ANALISA TIPE FLUIDA MANIFESTASI PANASBUMI MENGGUNAKAN DIAGRAM TRILINIER CL-SO_4-HCO_3 DI DESA BAKAN KECAMATAN LOLAYAN KABUPATEN BOLAANG MONGONDOW

Aslam Rais, Heindrich Taunaumang, Jeferson Polii
Program Studi Fisika FMIPA Universitas Negeri Manado
email: aslamrais.id@gmail.com

ABSTRAK. Indonesia merupakan daerah yang berpotensi akan sumber daya alam, termasuk sumber daya panasbumi (*geothermal*). Hal ini dikarenakan Indonesia merupakan Negara yang terletak di Derah *ring of fire dunia*, dimana lempeng jalur tektonik membentang dari ujung Pulau Sumatra, Jawa, hingga daerah Bandang Maluku. Salah satu daerah di Sulawesi Utara yang memiliki manifestasi panasbumi, yaitu Desa Bakan, Kecamatan Lolayan, Kabupaten Bolaang Mongondow. Pada daerah tersebut terdapat manifestasi panasbumi mata air panas. Dengan adanya salah satu manifestasi tersebut maka daerah tersebut terdapat potensi panasbumi. Metode yang digunakan yaitu metode geokimia serta pengambilan data fisik dan sampel air panas di lapangan kemudian dilakukan analisis laboratorium pada sampel tersebut. Berdasarkan hasil penelitian kandungan ion Cl, SO_4 dan HCO_3 pada sampel air di Desa Bakan yang telah dianalisis dan hasil perhitungan persentase setiap ion yang telah diplot kedalam diagram *ternary* menunjukkan bahwa sampel air di Desa Bakan adalah air sulfat (SO_4), dengan temperatur manifestasi 78℃ dan temperatur udara 26℃ serta pH menunjukan angka diantara 5 dan 6 yang artinya sifat manifestasi tersebut adalah asam karena memiliki pH kurang dari 7.

Kata Kunci: Bakan, Mata Air Panas, Temperatur, Digram *Ternary*, Tipe Fluida

ABSTRACT. Indonesia is an area that could potentially be the source of the power of nature, including the source of power geothermal (geothermal). This is because Indonesia is a country located in the area of the world's ring of fire, where the tectonic plate stretches from the tip of the island of Sumatra, Java, to the Bandang Maluku area. Wrong one area in North Sulawesi, which has manifestations of geothermal, namely the village Bakan, the District Lolayan, District Bolaang Mongondow. In areas that are manifestations of geothermal eyes water hot. With the presence of one of the manifestations that the area that there is a potential for geothermal. Methods have used that method of geochemical and retrieval of data physical and samples of water hot in the field and then do the analysis laboratory on samples that. Based on the results of the research content of ions Cl, SO_4 and HCO_3 in a sample of water in the village Bakan which has been analyzed and the results of the calculation of the percentage of each ion that has been plotted into the diagram ternary showed that samples of water in the village Bakan is water sulfate (SO_4), with the temperature manifestations 78℃ and the air temperature of 26℃ and pH showed value between 5 and 6 which means that the nature of the manifestations that are acidic due to having a pH less than 7.

Keywords: Bakan, Hot Springs, Temperature, Ternary Diagram, Type of Fluid

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan daerah yang berpotensi akan sumber daya alam, termasuk sumber daya panasbumi (*geothermal*). Hal ini dikarenakan Indonesia merupakan negara yang terletak di daerah *ring of fire* dunia, dimana lempeng jalur tektonik yang membentang dari ujung pulau Sumatera, Jawa, hingga daerah Bandang Maluku.

