

Analisis Spektroskopi Ftir Untuk Karakterisasi Kimia Fisik Fluida Mata Air Panas Di Kawasan Wisata Hutan Pinus Tomohon Sulawesi Utara

Ridel Raturandang, Donny Royke Wenas, Satyano Mongan, Cyrke Bujung

Fisika, Universitas Negeri Manado, Minahasa, 95619, Indonesia

*E-mail: rideljermia@gmail.com

Diterima 28 April 2022; Disetujui 30 April 2022

ABSTRAK

Panasbumi merupakan salah satu sumber energi alternatif yang tergolong new and renewable (baru dan terbarukan). Hal ini karena sumber energi geotermal masih relatif baru dan dikatakan dapat diperbaharui karena limbah produksi dalam wujud air diinjeksikan kembali dan menghasilkan proses recycle yang memungkinkan adanya keberlanjutan. Proses eksplorasi, eksploitasi dan produksinya tidak menghasilkan emisi gas beracun. Dalam hal prospek, geotermal sendiri merupakan energi yang menjanjikan di masa depan karena sumbernya adalah panas dari dalam bumi yang tidak akan pernah habis. Salah satu daerah di Sulawesi Utara yang memiliki potensi untuk pengembangan proyek panas bumi terletak di daerah Tomohon, Provinsi Sulawesi Utara. Berdasarkan survei pendahuluan yang telah dilakukan, di lokasi ini ditemukan manifestasi berupa mata air panas yang terletak di Hutan Pinus. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan tipe fluida dan gugus fungsi molekul manifestasi mata air panas di kawasan wisata hutan pinus Tomohon. Analisis kandungan ion dalam fluida menggunakan karakterisasi spektrofotometer, dan analisis gugus fungsi molekul menggunakan teknik spektroskopi FTIR (Fourier Transform Infra Red). Hasil penelitian menunjukkan tipe fluida manifestasi mata air panas di Kawasan Wisata Hutan Pinus Tomohon memiliki tipe bikarbonat (HCO_3). Analisis gugus fungsi molekul fluida manifestasi mata air panas di Kawasan Wisata Hutan Pinus Tomohon memiliki gugus fungsi C=O , $\text{C}\equiv\text{C}$ dan O-H .

Kata kunci : Tipe fluida, gugus fungsi, hutan pinus, FTIR

ABSTRACT

Geothermal is one of the alternative energy sources that are classified as new and renewable (new and renewable). This is because geothermal energy sources are still relatively new and are said to be renewable because production waste in the form of water is re-injected and produces a recycle process that allows sustainability. The process of exploration, exploitation and production does not produce toxic gas emissions. In terms of prospects, geothermal itself is a promising energy in the future because the source is heat from within the earth that will never run out. One of the areas in North Sulawesi that has the potential for geothermal project development is located in the Tomohon area, North Sulawesi Province. Based on the preliminary survey that has been carried out, at this location found manifestations in the form of hot springs located in the Pine Forest. The purpose of this study was to determine the type of fluid and functional groups of molecules manifesting hot springs in the Tomohon pine forest tourism area. Analysis of the ion content in the fluid using spectrophotometer characterization, and analysis of molecular functional groups using FTIR (Fourier Transform Infra Red) spectroscopy. The results showed that the type of fluid manifestation of the hot springs in the Tomohon Pine Forest Tourism Area has the type of bicarbonate (HCO_3). Analysis of functional groups of fluid molecules in the manifestation of hot springs in the Tomohon Pine Forest Tourism Area has functional groups C=O , $\text{C}\equiv\text{C}$ and O-H .

Keywords : Fluid type, functional group, pine forest, FTIR

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi dunia terus mengalami peningkatan setelah meningkatnya populasi penduduk di dunia sehingga membuat dunia selalu berada dalam ancaman krisis energi. Ketidaksamaan cadangan energi dengan peningkatan kebutuhan energi, dalam hal ini energi fosil sebagai sumber energi utama justru semakin merosot dan lama-kelamaan akan

habis. Hingga saat ini telah banyak sumber energi yang dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan energi di dunia, tetapi krisis energi tetap menjadi ancaman.

