

Karakteristik Fluida Mata Air Panas Desa Kasuratan Kabupaten Minahasa menggunakan Spektroskopi Spektrofotometer dan FTIR

Omie Jowangkay¹⁾, Donny Royke Wenas²⁾*, Noldy Pulingkareng³⁾, Selfie Tumbel⁴⁾, Budi Mena⁵⁾, Agnes Lintong⁶⁾, Christo Palit⁷⁾, Relly Omdang⁸⁾, Cyrke A.N. Bujung⁹⁾

^{1,3,4,5,6,7,8} SMA Negeri 2 Manado, Kota Manado, 95117, Indonesia

^{2,9} Program Studi Fisika, Universitas Negeri Manado, Kabupaten Minahasa, 95618, Indonesia

*E-mail: donny_wenas@unima.ac.id

Diterima 02 Oktober 2023; Disetujui 30 Oktober 2023

ABSTRAK

Indonesia memiliki potensi energi panas bumi sekitar 40 persen dari total energi panas bumi dunia, menempatkan Indonesia sebagai salah satu Negara kaya akan potensi energi panas bumi. Provinsi Sulawesi Utara merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang memiliki potensi panas bumi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik fluida mata air panas di Desa Kasuratan Satu Kabupaten Minahasa menggunakan spektrofotometer dan FTIR. Metode yang digunakan adalah metode geokimia untuk mengkaji karakteristik fluida mata air panas dan karakterisasi FTIR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik fluida dari manifestasi mata air panas di Desa Kasuratan Satu adalah air Sulfat (SO₄), hal ini sesuai dengan pengukuran FTIR.

Kata kunci : Mata air panas, tipe fluida, FTIR.

ABSTRACT

Indonesia has a geothermal energy potential of around 40 percent of the world's total geothermal energy, placing Indonesia as one of the countries rich in geothermal energy potential. North Sulawesi Province is one of the provinces in Indonesia that has geothermal potential. This research aims to determine the characteristics of hot spring fluids in Kasuratan Satu Village, Minahasa Regency using a spectrophotometer and FTIR. The method used is a geochemical method to study the characteristics of hot spring fluids and FTIR characterization. The results of the research show that the fluid characteristic of the hot spring manifestation in Kasuratan Satu Village is sulfate water (SO₄), this is by FTIR measurements.

Keywords : Hot springs, fluid type, FTIR.

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah daerah yang dilewati jalur cincin api pasifik atau ring of fire. Meskipun daerah ini merupakan daerah yang rawan bencana namun disisi lain kaya akan potensi sumber daya alam dimana salah satunya adalah potensi panas bumi. Hal ini karena wilayah Indonesia berada pada jalur pertemuan lempeng bumi yaitu lempeng Eurasia, lempeng Pasifik, dan lempeng Indo-Australia yang mengakibatkan terdapat banyak gunung api yang merupakan daerah dimana terletak prospek panas bumi.

Potensi panas bumi di Indonesia termasuk yang terbesar di dunia dengan potensi sumber daya sebesar 11.073 MW dan cadangan sebesar 17.506 MW. Energi terbarukan yang saat ini baru mencapai 7,7% dari total bauran energi nasional ditargetkan akan berkontribusi menjadi sebesar 23% atau setara 45 GW pada tahun 2025.

Provinsi Sulawesi Utara merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang memiliki potensi panas bumi. Diakibatkan terdapat banyak aktivitas vulkanik yang mengindikasikan adanya potensi panas bumi. Namun dari cadangan energi panas bumi yang ada di Sulawesi Utara yaitu sebesar 918 MW, yang dimanfaatkan baru sekitar 80 MW. Salah satu daerah yang diperkirakan mempunyai potensi panas bumi yaitu di daerah desa Kasuratan Kabupaten Minahasa.

Geokimia merupakan salah satu dari tiga bidang ilmu yang dapat menentukan suatu daerah penelitian prospek panas bumi. Geokimia berperan dalam mengetahui komposisi kimia fluida panas bumi (air dan uap) dan untuk mengetahui karakteristik fluida dapat dilihat melalui manifestasi. Mengetahui hal ini, mendorong peneliti untuk melakukan penelitian di bidang ini yaitu bidang geokimia

untuk mengetahui karakteristik fluida manifestasi daerah penelitian.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik fluida mata air panas di Desa Kasuratan Satu Kabupaten Minahasa menggunakan spektroskopi spektrofotometer dan FTIR.

