

## Studi Batuan Pada Tanah Beruap Menggunakan SEM-EDX Dan FTIR Di Desa Tempang Minahasa Sulawesi Utara

Drili Lidya Cintana Meruntu<sup>1)\*</sup>, Donny R. Wenas<sup>2)</sup>, Sixtus I. Umboh<sup>3)</sup>, dan Cyrke A. N. Bujung<sup>4)</sup>

<sup>1,2,4)</sup> Program Studi Fisika, Universitas Negeri Manado, Kabupaten Minahasa, 95618, Indonesia

<sup>3)</sup> Program Studi Fisika, Universitas Negeri Manado, Kabupaten Minahasa, 95618, Indonesia

\*e-mail: drilimeruntu.dm@gmail.com

Diterima 20 April 2023; Disetujui 28 April 2023

### ABSTRAK

Sulawesi Utara memiliki Potensi panas bumi yang cukup besar ini dibuktikan dengan munculnya beberapa jenis manifestasi panas bumi, yang salah satu manifestasi yang berada di desa Tempang. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui struktur mikro batuan dan jenis mineral yang terkandung dalam batuan di daerah manifestasi di desa Tempang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu karakterisasi dengan SEM-EDX dan FTIR. Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan komposisi unsur dan jenis mineral di sekitar manifestasi panas bumi tanah beruap memiliki 3 unsur mineral yaitu Oksigen, Silika, dan Aluminium. Persentase hasil dari EDX untuk sampel 1 kandungan Oksigen (O) 43,72%, Silika (Si) 54,12%, dan Aluminium (Al) 2,16%. Untuk sampel 2, kandungan oksigen (O) 51,10% dan silika (Si) 48,90%. Hal ini sesuai dengan pengukuran FTIR diperoleh jenis mineral batuan tanah beruap di Desa Tempang adalah Quartz (SiO<sub>2</sub>).

**Kata Kunci** : Panas Bumi Tempang, Struktur Mikro Batuan, Jenis Batuan, SEM-EDX, FTIR.

### ABSTRACT

North Sulawesi has a fairly large geothermal potential, this is evidenced by the emergence of several types of geothermal manifestations, one of which is in the village of Tempang. The purpose of this study was to determine the microstructure of rocks and the types of rocks contained in the rocks in the manifestation area in the village of Tempang. The method that will be used in this research is to analyze in the laboratory using SEM-EDX and FTIR. The results showed that the mineral content and types of minerals around the geothermal manifestation in the form of steaming ground had 3 mineral elements, namely oxygen, silica, and aluminum. The percentage results from EDX for sample 1 contained Oxygen (O) 43.72%, Silica (Si) 54.12%, and Aluminum (Al) 2.16%. For sample 2, the content of oxygen (O) is 51.10% and silica (Si) is 48.90%. This is in accordance with FTIR measurements obtained that the mineral type of steaming ground rocks in Tempang Village is Quartz (SiO<sub>2</sub>).

**Keywords** : Tempang Geothermal, Rock Microstructure, Rock Type, SEM-EDX, FTIR.

### 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara di dunia yang jika dilihat dari posisi geografisnya merupakan bagian dari lintasan cincin api (*ring of fire*). Indonesia berada dalam kerangka tektonik yang erat kaitannya dengan potensi energi panas bumi, dengan potensi 23,9 GW hingga Desember 2019 dan baru dimanfaatkan sebesar 8,9 % atau 2.130,6 MW yang berarti masih banyak yang belum dimanfaatkan. Indonesia yang memiliki potensi energi panas bumi kurang lebih 40% dari potensi panas bumi dunia, khususnya di daerah Sulawesi.

Pulau Sulawesi secara regional memperlihatkan struktur geologi yang kompleks dengan kompleksitas mineral akibat adanya tumbukan dari berbagai lempeng makro. Pada dasarnya sistem panas bumi terbentuk sebagai

hasil perpindahan panas dari suatu sumber panas ke sekelilingnya yang terjadi secara konduksi dan secara konveksi. Perpindahan panas secara konduksi terjadi melalui batuan, sedangkan perpindahan panas secara konveksi terjadi karena adanya kontak antara air dengan suatu sumber panas (Saptadji, 2001).

Adanya potensi panas bumi pada suatu daerah tidak lepas dari kenampakan jenis-jenis manifestasi yang merupakan tanda bahwa daerah sekitarnya memiliki potensi panas bumi yang berupa mata air panas, kolam lumpur, solfatara, aliran batuan, dan sebagainya. Manifestasi tersebut tersebar di beberapa daerah di Sulawesi Utara (Bilondatu et al., 2021; Rey & Poluakan, 2020). Dari berbagai manifestasi yang tersebar di Sulawesi Utara pastinya memiliki batuan yang berbeda-beda serta jenis mineral

pada batuan disetiap daerah manifestasi berbeda.