Panasbumi merupakan salah satu sumber energi alternatif yang tergolong new and renewable (baru dan terbarukan). Hal ini karena sumber energi geotermal masih relatif baru dan dikatakan dapat diperbaharui karena limbah

produksi dalam wujud air diinjeksikan kembali dan menghasilkan proses recycle yang memungkinkan adanya keberlanjutan. Proses eksplorasi, eksploitasi dan produksinya tidak menghasilkan emisi gas beracun. Dalam hal prospek, geotermal sendiri merupakan energi yang menjanjikan di masa depan karena sumbernya adalah panas dari dalam bumi yang tidak akan pernah habis.

Indonesia mempunyai kebijakan peningkatan keamanan pasokan energi sebagaimana tercantum dalam Perpres Nomor 5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional, yang dituangkan dalam Blueprint Pengelolaan Energi Nasional 2010 – 2025, bahwa peran panas bumi sebesar 6,3% dalam komposisi bauran energi nasional pada tahun 2025. Realisasi dari kebijakan tersebut adalah pemerintah melakukan kegiatan penyelidikan terpadu panas bumi untuk mencari daerah panas bumi prospek yang dapat dikembangkan sebagai tenaga listrik. Sulawesi Utara merupakan provinsi potensial untuk pengembangan geotermal, utilisasi energi geotermal di Sulawesi Utara baru mencapai 80 MWe, masih mencukupi untuk pengembangan 100 MWe dari target percepatan pembangunan Infrastruktur kelistrikan versi pemerintah yaitu sebesar 250 MWe di tahun 2025.

Salah satu daerah di Sulawesi Utara yang memiliki potensi untuk pengembangan proyek panas bumi terletak di daerah Tomohon, Provinsi Sulawesi Utara. Berdasarkan survei pendahuluan yang telah dilakukan, di lokasi ini ditemukan manifestasi berupa mata air panas yang terletak di Hutan Pinus. Litologi penyusun pada daerah ini terdiri dari aliran piroklastik dan lava. Kegiatan eksplorasi dan eksploitasi lapangan panasbumi dilakukan dalam upaya mencari sumber daya panasbumi dan membuktikan adanya sumberdaya panasbumi. Survey geologi, geokimia, dan geofisika merupakan karakterisasi yang perlu dilakukan dalam pengembangan potensi panasbumi di suatu daerah. Metode geokimia dalam eksplorasi panasbumi, dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik senyawa kimia dalam manifestasi dan distribusi anomali senyawa kimia tertentu secara lateral yang diperkirakan berhubungan dengan temperatur dan pH. Pada penyelidikan mengenai tipe fluida dan gugus fungsi molekul fluida manifestasi panasbumi pada dasarnya merupakan sebuah penelitian terhadap suatu lapangan panasbumi untuk mengetahui prospek dari suatu lapangan

panasbumi. Hasil analisis tipe fluida dan gugus fungsi molekul fluida pada permukaan daerah manifestasi berguna untuk memperkirakan sistem dan temperature reservoir, karakterisasi fluida dan sistem hidrologi di bawah permukaan.

Analisis geokimia fluida sangat berperan dalam interpretasi karakteristik panasbumi di bawah permukaan. Berdasarkan analisis geokimia fluida panas bumi dapat diperkirakan tipe air, kedudukan manifestasi dalam kedudukan sistem panasbumi, serta suhu reservoir. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan tipe fluida dan gugus fungsi molekul fluida mata air panas di Kawasan Wisata Hutan Pinus Tomohon Provinsi Sulawesi Utara. Penelitian ini mengkaji analisis dari data kimia fluida panas bumi. Analisis kandungan ion dalam fluida menggunakan karakterisasi spektrofotometer. Analisis gugus fungsi menggunakan metode Spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infra Red*), metode ini adalah metode spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi *Fourier* untuk analisis gugus fungsi molekul dari sampel yang digunakan (Wenas, et al, 2018).