2. KAJIAN LITERATUR

Tipe Dan Karakteristik Fluida Panas Bumi Air Klorida (Chloride Water)

Jenis air ini merupakan tipe fluida panasbumi yang ditemukan pada kebanyakan area dengan sistem temperature tinggi. Area yang memiliki mataair panas yang mengalir dalam skala besar dengan konsentrasi Cl yang tinggi berasal dari reservoir dalam, dan merupakan indikasi dari zona permeabel pada area tersebut. Namun demikian, area ini dapat saja tidak terletak di atas zona upflow utama, karena ada beberapa kemungkinan lain seperti pengaruh topografi yang juga dapat memberikan dampak besar dalam mengontrol hidrologi. Mata air klorida juga dapat mengidentifikasi daerah permeabel zona tinggi (contoh: patahan, erupsi breksi atau konduit).

Pada air klorida, anion yang dominan adalah Cl dan biasanya memiliki konsentrasi ribuan sampai 10.000 mg/kg, dan pada air asin kandungan atau konsentrasi Cl dapat mencapai 100.000 mg/k (contoh: Laut Salton, USA). Pada beberapa daerah juga memiliki konsentrasi Cl yang besar dikarenakan air klorida pada daerah tersebut sudah bercampur dengan air laut.

Beberapa unsur utama lain dalam air klorida ini adalah sodium dan potassium dengan rasio perbandingan 10:1. Sebagai kationnya adalah unsur silika (dimana konsentrasinya bertambah seiring meningkatnya kedalaman) dan boron. Sulfat dan kandungan klorida sangat bervariasi. Karbondioksida dan beberapa macam gas hidrogen tingkat rendah adalah kandungan gas utamanya. Pada area dengan kandungan gas yang tinggi, fluida klorida memiliki kandungan bikarbonat dalam jumlah besar dan pendidihan pada kedalaman yang lebih. Walaupun memiliki kandungan bikarbonat yang tinggi, namun keberadaan ion klorida tetap mencegah atau dapat menjadi indikator dalam membedakan air klorida dan air bikarbonat, atau air klorida–bikarbonat.

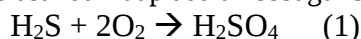
Air Sulfat (Sulphate Water)

Jenis air panas bumi ini 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 panas bumi, dengan kandungan gas dan volatilnya, pada dasarnya larut dalam kandungan fluida yang terletak pada zona yang dalam tetapi terpisah dari air klorida. Air sulfat biasanya ditemukan pada batas daerah dan berjarak tidak jauh dari area upflow utama. Jika dilihat dari topografi, maka lokasi pastinya terletak jauh di atas water table dan di sekeliling boiling zone, walaupun kebanyakan juga sering ditemukan di dekat permukaan (pada kedalaman <100 m). Air sulfat dapat mengalir melewati patahan (fault) menuju sistem panasbumi. Pada lokasi inilah, air sulfat dipanaskan, kemudian ambil bagian dalam alterasi batuan dan bercampur dengan air klorida.

Fluida jenis ini dapat terbentuk oleh dua proses, yaitu:

1. *Steam Heated Acid Sulphate Water*

Fluida ini terbentuk ketika uap berkondensasi pada air permukaan. Sulfat terbentuk akibat oksidasi H₂S pada zona vados (zona bawah permukaan di atas muka airtanah). Persamaan reaksi dari proses pembentukan air asam sulfat yang berasal dari uap adalah sebagai berikut:



Terbentuknya steam heated acid sulphate water berkaitan dengan proses pendidihan/boiling chloride water di reservoir pada temperatur < 300°C. Karena tidak bersifat volatil pada temperatur < 300°C, maka steam heated acid sulphate water hanya mengandung sangat sedikit Cl₋. Fluida ini terbentuk pada tempat yang paling dangkal dari sistem panasbumi sehingga tidak dapat digunakan sebagai indikator keadaan reservoir.

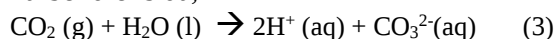
2. *Magmatic Acid Sulphate Water*

Fluida ini berasal dari air magmatik yang mengandung gas volatil yang mudah menguap, sehingga HO, CO₂, SO₂ dan HCl berkondensasi menjadi fasa cair pada suhu > 800°C dan terbentuk di sekitar magma (kurang lebih kedalaman 1 hingga 1,5 km).

