

PENENTUAN TIPE FLUIDA DAN GUGUS FUNGSI MANIFESTASI PANAS BUMI KAWAH TUA GUNUNG API SOPUTAN

Ronaldo J. Toar, Donny Royke Wenas, Theresje Mandang

Prodi Fisika FMIPA, Universitas Negeri Manado
email: toaraldo5@gmail.com

ABSTRAK. Indonesia adalah negara yang memiliki sumber daya panas bumi terbesar di dunia berbanding lurus dengan banyaknya Gunung Api. Indonesia merupakan Negara kepulauan yang terletak pada tiga pertemuan lempeng pegunungan aktif yaitu lempeng, Eurasia, Indo-Australia dan lempeng Pasifik. Dimana Indonesia juga terletak pada jalur cincin api aktif yang berasosiasi dengan gunung-Gunung Api aktif di Indonesia. Sulawesi Utara merupakan salah satu Provinsi di Indonesia yang memiliki beberapa Gunung Api aktif salah satunya yang menjadi objek penelitian adalah Gunung Api Soputan. Gunung Api ini terletak di Kabupaten Minahasa Selatan dan Minahasa Tenggara, Provinsi Sulawesi Utara. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif dan analisis dari data kimia fluida panas bumi. Analisis kandungan ion dalam fluida menggunakan *Photometer SpectroDirect*. Serta analisis gugus fungsi menggunakan metode Spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infra Red*), metode ini adalah metode spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi *Fourier* untuk analisis spektrumnya Untuk mengetahui tipe fluida panas bumi Kawah Tua Gunung Api Soputan dan gugus fungsi molekul fluida panasbumi Kawah Tua Gunung Api Soputan Tipe fluida manifestasi panas bumi di Kawah Tua Gunung Api Soputan adalah tipe fluida Bikarbonat dengan kandungan HCO_3 sebesar 479 ppm. Kandungan HCO_3 yang tinggi diduga berasosiasi dengan naiknya fluida panas bumi yang mengandung gas terutama CO_2 kemudian mengalami kondensasi di dalam akuifer dangkal.

ABSTRACT. Indonesia is a country that has the largest geothermal resources in the world which is directly proportional to the number of volcanoes. Indonesia is an archipelagic country located at three junction of active mountain plates, namely the Eurasia, Indo-Australia and Pacific plates. Where Indonesia is also located in an active ring of fire that is associated with active volcanoes in Indonesia. North Sulawesi is one of the provinces in Indonesia which has several active volcanoes, one of which is the object of research is Mount Soputan. This volcano is located in South Minahasa and Southeast Minahasa Districts, North Sulawesi Province. The method used in this research is descriptive method and analysis of geothermal fluid chemical data. Analysis of the ion content in the fluid using a *SpectroDirect Photometer*. As well as functional group analysis using the *FTIR Spectroscopy* method (*Fourier Transform Infra Red*), this method is an infrared spectroscopy method equipped with *Fourier transform* for its spectrum analysis. Geothermal manifestation fluid in the Old Crater of Mount Soputan Volcano is a bicarbonate type of fluid with an HCO_3 content of 479 ppm. The high HCO_3 content is thought to be associated with the increase in geothermal fluids containing gas, especially CO_2 , which then experiences condensation in shallow aquifers.

Kata kunci: Gunung Soputan, Fluida, FTIR. **Keywords:** Soputan Volcano, Fluid, FTIR.

PENDAHULUAN

Saat ini energi panas bumi telah dimanfaatkan untuk pembangkit listrik di berbagai negara termasuk Indonesia, di mana usaha pencarian sumber energi panas bumi pertama kali dilakukan di daerah Kawah Kamojang pada tahun 1918. Di samping itu fluida panas bumi juga dapat dimanfaatkan untuk sektor non-listrik antara lain untuk pemanasan ruangan, pemanasan air, pemanasan rumah kaca, pengeringan hasil produk pertanian, pemanasan tanah, pengeringan kayu, kertas dan lainnya. Indonesia adalah negara yang memiliki sumber daya panas bumi terbesar di dunia berbanding lurus dengan banyaknya gunung api.

Indonesia merupakan Negara kepulauan yang terletak pada tiga pertemuan lempeng pegunungan aktif yaitu lempeng, Eurasia, Indo-Australia dan lempeng Pasifik. Dimana Indonesia juga terletak pada jalur cincin api aktif yang berasosiasi dengan gunung-Gunung Api aktif di Indonesia. Gunung-gunung api aktif tersebut tersebar di berbagai wilayah di Indonesia salah satunya adalah di daerah Provinsi Sulawesi Utara.

