluida yang sudah bercampur dengan batuan sampling Batugamping yang bertipe Bikarbonat pada daerah penelitian (Giggenbach, 1991).

Tabel 1. Data Hasil Geokimia Fluida Mata Air Panas Garara

No.	Kode Sampel	parameter						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Fe ³⁺	Li ⁺	TDS
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	MK 1.3	71.20	58.00	39.97	91.60	3.20	0.25	960

No.	Kode Sampel	PARAMETER												
		pH	DHL	TDS	SiO ₂	B	Al ³⁺	As ³⁺	NH ₄ ⁺	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻
		-	μS/cm	(mg/L)	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1.	MK 1.3	8.26	1360	3642	189.43	3.37	0.21	0.30	0.67	0.04	75.66	116.10	534.12	0.00



Gambar 3. Hasil *Plotting* Kandungan Unsur Diagram Segitiga Na/100-K/100-√Mg untuk menentukan kesetimbangan Manifestasi Mata Air Panas Titik MK 1.3 Aia Angek Garara Pada Daerah Penelitian (Giggenbach, 1991)

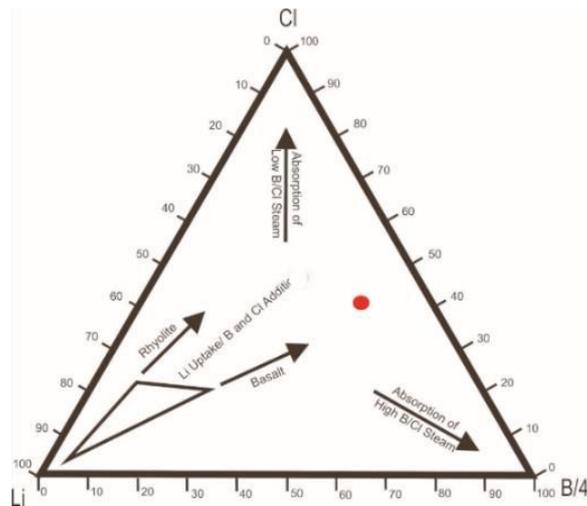
Dari hasil analisis kimia fluida air panas (T. MAP 1.3) yang terdapat pada daerah penelitian diketahui bahwa fluida panas bumi yang ada pada daerah Balai Pandan merupakan fluida air yang mengandung nilai Magnesium (Mg) yang cukup tinggi dan bertipe air Bikarbonat. Hal ini dikarenakan dari hasil analisis kimia diketahui unsur HCO₃ (Bikarbonat) merupakan unsur yang paling dominan, dan terbentuk dari kontak batuan samping yaitu Batugamping Kristalin.

Analisis yang dilakukan dengan menggunakan parameter unsur anion, didapatkan bahwa tipe fluida manifestasi air panas Garara dari contoh sampel fluida T. MAP 1.3 merupakan fluida klorida, yang berarti berasal dari kedalaman yang sangat dalam, dan diperkirakan bersumber dari fluida panas bumi (*geothermal fluid*). Suhu manifestasi permukaan dengan hasil analisis sangat mendukung, sebagai petunjuk bahwa fluida reservoir dari fluida panas bumi yang belum mengalami pendidihan (*boiling*) dan menandakan bahwa fluida mata air panas bumi Garara ini telah terkontaminasi dengan air meteorik pada kesetimbangan *Peripheral*.

Kemunculan air Bikarbonat dari mata air panas termasuk dalam zona *immature waters*. Diindikasikan merupakan zona outflow dari sistem panas bumi berdasarkan tipe fluidanya yaitu Bikarbonat dan merupakan immature water dimana fluida reservoir telah mengalami pencampuran dengan air meteorik dengan konsentrasi silika maupun unsur bikarbonat yang tinggi. Kesetimbangan reaksi dari analisis kation dari sampel fluida manifestasi panas bumi garara diperoleh pada *Immature Waters* dipengaruhi oleh kesetimbangan reaksi kimia fluida panas bumi yang menandakan bahwa fluida permukaan berasal dari kedalaman reservoir panas bumi yang jauh (Jauh dari sumber panas).