Pada tahun 2009, telah diketahui sedikitnya 265 lokasi sumber energi panas bumi di seluruh Indonesia dengan potensi 28,1 GWe atau setara dengan 12 milyar barel minyak bumi untuk masa pengoperasian 30 tahun, lokasi tersebar di sepanjang jalur vulkanik yang membentang dari Pulau Sumatra, Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Sulawesi dan Maluku serta daerah-daerah non vulkanik seperti Kalimantan dan Papua. Pada tahun 2009

juga terdapat penemuan 8 lokasi daerah baru dengan potensi sekitar 400 MWe dari hasil kegiatan survei panasbumi yang dilakukan oleh badan geologi, lokasi daerah panasbumi baru ini adalah Lili, Mapil dan Alu, Sulawesi Barat, Tehoru, Banda Baru dan Poho Batu, dan Kelapa Dua, Maluku, dan Kebar, Papua Barat (Kasbani, 2009).

Pada tahun 2017 Kementerian Energi dan Sumber daya Mineral kembali menemukan 342 titik lokasi potensi yang tersebar dari Sabang sampai Merauke dan merupakan potensi panasbumi terbesar di dunia dengan sumber daya sebesar 11.073 MW dan cadangan sebesar 17.506 MW, dimana kapasitas terpasang di Indonesia baru mencapai 11% atau setara dengan 1.808,5 MW (KESDM, 2017 dalam Jasmita & Putra, 2020).

Sulawesi Utara terdapat lokasi-lokasi manifestasi panas bumi berupa mata air panas, *fumarole*, *steaming ground*, *warm ground*, kolam lumpur panas, solfatara, dan batuan teralterasi. Salah satu daerah di Sulawesi Utara yang memiliki manifestasi panasbumi, yaitu Desa Bakan, Kecamatan Lolayan, Kabupaten Bolaang Mongondow. Pada daerah tersebut terdapat manifestasi panasbumi mata air panas. Dengan adanya salah satu manifestasi tersebut maka daerah tersebut terdapat potensi panasbumi.

Dengan latar belakang tersebut, dikaji lebih lanjut lagi tentang potensi panasbumi yang ada di Desa Bakan, Kecamatan Lolayan tersebut. Selain itu, lokasi penelitian ini merupakan lokasi yang belum pernah dilakukan penelitian serupa dengan metode yang digunakan dalam penelitian ini maupun dengan menggunakan metode eksplorasi lainnya. Lokasi penelitian ini terbilang baru serta pada lokasi ini juga banyak di temukan manifestasi, manifestasi yang sering di temukan di Lokasi ini ialah manifestasi mata air panas dan juga kolam air panas.

KAJIAN TEORI

Energi Panasbumi

Energi panasbumi adalah energi panas alami dari dalam bumi yang ditransfer ke permukaan bumi secara konduksi dan konveksi. Secara umum perubahan kenaikan temperatur terhadap kedalaman di kerak bumi adalah sekitar 30℃/km, temperaturnya akan mencapai 105℃. Akan tetapi temperatur tersebut kurang menguntungkan dari sisi ekonomis untuk dimanfaatkan sebagai sumber panas bumi.

Berdasarkan pandangan tersebut, maka menjadi jelas bahwa sumber energi panasbumi yang potensial dan bernilai ekonomis tentunya hanya berada di lokasi tertentu dengan kondisi geologi yang khas. Pengamatan yang mudah adalah dengan mencari keberadaan manifestasi panasbumi. Jika di suatu lokasi ditemukan fumarol dan mata air panas, maka sudah pasti di bawahnya ada sumber panasbumi yang membuat temperatur air tanah meningkat dan membuatnya keluar ke permukaan tanah sebagai mata air panas (Suparno, 2009).

Mekanisme Perpindahan Panas

Dalam mekanisme perpindahan panas terbagi atas tiga yaitu: konduksi (hantaran), konveksi, dan radiasi (sinaran) (Buchori, 2004).

- Konduksi

Perpindahan konduksi adalah proses perpindahan panas jika panas mengalir dari tempat yang suhunya tinggi ke tempat yang suhunya lebih rendah, tetapi media untuk perpindahan panas tetap. Perpindahan panas secara konduksi tidak hanya terjadi pada padatan saja tetapi bisa juga terjadi pada cairan ataupun gas, hanya saja konduktivitas terbesar ada pada padatan. Jadi, konduktivitas padatan lebih besar dari pada konduktivitas cairan dan gas.