2. KAJIAN LITERATUR

Fluida Panasbumi

Data kimia fluida panasbumi sangat berguna, antara lain untuk memberikan perkiraan mengenai sistem panasbumi yang terdapat di bawah permukaan, misalnya: temperatur dan jenis reservoir, asal muasal air, serta untuk mengetahui sifat fluida khususnya tentang korosifitasnya dan kecenderungannya untuk membentuk endapan padat (*scale*) yang diperlukan untuk perencanaan sistem pemipaan dan sistem pembangkit listrik. Kandungan kimia fluida panasbumi di suatu tempat berbeda dengan di tempat-tempat lainnya, tidak hanya dari lapangan ke lapangan, tetapi juga dengan yang diperoleh 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 dalam: temperature, pH, kandungan gas, sumber air, jenis batuan, kondisi dan lamanya interaksi air batuan serta adanya percampuran antara air dari satu sumber dengan sumber lainnya.

Jenis – jenis fluida hidrotermal

1. Air Klorida (Cl)

Menunjukkan air reservoir, pH sekitar netral dan mengandung kation utama yaitu Na,

K dan Ca, berasosiasi dengan gas CO₂ dan H₂S, sangat jernih, warna biru pada mata air natural, dan kaya SiO₂ serta dapat membentuk endapan permukaan sinter silika (SiO₂)

2. Air Sulfat (SO₄)

Terbentuk di bagian paling dangkal sistem geothermal, akibat kondensasi uap air kedalam air permukaan (steam heated water): H₂S + O₂ = H₂SO₄, bersifat asam dan ditunjukkan dengan kenampakan kolam lumpur dan pelarutan batuan sekitar, tidak dapat digunakan sebagai geotermometer, di lingkungan gunung api: airasam SO₄-Cl terbentuk akibat kondensasi unsur volatil magmatik menjadi fasa cair

3. Air Bikarbonat (HCO₃)

Terbentuk pada daerah pinggir dan dangkal sistem geothermal, akibat adsorpsi gas CO₂ dan kondensasi uap air kedalam air tanah (steam heated water), anion utama HCO₃ dan kation utama adalah Na, rendah Cl dan SO₄ bervariasi, tinggi Mg, pH umumnya bersifat basa, dan dipermukaan dapat membentuk endapan sinter travertin (CaCO₃)

Dari hasil analisis kimia, kemudian menjadi parameter di dalam penentuan tipe mata air panas berdasarkan klasifikasi dari diagram Trilinier. Berikut adalah tahapan dan formula yang digunakan dalam menghitung proporsi masing-masing ion untuk kemudian diplot pada diagram Ternary Plot:

1. Jumlahkan konsentrasi klorida (ppm), sulfat (ppm) dan bikarbonat (ppm).

$$\sum \text{Konsentrasi} = \text{Cl} + \text{SO}_4 + \text{HCO}_3 \quad (1)$$

2. Hitung proporsi relatif dari masing-masing komponen jumlah di atas dalam persen.

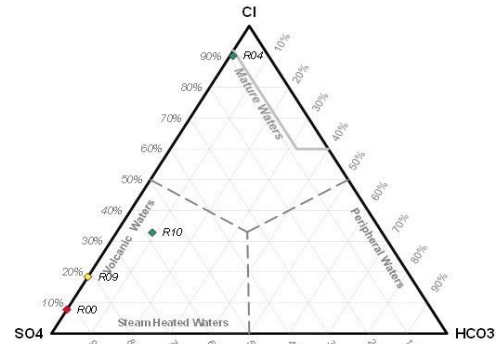
$$\% \text{Cl} = (\text{Cl} / \sum \text{Konsentrasi}) 100 \quad (2)$$

$$\% \text{SO}_4 = (\text{SO}_4 / \sum \text{Konsentrasi}) 100 \quad (3)$$

$$\% \text{HCO}_3 = (\text{HCO}_3 / \sum \text{Konsentrasi}) 100 \quad (4)$$

3. Posisi masing-masing mata air pada diagram Ternary Plot. Diagram ini membantu menentukan sampel dari mata air mana yang paling sesuai untuk perhitungan.