Sulawesi Utara merupakan salah satu Provinsi di Indonesia yang memiliki beberapa Gunung Api aktif salah satunya yang menjadi objek penelitian adalah Gunung api Soputan. Gunung api ini terletak di Kabupaten Minahasa Selatan dan Minahasa Tenggara, Provinsi Sulawesi Utara. Berdasarkan bentuk morfologinya Gunung api Soputan dan sekitarnya dapat dikelompokkan ke dalam tiga satuan morfologi yang meliputi satuan morfologi tubuh Gunung Api, satuan morfologi perbukitan dan morfologi dataran (Basuki dkk, 2007).

Analisis geokimia fluida sangat berperan dalam interpretasi karakteristik panasbumi bawa permukaan. Berdasarkan analisis geokimia fluida panas bumi dapat diperkirakan tipe air, kedudukan manifestasi dalam kedudukan sistem panasbumi, serta suhu reservoir. (Emianto Y dan Aribowo Y, 2012). Untuk mengetahui mengenai aspek kebumihan di daerah tersebut maka perlu dilakukan evaluasi pada setiap tahap kegiatan, yaitu mulai dari tahap survei pendahuluan, eksplorasi, penilaian kelayakan hingga ke tahap eksploitasi dan saat pemanfaatannya. Salah satunya adalah pengklasifikasian tipe-

tipe fluida sumber mata air panas bertujuan untuk mengetahui pemanfaatan dari masing-masing sumber mata air panas berdasarkan tipe fluidanya.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif dan analisis dari data kimia fluida panas bumi. Analisis kandungan ion dalam fluida menggunakan *Photometer SpectroDirect*. Serta analisis gugus fungsi menggunakan metode Spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infra Red*), metode ini adalah metode spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi *Fourier* untuk analisis spektrumnya (Choirul Anam, dkk. 2007). Metode ini digunakan karena selain murah serta data yang dihasilkan akurat karena berdasarkan foto atau gambar serapan gelombang infra merah dari sampel uji dan spektrum infra merah yang dihasilkan oleh suatu senyawa adalah khas dan oleh karena itu dapat menyajikan sebuah *finger print* (sidik jari) untuk senyawa tersebut.

KAJIAN TEORI

Tipe Fluida Mata Air Panas

Tipe fluida ditemukan pada kedelaman di tempat panas bumi dengan temperatur tinggi pH asam – netral dan klorida sebagai anion yang dominan. Tipe dari fluida dapat ditentukan berdasarkan kandungan unsur kimia yang paling dominan dijumpai didalam air panas tersebut serta proses-proses fisika yang terjadi. Berikut ini beberapa tipe fluida dari air panas (Ellis, J. A & Mahon, J.A .W. 1977), yaitu:

1. Klorida

Tipe air panas ini disebut juga alkali – klorida atau netral – klorida, yaitu tipe pada air fluida pada sistem dengan temperatur tinggi. Daerah yang mengandung panas, sumber panas dan konsentrasi fluida yang besar dari reservoir yang dalam serta pada zona permeable. Klorida merupakan anion yang paling dominan. Unsur lainnya adalah sodium dan potassium (dalam rasio 10: 1), sebagai kation utama dengan konsentrasi silika (konsentrasi lebih tinggi pada kenaikan temperatur dikedalaman), boron dan konsentrasi sulfat dan bikarbonat bervariasi. Kandungan gas adalah hidrogen sulfida dengan pH relatif netral antara pH 5 – 9.

2. Sulfat

Tipe air ini disebut juga acid-sulfat water yaitu terbentuk akibat kondensasi gas-gas geothermal dekat permukaan. Gas-gas bersamaan dengan uap air dan unsur volatil lainnya terbentuk dalam fluida secara terpisah dengan tipe air klorida melalui proses pemanasan. Meskipun selalu dijumpai di permukaan (< 100 meter) air sulfat dapat terpenetrasi lebih dari akibat sesar melalui sistem panas bumi, kemudian dipanaskan mengakibatkan alterasi pada batuan dan bercampur dengan fluida flourid. Tipe ini sering dijumpai pada air yang keruh atau berlumpur. Karena terpisah dari tipe fluida lainnya maka air dipanaskan pada water table. Sulfat merupakan anion utama yang terbentuk akibat oksidasi dari hydrogen sulfida, menghasilkan pH sekitar 2,8.