Pada air sulfat ini, SO₄ berperan sebagai anion utama dan terbentuk akibat proses oksidasi dari kondensasi hidrogen sulfida. Adapun persamaan reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Reaksi berikut dan kondensasi dari karbondioksida,



Menghasilkan proton dan membentuk air yang sifatnya asam. Peristiwa oksidasi sulfida menjadi ion sulfat menghasilkan pH minimum yaitu 2,8. Apabila air sulfat memiliki kandungan pH lebih rendah dari 2,8 ($\text{pH} < 2,0$), maka gas magmatic berperan besar dalam proses tersebut. Pada sisa-sisa proses oksidasi biasanya dijumpai klorida. Bikarbonat biasanya tidak ada sama sekali dan walaupun ada akan dijumpai dalam konsentrasi yang sangat kecil sekali, karena pada air yang sangat asam, kandungan karbonat biasanya akan hilang dalam larutan dan berubah menjadi karbondioksida. Pada reaksi yang berlangsung dekat dengan permukaan antara air asam dan batuan-batuan di sekelilingnya, dapat melepaskan silika dan kation logam (Na, K, Mg, Ca, Al, Fe) yang dapat memberikan konsentrasi yang tinggi di dalam air.

Air Bikarbonat (*Bicarbonate Water*)

Air tipe ini banyak mengandung CO_2 . Jenis tipe fluida ini disebut juga dengan netral bicarbonate-sulphate waters, merupakan produk dari proses kondensasi gas dan uap menjadi mataair bawah tanah yang miskin oksigen. Air bikarbonat banyak ditemukan pada area non-volcanogenic dengan temperatur yang tinggi.

Dengan pH yang mendekati netral sebagai akibat reaksi dengan batuan lokal (baik pada reservoir dangkal atau selama proses mengalir ke permukaan). Selama reaksi tersebut, proton banyak yang hilang dan menghasilkan air dengan pH mendekati netral dengan bikarbonat dan sodium sebagai parameter utama. Sulfat kebanyakan hadir dengan bermacam-macam jumlah dan kandungan. Klorida memiliki konsentrasi rendah atau tidak ada sama sekali (Mahon, 1980 dalam Nicholson, 1993). Air tipe ini cenderung mudah bereaksi dan sangat korosif (Hedenquist dan Stewart, 1985 dalam Nicholson, 1993).

Fluida Panas Bumi

Reservoir panas bumi yang paling umum digunakan sampai saat ini adalah reservoir dari sistem hidrotermal, yaitu sistem panas bumi dimana reservoirnya mengandung uap, air atau kombinasi keduanya, bergantung pada temperatur reservoir dan tekanannya. Fluida panas bumi yang terkandung dalam reservoir

hidrotermal berasal dari air permukaan, termasuk air hujan (air meteorik) yang meresap masuk ke bawah permukaan dan terpanaskan oleh suatu sumber panas (Putri, 2019).

Data kimia fluida panasbumi sangat bermanfaat, diantaranya untuk memberikan perkiraan mengenai sistem panasbumi yang ada di bawah permukaan, seperti : temperatur dan jenis reservoir, asal-usul air, serta untuk mengetahui sifat fluida khususnya tentang korosifitasnya dan kecenderungannya untuk membentuk endapan padat (scale) yang dibutuhkan untuk perencanaan sistem pemipaan dan sistem pembangkit listrik. Kandungan kimia fluida panasbumi di suatu tempat berbeda dengan di tempat lainnya, tidak hanya dari lapangan ke lapangan, tetapi juga dengan yang didapatkan dari suatu tempat dan tempat lainnya meskipun keduanya terdapat di lapangan yang sama. Konsentrasi ion yang berbeda-beda dapat disebabkan karena banyak hal, antara lain adalah karena perbedaan:

1. Temperatur
2. pH
3. Kandungan Gas
4. Sumber air
5. Jenis batuan
6. Kondisi dan lamanya interaksi air batuan
7. Adanya pencampuran antara air dari satu sumber dengan sumber lainnya.

Potensi panasbumi di suatu daerah perlu dievaluasi pada setiap tahap kegiatan untuk mengetahui berapa banyak energi yang terkandung, yaitu mulai dari tahap survei pendahuluan, eksplorasi, penilaian kelayakan hingga tahap eksploitasi dan ketika digunakan (Hidayat, 2014).

Tipe fluida panas bumi dan karakteristiknya:

Air Klorida (Cl)

Air Klorida (Chloride Water), jenis air ini adalah tipe fluida panasbumi yang ditemukan pada suatu area dengan sistem temperatur tinggi. Daerah yang memiliki mata air panas yang mengalir dalam skala besar dengan konsentrasi Cl yang tinggi berasal dari reservoir dalam, dan merupakan karakteristik dari zona permeabel pada area tersebut.

Air Sulfat (SO_4)

Air Sulfat (Sulphate Water), jenis air panasbumi ini 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.