- Konveksi

Perpindahan panas konveksi adalah proses perpindahan panas dimana cairan atau gas yang suhunya tinggi mengalir ke tempat yang suhunya lebih rendah, memberikan panas pada permukaan yang suhunya lebih rendah.

Perpindahan panas terjadi antara permukaan padat dengan fluida yang mengalir di sekitarnya. Jadi, perpindahan panas ini memerlukan media penghantar berupa fluida (cairan atau gas). Persamaan dasar dari konsep perpindahan panas konveksi adalah:

$$Q_c = h_c A (T_w - T_s) \quad (1)$$

dengan:

Q_c : Laju perpindahan konveksi (Watt)
h_c : Koefisien perpindahan panas konveksi (W/m^2. ℃)
A : Luas permukaan (m^2)
Tw : Temperatur fluida (℃)
Ts : Temperatur permukaan (℃)

- Radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah perpindahan panas yang terjadi karena

pancaran/sinar/radiasi gelombang elektromagnetik. Perpindahan panas berlangsung elektromagnetik dengan panjang gelombang pada interval tertentu. Jadi perpindahan panas radiasi tidak memerlukan media, sehingga perpindahan panas dapat berlangsung dalam ruang hampa udara. Contohnya panas matahari yang sampai ke bumi.

Persamaan dasar dari konsep perpindahan panas radiasi adalah hukum Stefan-Boltzman. Hukum Stefan-Boltzman dinyatakan dengan:

$q_r = \varepsilon\sigma AT^4$ (2)

Dimana:

Qr : Laju perpindahan radiasi (Watt)
E : Koefisien Stefan-Boltzman (5,67 × 10-8/mK4)
σ : Emisivitas benda
A : Luas permukaan (m^2)
T : Temperatur (K)

Manifestasi Panasbumi di Permmukaan

Berbeda dengan sistem minyak-gas, adanya suatu sumber daya panasbumi dibawah permukaan seringkali ditunjukkan oleh adanya manifestasi panasbumi dipermukaan (*geothermal surface manifestation)*, seperti mata air panas, kubangan lumpur panas (*mud pools*), geyser dan manifestasi panasbumi lainnya, dimana beberapa diantaranya, yaitu mata air panas, kolam air panas, sering dimanfaatkan oleh masyarakat setempat untuk mandi, berendam, mencuci, masak, dll. Manifestasi panasbumi di permukaan diperkirakan terjadi karena adanya perambatan panas dari bawah permukaan atau karena adanya rekahan-rekahan yang memungkinkan fluida panasbumi (uap dan air panas) mengalir kepermukaan.

Daerah dimana terdapat manifestasi panasbumi dipermukaan biasanya merupakan daerah yang pertama kali dicari dan dikunjungi pada tahap ekplorasi. Dari karakterisasi manifestasi panasbumi di permukaan serta kandungan kimia air kita dapat membuat berbagai perkiraan mengenai sistem panasbumi di bawah permukaan, misalnya mengenai jenis dan temperatur reservoir.

Jenis-jenis manifestasi panasbumi permukaan diantaranya adalah tanah hangat (*warm ground*), Permukaan tanah beruap (*steaming ground*), Mata air panas atau hangat (*hot or warm spring*), Kolam Air Panas (*hot pools*), Telaga Air Panas (*hot lakes*), Fumarole, Geyser, Kubangan Lumpur Panas, Silika Sinter, Batuan Mengalami Alterasi.

Manifestasi Mata Air Panas atau Hangat

Manifestasi mata air panas atau hangat ini terbentuk karena adanya aliran air panas atau hangat dari bawah permukaan melalui rekahan-rekahan batuan. Istilah “hangat” digunakan apabila temperatur air lebih kecil dari 50℃. Istilah “Panas” digunakan bila temperatur air lebih besar dari 50℃. Mata air panas yang bersifat asam biasanya merupakan manifestasi permukaan dari suatu sistem panasbumi yang didominasi uap. Sedangkan mata air panas yang bersifat netral biasanya merupakan manifestasi permukaan dari suatu sistem panasbumi yang didominasi air. Mata air panas yang bersifat netral, yang merupakan manifestasi permukaan dari sistem dominasi air, umunya jauh dengan silika. Apabila laju aliran air panas tidak terlalu besar umumnya di sekitar mata air panas tersebut terbentuk teras-teras silika yang berwarna keperakan (*silica sinter terraces* atau *sinter platfroms*). Bila air panas banyak mengandung karbonat maka akan terbentuk teras-teras travertine (*travertine terrace*). Namun dibeberapa daerah, yaitu di kaki gunung, terdapat mata air panas yang bersifat netral yang merupakan manifestasi permukaan dari suatu sistem panasbumi dominasi uap. (Saptadji N. M., 2001).