Dari hasil analisis kimia, kemudian menjadi parameter di dalam kajian tipe mata air panas berdasarkan klasifikasi dari diagram trilinier. (Giggenbach, 1988).



Gambar 1. Diagram Trilinier untuk penentuan tipe mata air panas.

Karakterisasi Fourier Transform Infra Red

Teknik pengukuran FTIR adalah salah satu cara baku untuk karakterisasi struktur molekul bahan organik. Dari karakterisasi ini, diperoleh spektrum absorpsi yang menggambarkan interaksi antara radiasi medan listrik elektromagnetik (radiasi IR) dengan momen dipol listrik molekul. Masing-masing puncak absorpsi pada spektra tersebut adalah berkaitan dengan eksitasi modus vibrasi dari molekul bersangkutan, yang terdiri dari vibrasi tarikan (*stretching*) dan tekukan (*bending*) seperti *out-of-plane bending* (*twisting, wagging*) dan *in-plane bending* (*rocking*) (Wenas, 2010). Spektrum inframerah suatu molekul adalah hasil transisi antara tingkat energi vibrasi yang berlainan. Inti-inti atom yang terikat oleh ikatan kovalen mengalami vibrasi atau osilasi, dengan cara serupa dengan dua bola yang terikat oleh suatu pegas. Bila molekul menyerap radiasi inframerah, energi yang diserap menyebabkan kenaikan dalam amplitudo getaran atom-atom yang terikat itu. Jadi molekul ini berada dalam keadaan vibrasi tereksitasi (*excited vibrational state*). Energi yang diserap ini akan dibuang dalam bentuk panas bila molekul itu kembali ke keadaan dasar. 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. Dengan demikian pengukuran inframerah dapat digunakan untuk mengidentifikasi adanya gugus fungsi dalam suatu molekul. Banyaknya energi yang diserap juga beraneka ragam dari ikatan ke ikatan. Ini disebabkan sebagian oleh perubahan dalam momen dipol pada saat energi diserap. Ikatan nonpolar (seperti C-H atau C-C) menyebabkan

absorpsi lemah, sedangkan ikatan polar (seperti misalnya, O-H, N-H, dan C=O) menunjukkan absorpsi yang lebih kuat. Penggunaan spektrum inframerah untuk elusidasi struktur senyawa organik umumnya antara 4.000-650 cm^{-1} (2,5-15,4 μm). Daerah di bawah frekuensi 650 cm^{-1} dinamakan inframerah jauh dan daerah di atas 4000 cm^{-1} dinamakan inframerah dekat. Letak puncak serapan dapat dinyatakan dalam satuan frekuensi ν (detik⁻¹ atau hertz), panjang gelombang λ (μm), atau bilangan gelombang (wavenumber, cm^{-1}). Spektrum inframerah suatu senyawa adalah grafik dari panjang gelombang atau frekuensi atau bilangan gelombang yang secara berkesinambungan berubah sepanjang suatu daerah sempit dari spektrum elektromagnetik versus transmittansi atau absorbansi (A).

$$\%T = (\text{intensitas}/\text{intensitas awal}) \times 100 \quad (5)$$

$$A = \log (\text{intensitas awal}/\text{intensitas}) \quad (6)$$

Kebanyakan spektrum inframerah merekam panjang gelombang atau frekuensi versus %T. Bila suatu senyawa menyerap radiasi pada suatu panjang gelombang tertentu, intensitas radiasi yang diteruskan oleh sampel berkurang. Ini mengakibatkan suatu penurunan dalam %T dan terlihat pada spektrum sebagai suatu sumur (dip) yang disebut puncak absorpsi atau pita absorpsi. Bagian spektrum di mana %T menunjukkan angka 100 (atau hampir 100) disebut garis dasar (*base line*) yang direkam pada spektrum inframerah pada bagian atas. Pita-pita inframerah dalam sebuah spektrum dapat dikelompokkan menurut intensitasnya yaitu kuat (s, strong), medium (m,) dan lemah (w, weak). Suatu pita lemah yang bertumpang tindih dengan suatu pita kuat disebut bahu (sh, shoulder). Istilah-istilah ini relatif dan penandaan pada suatu pita tertentu sebagai s, m, w, atau sh.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini terletak di lokasi Kawasan Wisata Hutan Pinus, yang berada di Kota Tomohon Provinsi Sulawesi Utara, dengan koordinat 01°17'02,01" north dan 124°49'18,34" east (Gambar 2).