Air Bikarbonat (HCO_3)

Air Bikarbonat (Bicarbonate Water), air tipe ini banyak mengandung CO_2 . Jenis tipe fluida ini disebut juga dengan neutral bicarbonate-sulphate waters, merupakan produk dari proses kondensasi gas dan uap menjadi mata air bawah tanah yang miskin oksigen.

Gugus Fungsi

Suatu senyawa organik adalah senyawa yang pada dasarnya tersusun atas campuran atom C, H, O, dan N. Atom-atom tersebut berikatan dalam suatu kesesuaian yang luar biasa dan struktur campuran yang berbeda dengan sifat dan kapasitas yang unik. Sifat suatu zat adalah suatu hal yang vital dan terkait erat dengan pemanfaatannya. Sifat suatu zat biasanya ditentukan oleh suatu struktur khusus pada molekul zat tersebut yang dikenal dengan gugus fungsional. Suatu zat memiliki gugus fungsional yang berbeda-beda. Gugus fungsi diartikan juga sebagai gugus atom yang menjadi keunikan suatu golongan senyawa karbon dalam menentukan sifat kimianya.

Spektrometri Inframerah

Spektrum inframerah suatu molekul adalah hasil transisi antara tingkat energi getaran (vibrasi) yang berlainan. Panjang gelombang eksak dari absorpsi oleh suatu tipe ikatan, bergantung pada macam getaran dari ikatan tersebut. Oleh karena itu, tipe ikatan yang berlainan (C-H, C-C, C=O, C=C, O-H, dan sebagainya) menyerap radiasi inframerah pada panjang gelombang yang berlainan. Jadi, spektrometri inframerah bisa dipakai dalam mengidentifikasi adanya gugus fungsi dalam suatu molekul.

Sebuah ikatan dalam suatu molekul bisa mengalami berbagai vibrasi molekul. Umumnya, ada dua tipe vibrasi molekul Wenas (2023):

1. *Stretching* (vibrasi regang/ulur) adalah vibrasi sepanjang ikatan yaitu terjadi perpanjangan atau pemendekan ikatan.
2. *Bending* (vibrasi lentur/tekuk) merupakan vibrasi yang disebabkan oleh sudut ikatan sehingga terjadi pembesaran atau pengecilan sudut ikatan. Gerakan vibrasi yang teramati dalam spektrum inframerah jika menghasilkan perubahan momen dipol ($\mu \neq 0$) sedangkan jika ($\mu = 0$) akan

teramati dalam spektrum raman. Dengan ini, suatu ikatan tertentu dapat menyerap energi lebih dari satu panjang gelombang.

3. METODE PENELITIAN

Lokasi yang dijadikan sebagai tempat penelitian terletak di Desa Kasuratan Satu Kabupaten Minahasa Provinsi Sulawesi Utara.

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. GPS
2. Termometer
3. pH Meter
4. Spektrofotometer
5. Botol Sampel
6. Spektroskopi *FTIR*
7. Masker dan Sarung Tangan

Rancangan penelitian ini, diawali adanya fenomena untuk diteliti sehingga perlu dilakukan studi literatur melalui buku dan referensi dari internet untuk mengetahui maupun memahami informasi yang berkaitan dengan penelitian tersebut. Selanjutnya dilakukan survei pendahuluan di lokasi penelitian yang meliputi pengamatan secara visual tentang kondisi daerah yang akan diteliti kemudian menentukan parameter-parameter apa saja yang nantinya akan diukur atau diteliti. Selanjutnya dilakukan pengukuran secara langsung di lapangan yang meliputi pengukuran pH, temperatur, koordinat dan pengambilan sampel fluida. Kemudian sampel fluida mata air panas yang telah diambil dianalisis di laboratorium PT. Water Laboratory Nusantara Indonesia (WLN), hasilnya kemudian diolah menggunakan metode Diagram Ternary untuk mengetahui tipe fluida dan melalui pengujian menggunakan Spektroskopi *FTIR* (*Fourier Transform Infrared*) untuk mengetahui gugus fungsi molekul.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran di lapangan pada lokasi Kasuratan 1 ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran di lapangan

Kode	Koordinat		T			
Loka	N	E	Ele	T° (	Ud	p
si			vasi	C)	ara	H

Kasur atan Satu	0703 741	0138 381	886	47, 9	27, 4	2, 9
-----------------------	-------------	-------------	-----	----------	----------	---------

Hasil dari analisis kimia uji laboratorium diperlihatkan pada Tabel 2.