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

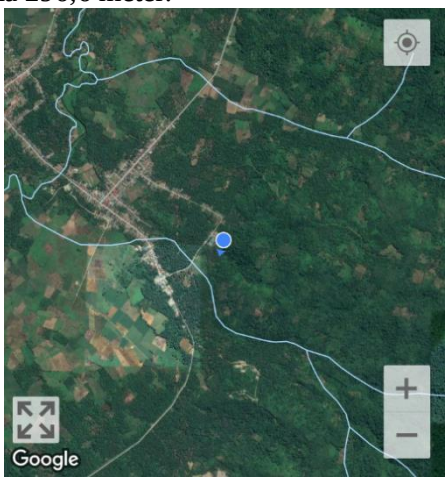
Lokasi penelitian ini terletak di Desa Bakan Kecamatan Lolayan Kabupaten Bolaang Mongondow Provinsi Sulawesi Utara. Secara administratif Desa Bakan merupakan salah satu dari 14 desa yang berada pada di Kecamatan Lolayan yang terletak ± 10 km ke arah Tenggara Ibu kota Kecamatan Lolayan. Desa bakan juga memiliki wilayah yang cukup luas yaitu ± 3000 Ha, sedangkan luas wilayah pemukimannya adalah 30 km.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

E-ISSN 2747-1691
31 Oktober 2021

Berdasarkan GPS, lokasi penelitian ini berada pada titik koordinat X: 0,5981035 dan Y: 124,2936947 serta elevasinya menunjukkan angka 296,6 meter.



Gambar 2. Lokasi Penelitian Berdasarkan Titik Koordinat

Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan alat dan bahan sebagai berikut:

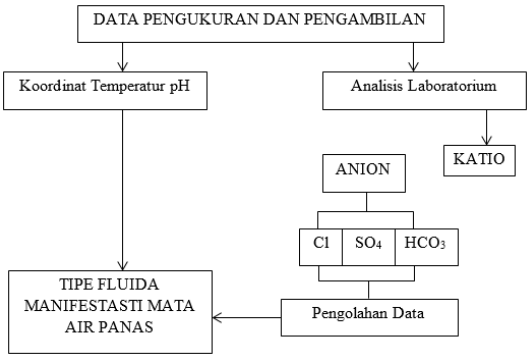
- GPS: Digunakan sebagai alat untuk menentukan titik koordinat dan elevasi yang ada dilokasi penelitian
- Termometer: Digunakan sebagai alat untuk mengukur temperatur atau suhu suatu menifestasi.
- Kertas Lakmus: Digunakan untuk mengukur pH atau derajat keasaman fluida
- Botol Sampel: Digunakan sebagai wadah untuk fluida mata air panas yang akan diambil, agar tidak terkontaminasi dengan daerah sekitar.
- Kertas Saring: Digunakan sebagai proses penyaringan, memisahkan kotoran yang ada pada fluida mata air panas, sebelum dilakukan penelitian.
- *Box*: Diigunakan sebagai tempat untuk menyimpan botol sampel menjaga agar tidak terkontaminasi dengan lingkungan sekitar.
- Spektrofotometer: Alat ini digunakan untuk menetukan unsur-unsur kimia.
- Kemera *Handphone*: Alat ini digunakan sebagai pengambilan dokumentasi kegiatan-kegiatan yang dilakukan.
- PC (*personal computer*): Alat ini digunakan untuk melakukan pengolahan data.
- Reagen *Chloride, Sulphure, Bicarbonate*: Digunakan untuk memicu reaksi ion fluida dalam kegiatan analisa.