3. Bikarbonat

Tipe air ini merupakan tipe kaya fluida CO₂ atau disebut juga *neutral bicarbonate water* yang dihasilkan oleh kondensasi uap air dan gas kedalam *poorly-oksigenated sub-surface*. Tipe ini merupakan non vulkanogenik dan sistem temperature tinggi dengan pH mendekati netral akibat reaksi dengan batuan sekitarnya. Sulfat dihasilkan dalam jumlah tertentu dan sedikit klorida. Tipe ini dapat terbentuk akibat beberapa proses, yaitu :

- Percampuran air klorida dan sulfat pada kedalaman tertentu
- Air keluar dekat permukaan oksidasi dari H₂S dalam air klorid
- Kondensasi magma di dalam bumi
- Evaporasi atau pembentukan mineral sulfur

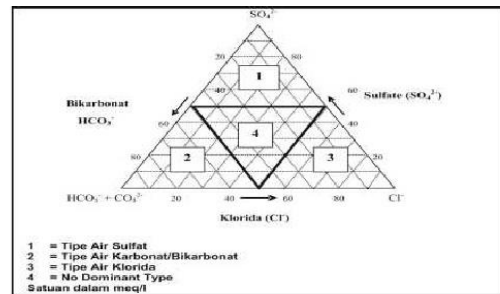
Pada umumnya tipe sulfur klorida terbentuk oleh proses karakteristik dari tipe ini adalah p H 2-5 dengan kandungan sulfat dan klorid yang seimbang.

4. Dilute klorid – bikarbonat

Tipe ini terbentuk akibat dilusi dari klorida oleh air tanah atau air bikarbonat mengikuti aliran, biasanya dijumpai pada major upflow zona atau pada sistem panas bumi bertemperatur tinggi. Klorida merupakan anion yang dominan dan bikarbonat dalam jumlah tertentu serta pH air 6-8.

Dari hasil analisis kimia, kemudian menjadi parameter di dalam penelitian tipe mataair panas berdasarkan klasifikasi dari diagram trilinear, modifikasi dari

(giggenbach, 1988 dalam kusumayudha, 2005)



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

Diagram Ternary Plot

Diagram *Ternary Plot* yang digunakan untuk mengklasifikasi air panas bumi berdasarkan proporsi relatif ion-ion klorida, sulfat dan bikarbonat (Nicholson, 1993).

Berikut adalah tahapan dan formula yang digunakan dalam menghitung proporsi masing-masing ion untuk kemudian diplot pada diagram *Ternary Plot*.

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

$$\sum \text{Konsentrasi} = \text{Cl} + \text{SO}_4 + \text{HCO}_3$$

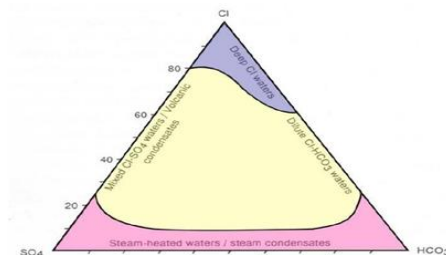
2. Hitung proporsi relatif dari masing-masing komponen jumlah di atas dalam persen.

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

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

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

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



Gambar 2. Diagram Ternary (Nicholson, 1993)

Gugus Fungsi Molekul

Senyawa organik adalah suatu senyawa yang atom utamanya terdiri dari kombinasi atom C, H, O, dan N. atom-atom tersebut berikatan dalam suatu konformasi unik dan membentuk berbagai senyawa yang memiliki sifat dan fungsi khusus.

Gugus fungsi adalah suatu kedudukan kereaktifan kimia dalam suatu molekul satu kelompok senyawa dengan gugus fungsi tertentu menunjukkan gejala reaksi tersebut, maka dapat dikelompokkan pada pengelompokan senyawa (Fessenden, 1986). Berikut beberapa contoh gugus fungsi :

1. Aldehid

Aldehid adalah persenyawaan dimana gugus fungsi karboksil diikat oleh gugus alkil. Adehid merupakan senyawa yang tersusun dari unsur-unsur karbon, hidrogen dan oksigen yang bisa didapatkan dari oksidasi alkohol primer, klorida, asam glikol/alkena, hidroformilass (Hart 2003).

2. Alkohol

- a. Alkohol Primer : gugus O-H terletak pada atom C primer (atom C yang mengikat hanya 1 atom C lainnya).
- b. Alkohol Sekunder : gugus -OH terletak pada atom C sekunder.
- c. Alkohol Tersier : gugus O-H terletak pada atom C tersier.