Relatif tingginya kandungan Mg dibanding kandungan K dan Na menunjukkan bahwa air panas di daerah penelitian dipengaruhi oleh pelarutan dengan air tanah. Akan tetapi nilai rasio Cl dan rasio Na yang tinggi dan nilai rasio K yang rendah dari unsur lainnya. Pengaruh air tanah dan permukaan sebenarnya terlihat dari tipe air panas yang kebanyakan berupa air HCO₃. Pada kondisi ini sebagai indikasi bahwa unsur kation dari fluida panas bumi telah mengalami pelarutan dan mendekati pencampuran. Pencampuran disebabkan oleh batuan samping yang umumnya melalui batuan sedimen dari formasi berumur Trias Formasi Tuhur (TRtl).

Berdasarkan hasil plotting kandungan unsur diagram segitiga Cl/100-B/4-Li manifestasi mata air panas Garara (T. MAP 1.3) di daerah penelitian yang diperoleh dari data hasil analisis laboratorium yang kemudian di olah terlebih dahulu menjadi Cl/100, B/4, 2Li, dan di hitung nilai persentase (%) dari masing-masing unsur tersebut. Maka didapatkanlah hasil nilai suhu bawah permukaan dengan perhitungan Geotermometer.



Gambar 4. Hasil Plotting Kandungan Unsur Diagram Segitiga Cl/100-B/4-Li Manifestasi Mata Air Panas Titik MK 1.3 Aia Angek Garara Pada Daerah Penelitian (Giggenbach, 1991).

Hasil perhitungan Cl/100, B/4, 2Li yang di olah kedalam bentuk persen (%) dan kemudian dilakukan plotting dari sampel mata air panas (T. MAP 1.3) ke dalam diagram segitiga Cl/100- B/4-Li (Giggenbach, 1988) agar dapat mengetahui karakteristik fluida, reservoir dan asal fluida (air) panas bumi di daerah penelitian. Hasil plotting dari diagram segitiga tersebut memperlihatkan bahwa sampel mata air panas T. MAP 1.3 Garara, berada pada posisi diantara titik unsur Cl (chloride) dan B (Boron) dengan nilai rasio B/Cl yang tinggi dan Li sangat rendah, muncul ke permukaan pada kondisi di tengah yaitu antara “absorption of low and high B/Cl steam” (**Gambar 4**). Hal ini menunjukkan mata air panas (T. MAP 1) sedikit sekali dipengaruhi oleh aktifitas gunung api (jauh dari sumber panas suatu sistem panas bumi dikedalaman) dan terkontaminasi dengan batuan sampling yaitu Batugamping Karbonatan.

Lokasi mata air panas relatif jauh dari dari gunung api, melimpahnya kandungan Cl mata air panas tersebut sebagai air tanah dangkal dan berasal dari air formasi (*connate water*), hal ini dapat diinterpretasikan bahwa mata air panas mengalami pencampuran dan didominasi oleh air tanah permukaan. Hal ini didukung oleh nilai konsentrasi Li relatif kecil yang mengindikasikan reaksi dekat dengan permukaan. Geotermometer merupakan salah satu parameter untuk menghitung atau untuk mengukur tingkat kepanasan air yang berada dibawah permukaan pada sumber air panas dengan menggunakan termometer, dan yang menjadi objek pengukurannya adalah kandungan unsur kimia yang ada di dalam fluida tersebut.

Berikut geotermometer dengan beberapa parameter, antara lain:

1. Geotermometer silika digunakan berdasarkan pada kelarutan berbagai jenis silika dalam air sebagai fungsi dari temperatur. Pada kebanyakan sistem panasbumi, fluida di kedalaman mengalami equilibrium dengan kuarsa. Untuk menentukan temperatur bawah permukaan dengan menggunakan Geotermometer dengan kandungan SiO₂ dapat menggunakan persamaan diantaranya:
 - a. Quartz No. Steam Loss
Geotermometer silika quartz-no steam loss tidak cocok digunakan pada keadaan temperatur reservoir lebih kecil daripada permukaan.
 - b. Quartz-max Steam Loss
Geotermometer silika quartz-no steam loss tidak cocok digunakan pada keadaan upflow karena temperatur lebih mudah kehilangan uap/kandungan panas pada reservoir.
2. Geotermometer Na-K digunakan untuk menghitung suhu di reservoir yang dapat memberikan hasil untuk beberapa air panas bumi suhu tinggi tetapi akan tidak baik untuk air panas bumi dengan konsentrasi kalsium tinggi dan suhu permukaan rendah.