Pada penelitian ini menggunakan metode eksplorasi geokimia fluida di daerah manifestasi panasbumi dengan melakukan pengambilan data fisik berupa data suhu manifestasi, suhu udara dan juga pengambilan sampel manifestasi mata air panas kemudian dilakukan analisa pada laboratorium PT. Water Laboratory Nusantara Indonesia.

Teknik Analisis Dan Pengolahan Data

Teknik pengolahan dan analisis data yang digunakan dalam penelitian ini ialah, pertama dilaksanakan kegiatan lapangan yaitu pengambilan data di lapangan seperti titik koordinat, temperatur manifestasi (mata air panas) serta pengambilan sampel manifestasi (mata air panas), kemudian setelah pengambilan data sampel tersebut. Selanjutnya dilakukan analisis laboratorium untuk melihat kandungan kimia pada sampel yang sudah diambil pada daerah manifestasi. Kandungan kimia yang akan dianalisis yaitu Cl, SO_4, HCO_3 dan metode analisis yang digunakan yaitu spektrofotometer serapan atom (AAS) yang merupakan suatu alat yang digunakan pada metode analisis untuk penentuan unsur-unsur logam dan metaloid yang berdasarkan pada penyerapan absorbs radiasi oleh atom bebas dari sampel fluida.

Dari hasil laboratorium yang sudah diperoleh, kita melakukan pengolahan data yaitu menghitung presentase setiap unsur, setelah mendapatkan hasil presentasenya, kemudian diplot pada diagram trilinier yang berdasarkan kandungan ion klorida, sulfat dan bikarbonat, sehingga dari diagram tersebut kita bisa menentukan tipe fluida manifestasi mata air panas pada daerah manifestasi.



Gambar 3. Diagram Alir Teknik Analisis Data

E-ISSN 2747-1691
31 Oktober 2021

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada hari Jumat, 19 Maret 2021 telah dilakukan pengambil sampel di Desa Bakan Kecamatan Lolayan Kabupaten Bolaang Mongondow dan sampel tersebut dilakukan analisa kandungan kimia pada laboratorium PT. Water Laboratory Nusantara Indonesia, diperoleh data seperti pada Tabel 1.

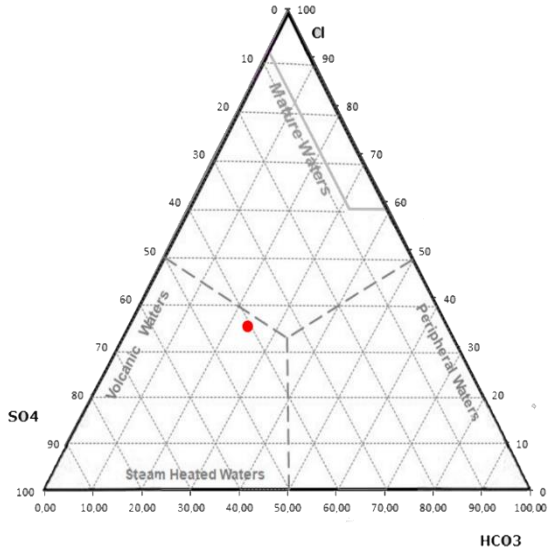
Tabel 1. Data Hasil Analisa Sampel Di Laboratorium

Sampel Mata Air Panas	DATA KIMIA		
	Cl (mg/l)	SO_4 (mg/l)	HCO_3 (mg/l)
Bakan	188	232	137

Dapat dilihat pada Tabel 1 bahwa data kimia sampel mata air panas di Desa Bakan memiliki kandungan klorida dan kandungan bikarbonat yang rendah dibandingkan dengan kandungan sulfat yang sangat tinggi.

Manifestasi mata air panas ini juga memiliki suhu 78℃ dengan suhu udara yang ada di lokasi penelitian pada saat pengambilan sampel adalah 26℃. Pengukuran pH fluida air panas pada manifestasi ini menggunakan kertas lakmus menunjukkan nilai diantara 5 dan 6 yang berarti sifat fluida air panas pada lokasi ini penelitian ini adalah asam karena memiliki pH kurang dari 7.