Gambar 2. Lokasi Penelitian Hutan Pinus Tomohon

Luas daerah sekitar 147,21 km^2 dan berada pada ketinggian 400 – 1500 mdpl dengan suhu udara berkisar 20°C - 30°C. Diperlukan alat penunjang untuk penelitian ini adalah: termometer digital, GPS, pH meter, kamera, *Photometer Spectro Direct* (spektrofotometer), spektrometer FTIR.

Pengolahan dan analisis data dilakukan di laboratorium Riset Fisika Unima dengan menggunakan alat spektroskopi FTIR. kegiatan pertama yang dilakukan adalah pengukuran langsung temperatur manifestasi, temperatur udara, dan pH air. Setelah melakukan pengukuran, dilakukan pengambilan sampel dan selanjutnya dilakukan uji laboratorium. Dalam penelitian ini metode penentuan tipe fluida manifestasi mata air panas daerah penelitian menggunakan diagram ternary, dengan cara mengubah data hasil kandungan ion klorida, sulfat, dan bikarbonat yang diperoleh dari pengukuran spektrofotometer dalam bentuk persentase, kemudian diplot dalam diagram ternary. Untuk menganalisis gugus fungsi fluida digunakan karakterisasi FTIR.

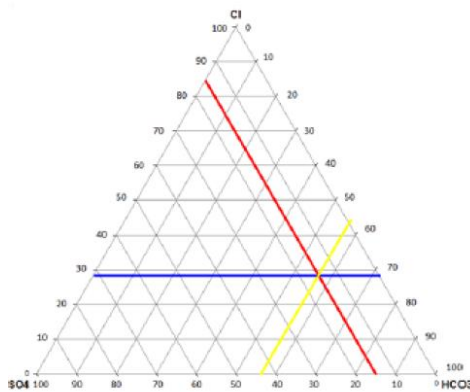
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Telah dilakukan pengambilan sampel fluida mata air panas untuk dilakukan analisis laboratorium di laboratorium PT. *Water Laboratory Nusantara* (WLN) Indonesia sehingga diperoleh data hasil pengujian laboratorium seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Persentase kandungan Cl, SO₄, HCO₃.

Lokasi	Satuan	Kandungan			Σ Konsentrasi
		Klorida (Cl)	Sulfat (SO ₄)	Bikarbonat (HCO ₃)	
Hutan Pinus	mg/L	319	80	171	812
	%	30	14	56	100

Data persentase ion yang telah diperoleh pada Tabel 1, diplot dalam diagram ternary seperti diperlihatkan pada Gambar 3.

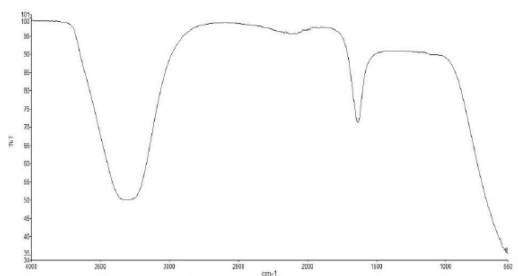


Gambar 3. Diagram Ternary Daerah Panasbumi Hutan Pinus Tomohon

Berdasarkan nilai persentase kandungan ion pada sampel fluida mata air panas yang telah di analisis komposisi kimianya terutama kandungan anion klorida (Cl^-), sulfat (SO_4^{2-}), dan bikarbonat (HCO_3^-) serta hasil plot diagram ternary pada Gambar 3, maka diperoleh bahwa mata air panas yang berada di manifestasi Panasbumi Hutan Pinus Tomohon adalah tipe air bikarbonat (HCO_3^-), ditandai dengan tingginya kandungan bikarbonat (HCO_3^-) dibandingkan dengan ion lainnya.