3. Geotermometer K-Mg

Geotermometer ini diterapkan pada situasi dimana Na terlarut dan Ca belum disetimbangkan antara cairan dan batuan. Untuk menentukan temperatur bawah permukaan menggunakan geotermometer dengan kandungan Na-K dapat menggunakan persamaan berikut:

Maka didapatkan hasil masing-masing perhitungan geotermometer dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil perhitungan Geotermometer yang mengacu pada Klasifikasi SNI 2018

	SiO ₂ No. Steam loss (°C)		SiO ₂ Max Steam Loss (°C)	Na-K (°C)	K-Mg (°C)
Suhu	204,66		165,62	303,73	78,11
Klasifikasi 2018	Sedang		Sedang	Tinggi	Rendah

Menurut hasil perhitungan geotermometer seperti tabel diatas dan telah diklasifikasikan suhunya sesuai SNI 2018 maka estimasi suhu reservoir sistem panas bumi pada manifestasi mata air panas bumi titik MK 1.3 berkisaran 78,11°C hingga 303,73°C. Adapun geotermometer yang dapat digunakan yaitu geotermometer Na-K dengan kategori bersuhu tinggi yaitu 303,73°C dan geotermometer Silika (SiO₂) dengan kategori bersuhu sedang yaitu untuk *No steam loss* diangka 204,66°C dan *Max steam loss* diangka 165,62°C. Hal ini karena geotermometer Na-K tepat digunakan oleh mata air panas memiliki kesetimbangan *Immature Water* penuh dengan suhu tinggi dari dalam reservoir panas bumi. Beberapa temperature seperti Geotermometer Na-K bersuhu tinggi dan SiO₂ No Steam Loss yang juga tinggi relevan dengan perhitungan silika karena geotermometer SiO₂ cocok apabila digunakan pada suhu temperatur tinggi (diatas 180°C) Dan diklasifikasikan pada 2018 termasuk temperatur sedang dengan dapat menghasilkan sekitar 6-7 MW. Perkiraan suhu reservoir bawah permukaan dengan analisis geotermometer pada lokasi daerah penelitian berdasarkan dari hasil geokimia untuk Silika No steam loss entalpi suhunya sedang, Silika Max steam loss suhunya sedang, Na-K suhunya tinggi dan K-Mg suhunya rendah. Analisis Petrografi dalam penentuan jenis batuan, penulis juga memakai metode analisis sayatan tipis berupa petrografi yang bertujuan untuk mengidentifikasi komposisi mineral batuanannya sehingga dapat ditentukan nama pasti batuan. Adapun Analisis petrografi peneliti terdiri dari 5 sampel batuan yaitu Batuan Karbonatan Gamping Kristalin, Batuan Breksi Andesit dan Batuan Lava Andesit.

Stratigrafi

Secara stratigrafi daerah penelitian berdasarkan peta Geologi Lembar Solok (Kusnama, dkk., 1992) yaitu satuan batuan Breksi Gunungapi Talang (Qatg), Satuan batuan Lava Andesit Gunung Talang Formasi (Qatg), Satuan Batuan Endapan Koluvium Formasi (Qf) Satuan Batuan Batugamping Kristalin Formasi (Trtl), Satuan Batuan Breksi Andesit Tufaan rombakkan Andesit dari gunung api Talang Formasi (Qatg).

Geologi Struktur

Pada lokasi penelitian keterdapatan struktur geologi ditemukan pada daerah yang telah diinterpretasi tahap awal dengan menggunakan data Model Elevasi Digital (DEM) yaitu penarikan data kelurusan dengan menarik garis pada daerah lembah - lembah dari punggung perbukitan untuk mengetahui arah dominan suatu kelurusan, dalam hal ini struktur geologi yang berperan pada daerah penelitian dominan berarah Baratlaut – Tenggara mengikuti arah dari struktur regional berupa Sesar



Sumatra. Adapun ketersediaan struktur geologi yang ditemukan dilapangan yaitu berupa data kekar dan sesar.

Berdasarkan data pengukuran struktur di daerah penelitian terdapat beberapa struktur berupa sesar turun berarah Utara – Selatan dan sesar mendatar kiri berarah Barat Laut - Tenggara yang berperan aktif pada daerah penelitian. Analisis stereografis dan pengukuran data struktur geologi dilapangan membantu untuk menentukan arah tegasan yang membentuk struktur pada daerah penelitian. Struktur yang dijumpai pada daerah penelitian berupa sesar. Berikut analisa stereografis pada sesar berdasarkan data pengukuran yang dilakukan dari lapangan. Sesar yang ditemukan berada pada jalur Sungai Batang Sumani yang berarah Baratlaut – Tenggara. Keterdapatan Sesar ini juga yang memfasilitasi kemunculan manifestasi panas bumi berupa mata air panas dan juga beberapa sesar lainnya merupakan sesar mayor yang berperan di daerah penelitian dalam aktivitas tektoniknya.