Seluruh hasil perhitungan persentase dari setiap ion yang terdapat pada fluida mata air panas yang ada di lokasi penelitian diplot kedalam diagram *ternary* seperti yang terdapat pada gambar 4.



Gambar 4. Hasil *Plotting Diagram Ternary*

Berdasarkan nilai persentase kandungan ion yang ada pada sampel mata air panas yang telah dianalisis kandungan unsur-unsur kimianya, khususnya kandungan anion Klorida (Cl), Sulfat (SO_4), Bikarbonat (HCO_3), maka dapat dilihat bahwa mata air panas di daerah manifestasi desa bakan kecamatan lolayan kabupaten bolaang mongondow ini memiliki tipe fluida sulfat (SO_4). Hal ini ditandai dengan tingginya kandungan ion Sulfat (SO_4) pada manifestasi mata air panas di Desa bakan tersebut jika dibandingkan dengan kandungan ion Klorida (Cl) dan Bikarbonat (HCO_3), serta dilihat juga pada hasil plot diagram yang ada pada gambar 4 menunjukkan titik pertemuan antara ion Klorida, Sulfat dan Bikarbonat berada pada daerah Sulfat, yang menunjukkan bahwa tipe fluida manifestasi mata air panas di Desa Bakan sudah jelas adalah Sulfat (SO_4).

Mata air panas bertipe sulfat dikenal juga dengan Air Asam Sulfat (*Acid-Sulphate Water*), merupakan fluida yang terbentuk pada kedalaman dangkal dan terbentuk sebagai akibat dari proses kondensasi gas panasbumi yang menuju dekat permukaan. Gas panasbumi dengan kandungan gas dan volatilnya, pada dasarnya larut dalam kandungan fluida yang terletak pada zona yang dalam tetapi terpisah dari air klorida (Aribowo & Nurohman, 2012).

Selain itu, jika dilihat dari hasil plotting data ke diagram segitiga Cl-SO_4-HCO_3 seperti yang terlihat pada gambar 4 diperoleh tipe dari manifestasi mata air panas di Desa Bakan Kecamatan Lolayan Kabupaten Bolaang Mongondow tersebut adalah Sulfat, hal ini juga berdasarkan dari posisi titik perpotongan antara ke tiga unsur tersebut cenderung ke arah SO_4 dan juga didukung dengan nilai pH dari sampel manifestasi menunjukkan nilai diantara 5 dan 6 yang berarti sifat dari sampel manifestasi mata air panas pada lokasi penelitian ini adalah asam, hal ini dibuktikan juga dengan teori yang terdapat dalam Polii & Rampengan (2020) bahwa air asam sulfat memiliki derajat keasaman yang cukup rendah. Tipe air sulfat ini terbentuk dari proses kondensasi unsur H_2S dan partikel ion lainnya sehingga unsur ini masuk kedalam fluida air tanah dekat permukaan (*steam heated water*) (Ibradi, Sutriyono, & Jati, 2019).

Banyaknya kandungan unsur SO_4 yang terdapat pada sampel mata air panas di lokasi penelitian ini dikarenakan hasil dari oksidasi

hidrogen sulfida dengan oksigen dan juga tingginya kandungan sulfat yang mengindikasikan rendahnya kandungan bikarbonat dan klorida pada sampel manifestasi mata air panas yang ada di lokasi penelitian (Yufita, Isa, & Vijaya, 2020). Hal ini sesuai dengan hasil analisa laboratorium yang telah dilakukan pada sampel tersebut dan mendapatkan kandungan sulfat (SO_4) dari sampel manifestasi mata air panas di lokasi penelitian ini adalah 232 mg/L, yang artinya kandungan tersebut lebih tinggi daripada kandungan klorida (Cl) dan Bikarbonat (HCO_3) dari sampel tersebut yang masing-masing 188 mg/L dan 137 mg/L. Hal ini juga dibuktikan dengan teori Fournier, 1981 dalam Fitrianty, 2012, menyatakan fluida yang mempunyai kandungan sulfat (SO_4) yang relatif tinggi akan mengandung kandungan HCO_3 yang lebih rendah. Berdasarkan hasil analisa sampel di laboratorium seperti yang terlihat pada tabel 1, maka dari hasil tersebut dapat dilihat kandungan HCO_3 dari sampel tersebut sangat rendah dibandingkan dengan kandungan Cl dan SO_4.