Gugus Fungsi Molekul Fluida Mata Air Panas Di Kawasan Wisata Hutan Pinus Tomohon

Hasil karakterisasi menggunakan FTIR dengan sampel fluida mata air panas diperoleh spektrum inframerah seperti pada Gambar 3 di bawah ini



Gambar 4. Spektra FTIR mata air panas di kawasan wisata hutan pinus Tomohon

Dari Gambar 4, diperoleh Tabel 2 yaitu hasil karakterisasi FTIR.

Tabel 2. Hasil analisis laboratorium menggunakan FTIR

No.	Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Gugus Fungsi	Senyawa
1.	1701	$\text{C}=\text{O}$	Aldehida, Keton, Asam Karboksilat, Ester
2.	2103,7	$\text{C}\equiv\text{C}$	Alkuna
3.	3427,3	O-H	Ikatan hidrogen

Dari Tabel 2, dapat dilihat bahwa pada daerah bilangan gelombang 1701 cm^{-1} merupakan gugus fungsi $\text{C}=\text{O}$ dengan molekul aldehida, keton, asam karboksilat, ester. Pada bilangan gelombang $2103,7 \text{ cm}^{-1}$ memiliki gugus fungsi $\text{C}\equiv\text{C}$ dengan senyawa alkuna, dan pada bilangan gelombang $3427,3 \text{ cm}^{-1}$ memiliki gugus fungsi O-H dengan senyawa ikatan hidrogen (*hydrogen bonding*). Jadi, jelas bahwa gugus fungsi yang diperoleh adalah unsur-unsur H, C dan O, hal ini sesuai dengan hasil karakterisasi menggunakan spektrofotometer diperoleh bahwa mata air panas yang berada di kawasan wisata hutan pinus Tomohon termasuk dalam tipe air bikarbonat (HCO_3^-).

5. KESIMPULAN

Tipe fluida manifestasi mata air panas di Kawasan Wisata Hutan Pinus Tomohon memiliki tipe bikarbonat (HCO_3^-). Analisis gugus fungsi molekul fluida manifestasi mata air panas di Kawasan Wisata Hutan Pinus Tomohon memiliki gugus fungsi $\text{C}=\text{O}$, $\text{C}\equiv\text{C}$ dan O-H.

6. REFERENSI

- Anam, C., Sirojudin., Firdausi, Sofjan. 2007. Analisis gugus fungsi pada sampel uji, bensin dan Spiritus menggunakan metode Spektroskopi FTIR. Vol. 10, No. 01.
- Choirul, A. S., & Sofian. K. F. 2007. Analisis Gugus Fungsi Molekul Pada Sampel Bensin Dan Spiritus Menggunakan Metode Spektrocropy FTIR. Vol 10, No 1. Gigenbach, W.F. 1988. Chemical techniques in Geothermal exploration, New Zealand.
- Gandara, A., Wenas, D. R., Tulandi, D. 2015. Identifikasi Komposisi Kimiawi Fluida di Daerah Panas Bumi Bukit Kasih Kanonang. Jurnal Vol.3, No.3.
- Golioth, P. E., Wenas, D. R., Bujung, C. A. N. 2015. Penentuan Sifat Fisis Fluida di Daerah Panas Bumi Bukit Kasih Kanonang. Jurnal Fisika Vol.3, No.3.

- Langitan, M. M., Bujung, C. A.N., Mandang, T.
2015. Studi Karakteristik Mata Air Panas
Daerah Potensi Panas Bumi Kayawu.
Jurnal Fisika Vol.3,No.4.
- Wenas, D.R. 2010. Fabrikasi Film Tipis
Molekul DR-1 Dengan Metode Electric
Field Assisted Physical Vapor Deposition
Serta Karakterisasinya. Disertasi. Program
Pascasarjana UNPAD, Bandung.
- Wenas, D.R., C.A.N. Bujung. 2018. Analysis of
mineral composition of alteration rock in
warm ground and steaming ground in
Lahendong North Sulawesi using SEM-
EDX and FTIR. Vol. 7 (4.28). IJET.