Geologi Sejarah

Sejarah geologi di daerah penelitian merupakan serangkaian kejadian geologi berupa aktivitas vulkanik, tektonik maupun sedimentasi yang dimulai dari pembentukan batuan dasar hingga sekarang. Sejarah geologi daerah Gunung Talang dan Sekitarnya didasarkan pada data lapangan pemetaan geologi yang dibuktikan dari keterdapatan singkapan batuan yang sudah terpetakan serta aktivitas dari struktur geologi sehingga dapat dihubungkan dengan geologi regional daerah penelitian.

Sejarah geologi dari daerah penelitian dimulai dari pembentukan *basement* pulau Sumatra, pulau Sumatra terbagi menjadi menjadi tiga blok besar yaitu blok Sibumasu, blok Sumatra Barat dan blok Malaya Timur. Pada Zaman Devon hingga Permian dimana terjadi tumbukan (kolisi) antara blok Sibumasu dengan blok Malaya Timur yang menyebabkan terbentuknya Kraton. Pada Zaman Trias hingga Jura Awal terjadi *transcurrent system* antara blok Sibumasu dengan Blok Sumatera Barat. Zaman Jura hingga Kapur terjadi obduksi antara Woyla *intra-oceanic arc* dengan blok Sumatra Barat. Pada Zaman Trias pada daerah penelitian mulai terjadi pengangkatan sehingga tersingkapnya Formasi Tuhur yang tersusun atas batuan batugamping. Selanjutnya pada Zaman Kapur Awal-Kapur Akhir skala regional mengalami proses Blok Woyla obduksi terhadap Blok Sumatra Barat yang dibatasi oleh lempeng Ngalau. Adapun secara lokal, sejarah geologi daerah penelitian Batugamping akan terangkat bersama batulempung sebagai dampak dari obduksi, lalu terjadi metamorfisme regional sehingga merubah batugamping menjadi marmer, sedangkan batulempung menjadi slate dan filit.

Selain itu terjadinya aktivitas vukanisme dari Gunungapi Talang dan Gunungapi Sugirik yang membentuk endapan-endapan kolovium andesit sebagai hasil transportasi melalui media air yang membawa batuan-batuan andesit hasil dari erupsi. Selain itu Gunungapi Talang dan Gunungapi Sugirik yang jaraknya berdekatan sekitar 10 km juga mengeluarkan material vulkanik berupa tuff sebagai hasil aktivitas hembusan dan membentuk endapan breksi tuff dan diakhiri pada Zaman Kuartar adanya endapan aluvium. Pada zaman Kuartar awal hingga akhir mulai terjadi aktivitas dari vulkanik yaitu akibat dari pengaruh tektonik yang menyebabkan aliran lava keluar permukaan sehingga membentuk Lava Andesit Gunung Talang Formasi (Qatg) dilanjutkan kembali dengan pengendapan produk dari hasil letusan gunung api Gunung Talang (Qatg) dan Gunung Sugirik yang berada didekatnya yang menyebabkan breksi andesit dengan material vulkanik Gunung Sugirik lainnya terendapkan diantara lava andesit secara tidak selaras.

KESIMPULAN

1. Kondisi geologi daerah penelitian dikontrol oleh aktivitas dari vulkanik dan tektonik. Adapun Satuan batuan daerah penelitian terdiri dari satuan batuan Breksi Gunungapi Talang, Satuan batuan Lava Andesit Gunung Talang Formasi (Qatg), Satuan Batuan Pumice Gunung Talang, Satuan batuan lapili dan tuff Gunungapi Talang, Satuan Batuan Breksi fanglomerat dan endapan koluvium Formasi (QTau) Satuan Batuan Batugamping Kristalin Formasi (Trtl), Satuan Batuan Pelapukkan Andesit

rombakkan Andesit dari gunung api Formasi (Qf). Sedangkan satuan geomorfologi terdiri dari Perbukitan Vulkanik (V1), Perbukitan Struktural (S1), Perbukitan Karst (K1), Dataran Fluvial (F1) dan Tubuh Sungai (F2) Kemudian dikontrol oleh struktur geologi yang ditemukan berupa sesar mendatar turun kiri (*Lag Left Slip Fault*) (Sesar Air Terjun Timbulun), Sesar mendatar turun kiri (*Normal Left Slip Fault*) dan sesar mendatar turun kiri (*Lag Left Slip Fault*) dengan arah dominan Baratlaut - Tenggara.