3. Asam Karboksilat

Turunan hidrokarbon dengan sebuah atom karbon ujung yang mempunyai ikatan rangkap ke oksigen dan sebuah gugus hidroksil disebut asam karboksilat yang diturunkan dari hidrokarbon alkana yang mempunyai rumus molekul umum RCO_2H yang menyatakan bahwa terdapat gugus karboksil (Brady, 1994)

4. Hidrokarbon

Hidrokarbon dapat dibagi menjadi 4 kelompok besar yaitu alkana, alkena, alkuna, dan hidrokarbon aromatik. Hidrokarbon ada yang bersifat jenuh dan tidak jenuh. Hidrokarbon juga memiliki struktur dan rumus molekul yang bermacam-macam sesuai dengan atom karbon yang berikatan pada setiap rangkaiannya (Brown, 1997)

Analisis FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)

Salah satu jenis spektroskopi adalah spektroskopi *infra red* (IR). Spektroskopi ini didasarkan pada vibrasi suatu molekul.

Spektroskopi infrared merupakan suatu metode yang mengamati interaksi molekul dengan radiasi elektromagnetik yang berada pada daerah panjang gelombang 0.75-1.000 μm atau pada bilangan gelombang 13.000-10 cm^{-1} .

Spektroskopi inframerah sangat berguna untuk analisis kualitatif (identifikasi) dari senyawa organik karena spektrum yang unik yang dihasilkan oleh setiap organik zat dengan puncak struktural yang sesuai dengan fitur yang berbeda.

Infra merah merupakan radiasi eletromagnetik dari suatu panjang gelombang yang lebih panjang dari gelombang tampak tetapi lebih panjang dari gelombang mikro.

Daerah radiasi sinar inframerah terbagi menjadi 3, antara lain

1. Daerah IR dekat (13000-4000 cm^{-1})
2. Daerah IR tengah (4000-200 cm^{-1})
3. Daerah IR jauh (200-10 cm^{-1})

Setiap molekul memiliki harga energi tertentu. Bila suatu senyawa menyerap energi dari sinar IR maka tingkat energi di dalam molekul itu akan tereksitasi ketinggian energi yang lebih tinggi. Sesuai dengan energi yang diserap maka yang akan terjadi pada molekul itu adalah perubahan energi vibrasi yang diikuti dengan perubahan energi rotasi. Interaksi ini terjadi dengan syarat adanya perubahan momen dipol sebagai akibat dari vibrasi.

Setiap senyawa pada keadaan tertentu telah mempunyai tima macam gerak, yaitu:

1. Gerak Translasi, yaitu perpindahan dari satu titik ke titik lain.
2. Gerak Rotasi, yaitu berputar pada porosnya.
3. Gerak vibrasi, yaitu bergetar pada tempatnya.

Metode spektroskopi inframerah ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi suatu senyawa yang belum diketahui, karena spektrum yang dihasilkan spesifik untuk senyawa tersebut.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan Gunung api Soputan. Gunung api Soputan merupakan Gunung api *stratovolcano* yang terletak pada poisi geografis Secara geografis, 1°06'52.00" Lintang Utara dan 124°44'15.00" Bujur Timur dengan ketinggian 1784 mdpl. Secara administratif berada di Kabupaten Minahasa

Selatan dan Minahasa Tenggara, Provinsi Sulawesi Utara. (Basuki dkk, 2007)

Diperlukan alat penunjang untuk penelitian kali ini antara lain:

1. Termometer
2. GPS
3. pH Meter
4. Kamera
5. *Photometer Spectro Direct*
6. *Reagen Chloride, Sulphure, Bicarbonat.*
7. Spektrofotometer
8. FTIR

Rancangan penelitian ini memerlukan tahapan atau langkah penelitian yang tesusun secara sistematis, agar memperoleh hasil yang baik. Tahapan yang pertama, saat menemukan masalah, masuk dalam studi literatur sebagai teori dasar dari penelitian, mempersiapkan peta lokasi penelitian, mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian dan juga keperluan administrasi berupa ijin untuk melakukan survei di lapangan. Kemudian masuk pada kegiatan lapangan dimana akan dilakukan pengambilan data parameter fisik yang dapat diukur dan pengambilan sampel untuk diuji laboratorium. Setelah itu dilakukan pengolahan data dari hasil analisa laboratorium kita mengambil kesimpulan dari teori yang kita pelajari. Dari hasil pengolahan data kemudian dengan menggunakan metode perbandingan data geokimia fluida dengan daerah lapangan panas bumi yang telah dieksplorasi peneliti memperkirakan besar cadangan energi panas bumi di kawah tua gunung api soputan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