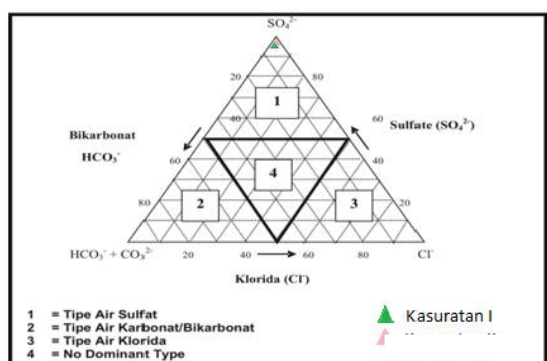
Tabel 2. Hasil Pengujian Laboratorium menggunakan Spektrofotometer

Lokasi	Parameter		
	Cl	SO ₄	HCO ₃
Kasuratan Satu	0,7 mg/L	628 mg/L	0,9 mg/L

Berdasarkan persentase kandungan Cl, SO₄ dan HCO₃ seperti ditunjukkan pada Tabel 1, selanjutnya ditentukan karakteristik fluida dengan menggunakan Diagram Ternary Plot seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Tabel 3. Persentase Kandungan Cl, SO₄, HCO₃

Lokasi	Cl (%)	SO ₄ (%)	HCO ₃ (%)
Kasuratan Satu	0,11	99,74	0,15

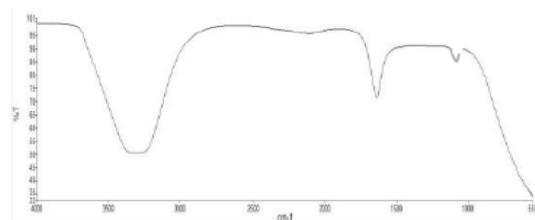


Gambar 1. Ternary Plot Manifestasi

Berdasarkan nilai persentase kandungan ion pada sampel fluida mata air panas yang telah dianalisis komposisi kimianya terutama kandungan Klorida (Cl), Sulfat (SO₄), dan Bikarbonat (HCO₃) maka diketahui bahwa mata air panas yang ada di Desa Kasuratan Satu ini termasuk dalam tipe air sulfat (SO₄), ditandai dengan tingginya kandungan ion sulfat (SO₄) dibanding dengan ion klorida (Cl), dan Bikarbonat (HCO₃). Hal ini juga dibuktikan dengan hasil plotting persentase masing-masing ion pada diagram ternary dan menunjukkan titik pertemuan antara ion Klorida (Cl), Sulfat (SO₄),

Bikarbonat (HCO₃) berada pada daerah sulfat (SO₄) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

Sampel fluida mata air panas kemudian dianalisis menggunakan Spektroskopi FTIR. Dari hasil analisis sampel fluida mata air panasnya didapatkan spektrum inframerah seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Spektrum inframerah Spektroskopi FTIR

Hasil spektrum gelombang sampel fluida mata air panas menunjukkan daerah spektrum 1117 cm⁻¹ adalah gugus SO₄²⁻. Hal ini membuktikan bahwa hasil pengujian menggunakan spektroskopi FTIR sesuai dengan hasil pengujian menggunakan spektrofotometer yang diperoleh tipe fluida sulfat (SO₄).

5. KESIMPULAN

Hasil penelitian di lapangan dan analisis uji laboratorium menunjukkan bahwa tipe fluida mata air panas di Desa Kasuratan Satu Kabupaten Minahasa Provinsi Sulawesi Utara memiliki tipe sulfat (SO₄). Hal ini sesuai dengan hasil karakterisasi menggunakan FTIR.

6. REFERENSI

- Hidayat, R., Putra, A. J. J. I. F., dan Andalas, U. (2014). Penentuan Tipe Fluida Sumber Mata Air Panas di Kecamatan Gunung Talang, Kabupaten Solok. 6(2), 74-80.
- Hochstein and Browne (2000). Surface Manifestations of Geothermal System with Volcanic Heat Sources, in Encyclopedia of Volcanoes.
- Nicholson K. (1993). *Geothermal Fluids; Chemistry and Exploration Techniques*. Berlin – Springer Verlag, Inc.
- Nidya F et al. (2013): Analisis Karakteristik Panasbumi Daerah Outflow Gunung Arjuno Welirang Berdasarkan Data Geologi, Geokimia, dan Geofisika (3G). Vol 1, No. 02.
- Putri, T. D., dan Putra, A. J. J. F. U. (2017). Analisis Pengaruh Temperatur Pemanasan Terhadap Sifat Fisis Sinter Silika dan Tipe Fluida (Air) pada Mata

Air Panas Sapan Maluluang, Kecamatan
Alam Pauh Duo, Kabupaten Solok
Selatan. 6(1), 1-8.

Wenas, D. R. (2023). *Spektroskopi Atom dan Molekul*.