2. Sifat fisik manifestasi panas bumi daerah Balai Pandan yaitu manifestasi berupa air panas yang memiliki suhu relatif 45°C, pH 6 bersifat netral, warna jernih, mengeluarkan bau belerang maupun tidak serta rasanya asin. Sedangkan sifat geokimia fluida manifestasi mata air panasnya yaitu fluida bertipe air bikarbonat hal ini dikarenakan unsur yang mendominasi pada fluida berupa bikarbonat dan dipengaruhi adanya endapan batugamping, berdasarkan tipe fluidanya yaitu Bikarbonat dan merupakan immature water dimana fluida reservoir telah mengalami pencampuran dengan air yang lebih dangkal dengan konsentrasi silika maupun unsur bikarbonat yang tinggi.
3. Perkiraan suhu bawah permukaan dengan analisis geotermometer pada lokasi daerah penelitian berdasarkan dari hasil geokimia untuk Silika No steam loss entalpi suhunya sedang, Silika Max steam loss suhunya sedang, Na-K suhunya tinggi dan K-Mg suhunya rendah.

SARAN

Studi lebih detail diperlukan untuk mengetahui bagaimana karakteristik fluida mata air panas di area Desa Balai dan sekitarnya dengan cara analisis sample geokimia yang lebih banyak. Sehingga akan diketahui temperature bawah permukaan yang lebih akurat, dengan melihat trend dan perilaku dari sampel yang dianalisis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Barber, A.J., Crow, M.J., Milsom, J.S. (2005). Sumatra: Geology Resources and Tectonic Evolution. Geological Society Memoir No. 31. Hal : 29.
- [2] Browne, P. R. L. (1978). Hydrothermal alteration in active geothermal fields. Annual review of earth and planetary sciences, 6(1). Hal : 229-248.
- [3] Ditjen EBTKE dan Badan Geologi Kementrian ESDM, (2007). Buku Potensi Panas Bumi Jilid 1. Direktorat Jenderal Panas Bumi Energi Baru Terbarukan dan Konservasi, Kementrian Energi Sumber Daya Mineral. Jl. Pegangsaan Timur No.1 Menteng, Jakarta:10320. Hal : 217 – 222.
- [4] Fournier, R. O. (1977). Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems. Geothermics 5, 41-50.
- [5] Giggenbach, W.F., (1988). Geothermal solute equilibria. Derivation of Na-K-Mg-Cageoindicators. Geochemicaet Cosmochimica Acta Vol. 52, p. 2749-2765
- [6] Hamilton, W. (1979). Tectonic of Indonesian Region. US Geological Survey Professional Paper. Hal : 345-459.
- [7] Hochstein, M., & Sudarman, S. (2017). Indonesian Volcanic Geothermal Systems. Geothermische Energie Heft, 87, 20–22.
- [8] Kusnana, dkk. (1992). Peta Geologi Lembar Solok, skala 1 : 250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- [9] Muraoka, H., dkk. (2010). Geothermal systems constrained by the Sumatran fault and its pull-apart basins in Sumatra, Western Indonesia. In Proceedings World Geothermal Congress (pp.1-9).
- [10] Nicholson, K. (1993). Geothermal fluids: chemistry and exploration techniques. Springer Science dan Business Media. Hal : 229.
- [11] Saptadji, N. M. (2009). Teknik Panas Bumi. Bandung: ITB.
- [12] Simmons, S. F. (1998). Geochemistry Lecture Note. Auckland: University of Auckland.
- Utama, H.W., dkk. (2020). Peta fisiografi dan tektonik pulau sumatra.



- [13] Utama, H.W., Mulyasari, R. and Said, Y.M. (2021). Geothermal Potential on Sumatra Fault System to Sustainable Geotourism in West Sumatra. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 7(2), 126-137.
- [14] Van Bemmelen, R.W, (1949). *The Geology of Indonesia, Vol.IA, General Geology*, The Hageu Martinus Nijhoff. Hal : 732.