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

Tabel 1. Data hasil pengujian kandungan kimia fluida

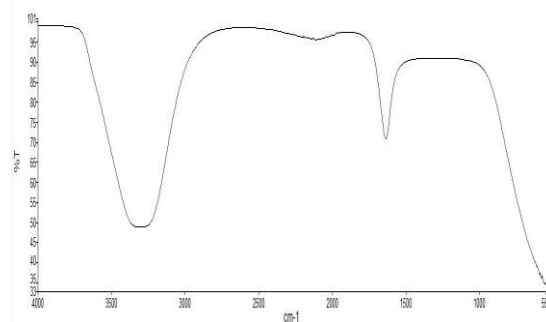
MANIFESTASI	Komposisi			ppm
	Cl	SO ₄	HCO ₃	
Mata Air Panas	204	69	479	752

Berdasarkan data hasil pengujian dapat dilihat bahwa fluida manifestasi Panas Bumi

Kawah Tua Gunung Api Soputan memiliki kandungan klorida dan sulfat yang rendah tetapi dengan kandungan bikarbonat yang tinggi. manifestasi panas bumi ini terdapat di daerah Gunung Api Soputan tepatnya pada Kawah Tua Gunung Api Soputan yang terdapat manifestasi berupa Mata Air Panas. Mata Air Panas ini memiliki suhu 71°C dengan suhu udara 31,3°C dan memiliki nilai pH fluida pada mata air panas ini adalah 7 atau normal. Kenampakan fisik mata air panas kawah tua gunung soputan adalah: air berwarna, dan berbau belerang. Hasil analisis kandungan kimia dengan menggunakan karakterisasi spektrofotometer menunjukkan bahwa tipe fluida manifestasi Panas Bumi Kawah Tua Gunung Api Soputan adalah tipe bikarbonat HCO₃, dengan persentase 63,7 persen, seperti diperlihatkan pada Tabel 1.

Gugus Fungsi Fluida Manifestasi Panas Bumi Kawah Tua Gunung Api Soputan

Dari hasil analisa laboratorium fisika Universitas Negeri Manado menggunakan alat Spektroskopi FTIR didapatkan hasil seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil analisa Spektroskopi FTIR fluida manifestasi panas bumi Kawah Tua Gunung Api Soputan

Dari Gambar 3, terlihat bahwa terjadi ikatan hidrogen O-H pada bilangan gelombang 3416 cm⁻¹. Hal ini sesuai dengan tipe fluida yang diperoleh dari karakterisasi spektrofotometer yaitu tipe bikarbonat HCO₃.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

Tipe fluida manifestasi panas bumi di Kawah Tua Gunung Api Soputan adalah tipe fluida Bikarbonat dengan kandungan HCO₃ sebesar 479 ppm, dengan persentase 63,7

persen. Kandungan HCO_3 yang tinggi diduga berasosiasi dengan naiknya fluida panas bumi yang mengandung gas terutama CO_2 kemudian mengalami kondensasi di dalam akuifer dangkal. Hal ini sesuai dengan karakterisasi FTIR.

DAFTAR PUSTAKA

- Basuki dkk, *Pengamatan Terpadu Gunung Api Soputan, Sulawesi Utara*, Juni 2007, PVMBG.
- Brady, J. (1994) : *Kimia Universitas*. Erlangga, Jakarta.
- Brown, T. L. dan Lemey, E. (1997) : *Chemistry the Central Science*. Printice Hall. INC, New Jersey.
- Choirul, A. dan Sirojudin : Analisis gugus fungsi pada sampel uji, Bensin dan Spiritus menggunakan metode Spektroskopi FTIR. *Jurnal Berkala Fisika* Volume 10. No. 1. Tahun 2007.
- Ellis, A.J. dan Mahon, W.A.J. (1977) : *Geochemistry and Geothermal System*, Academic Press, New York.
- Emianto Y, Y.Aribowo , “*Studi Geokimia Fluida Panasbumi Daerah Prospek Nglimut, G. Ungaran Kecamatan Limbangan, Kabupaten Kendal Jawa Tengah*” Teknik, Vol. 32, no. 3, pp. 230-233, Feb 2012.
- Fessenden, R.J. (1986) : *Organic Chemistry* (Edisi 2), Willard Grant Press Publisher, USA.
- Giggenbach, WF (1988) : *Chemical techniques in Geothermal exploration*, New Zealand.
- Hart, H. (2003) : *Kimia Organik*, Terjemahan Seminar Setiadi Achmadi, Erlangga, Jakarta.
- Nicholson, K. (1993): *Geothermal Fluids: Chemistry and exploration techniques*. Springer-Verlag, Berlin Heldedeburg.
- 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.