Air jenis ini juga dapat diinterpretasikan sebagai air hasil pemanasan oleh uap (*steam heated water*). Hal ini dikarenakan air jenis sulfat yang dihasilkan oleh proses pemanasan uap ini sudah melarutkan batuan samping selama perjalanannya sampai keluar sebagai mata air, maka air jenis ini tidak mewakili komposisi air reservoir secara keseluruhan (Wahyudi, 2005 dalam Hidayat & Putra, 2014). Manifestasi panasbumi yang memiliki konsentrasi sulfat tinggi biasanya terdapat pada wilayah yang tinggi dan dekat dengan wilayah vulkanik (Fornier, 1981 dalam Fitrianty, 2012), dan benar saja posisi manifestasi mata air panas di lokasi penelitian ini berada di wilayah vulkanik yang mendukung terbentuknya air panas bertipe Sulfat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di lapangan dan hasil analisa di laboratorium terkait sampel mata air panas di Desa Bakan Kecamatan Lolayan Kabupaten Bolaang Mongondow serta pengolahan data yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa Manifestasi mata air panas di Desa Bakan Kecamatan Lolayan Kabupaten Bolaang Mongondow memiliki tipe fluida Sulfat (SO_4). Hal ini ditandai dengan tingginya kandungan ion sulfat dibandingkan dengan kandungan ion klorida dan bikarbonat yang terdapat. Selain itu, hal tersebut juga dibuktikan dengan hasil ploting persentase setiap ion kedalam diagram *ternary* dan menunjukkan titik pertemuan antara ion Klorida (Cl), Sulfat (SO_4) dan Bikarbonat (HCO_3) berada pada daerah Sulfat (SO_4), yang menunjukkan bahwa tipe fluida manifestasi mata air panas di Desa Bakan ini sudah jelas adalah Sulfat (SO_4).

DAFTAR PUSTAKA

Aribowo, Y., & Nurohman, H. (2012). *Studi geokimia air panas area prospek panasbumi gunung kendalisodo kabupaten semarang, provinsi jawa tengah.* TEKNIK - Vol. 33 No. 1. ISSN 0852-1697.

Buchori, L. (2004). *Buku Ajar "Perpindahan Panas Bagian 1".* Semarang: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

Fitrianty, U. (2012). *Sebaran Mata Air Panas Di Kabupaten Serang. Skripsi.* Depok, Jawa Barat: FMIPA, Universitas Indonesia.

Hidayat, R., & Putra, A. (2014). *Penentuan Tipe Fluida Sumber Mata Air Panas Di Kecamatan Gunung Talang, Kabupaten Solok.* Jurnal Ilmu Fisika (JIF), Vol. 6 No. 2 ISSN 1979-4657.

Ibradi, A., Sutriyono, E., & Jati, S. (2019). *Kajian Geokimia Mata Air Panas Sebagai Manifestasi Geothermal Derah Kamojang, Kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat*. Seminar Nasional AVoER XI.

Kasbani. (2009). *Tipe sistem panas bumi di indonesia dan estimasi potensi energinya.* Buletin Sumber Daya Geologi, Vol. 4 No. 3.

Saptadji, N. M. (2001). *Teknik Panas Bumi.* Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Suparno, S. (2009). *Energi Bumi "A present from the heart of the earth" - edisi 1.* Departemen Fisika - FMIPA Universitas Indonesia.

Yufita, E., Isa, M., & Vijaya, A. E. (2020). *Kajian Senyawa Kimia Air pada Kawasan Panas Bumi: Studi Kasus Fluida Panasbumi Jaboi, Pulau Weh*. Journal of Aceh Physics Society Vol. 9 No. 1, e-ISSN: 2355-8229.