Sistem hidrotermal di Indonesia pada umumnya mempunyai temperatur tinggi ( $>225^{\circ}\text{C}$ ) dan beberapa diantaranya mempunyai temperatur sedang ( $150 - 225^{\circ}\text{C}$ ). Berdasarkan pada jenis fluida produksi dan jenis kandungan fluida utamanya, sistim hidrotermal dibedakan menjadi dua, yaitu sistim satu fasa dan sistim dua fasa. Sistim dominasi uap merupakan sistim yang sangat jarang dijumpai dimana reservoir panas buminya mempunyai kandungan fasa uap yang lebih dominan dibandingkan dengan fasa airnya. Rekahan umumnya terisi oleh uap dan pori-pori batuan masih menyimpan air. Reservoir air panas umumnya terletak jauh pada kedalaman dibawah reservoir dominasi uapnya. Sistim dominasi air merupakan sistim panasbumi yang umum terdapat pada dunia dimana reservoirnya mempunyai kandungan air yang sangat dominan walaupun “boiling” sering terjadi pada bagian atas reservoir membentuk lapisan penudung uap yang mempunyai temperatur dan tekanan tinggi (Saptadji, 2006).

Ketersediaan energi panas bumi tak lepas dari adanya kenampakan manifestasi di permukaan, adanya sumber daya panas bumi di bawah permukaan dapat di tunjukan dengan kenampakan manifestasi yang muncul di permukaan bumi, yang berupa: Tanah Hangat (warm ground), Tanah Beruap (Steaming ground), Mata Air Panas (hot spring), Kolam Air panas (hot pools), Fumarole, Geysers, Letusan hydrothermal (hydrothermal eruptions), Rembasan Panas Bumi, (Geothermal seapages), Kolam Lumpur (mud pool).

Alterasi atau ubahan hidrotermal adalah suatu proses yang sangat kompleks melibatkan perubahan mineralogi, kimiawi, dan tekstur yang disebabkan oleh interaksi fluida panas dengan batuan yang dilaluinya (wall rock), dibawah kondisi evolusi fisio-kimia. Proses alterasi merupakan suatu bentuk metasomatisme, yaitu pertukaran komponen kimiawi, antara cairan-cairan dengan batuan dinding (Sunardi, 2010). Interaksi antara fluida hydrothermal dengan batuan yang dilewatinya (batuan dinding), akan menyebabkan terubahnya mineral-mineral primer menjadi mineral ubahan (mineral alterasi), maupun fluida itu sendiri (Prakoso et al., 2016).

Batuan adalah kumpulan dari mineral-mineral, sedangkan suatu mineral dibentuk dari beberapa ikatan komposisi kimia. Banyak sedikitnya komposisi kimia akan membentuk

suatu jenis mineral tertentu dan akan menentukan macam batuan. Dari hasil pengamatan terhadap jenis-jenis batuan, batuan dapat di kelompokkan menjadi tiga kelompok besar, yaitu (1) batuan beku, (2) batuan sedimen, dan (3) batuan malihan atau metamorfis. Penelitian-penelitian yang dilakukan oleh para ahli geologi terhadap batuan menyimpulkan bahwa antara ketiga kelompok tersebut terdapat hubungan yang erat satu dengan lainnya, dan batuan beku dianggap sebagai nenek moyang dari batuan lainnya.

Proses perubahan dari satu kelompok batuan ke kelompok lainnya merupakan suatu siklus yang dinamakan daur batuan. Batuan beku terbentuk akibat dari pendinginan dan pembekuan magma, pendinginan magma yang berupa lelehan silikat akan diikuti oleh proses penghabluran yang dapat berlangsung dibawah atau diatas permukaan bumi melalui erupsi gunung berapi. Kelompok batuan beku tersebut, apabila kemudian tersingkap dipermukaanmaka akan bersentuhan dengan atmosfer dan hidrosfir yang menyebabkan berlangsungnya proses pelapukan. Melalui proses ini batuan akan mengalami penghancuran.

Selanjutnya batuan yang telah dihancurkan ini akan dipindahkan/digerakkan dari tempatnya terkumpul oleh gayaberat, air yang mengalir diatas dan dibawah permukaan, angin yang bertiup, gelombang dipantai dan gletser dipegunungan-pegunungan yang tinggi. Media pengangkut tersebut juga dikenal sebagai alat pengikis yang dimana berupaya untuk meratakan permukaan bumi. Bahan-bahan yang diangkutnya baik itu berupa fragmen-fragmen atau bahan yang larut kemudian akan diendapkan ditempat-tempat tertentu sebagai sedimen. Proses berikutnya adalah terjadinya ubahan dari sedimen yang bersifat lepas, menjadi batuan yang keras, melalui pembebanan dan perekatan oleh senyawa mineral dalam larutan, dan kemudian disebut batuan sedimen.

Apabila batuan sedimen ini terjadi peningkatan tekanan dan suhu sebagai akibat dari penimbunan dan atau terlibat dalam proses pembentukan pegunungan, maka batuan sedimen tersebut mengalami ubahan untuk menyesuaikan dengan lingkungan yang baru dan terbentuk batuan malihan atau batuan metamorfis. Apabila batuan metamorfis ini masih mengalami peningkatan tekanan dan suhu, maka akan kembali leleh dan berubah menjadi magma. Panah-panah dalam gambar, menunjukan bahwajalannya siklus dapat

terganggu dengan adanya jalan-jalan pintas yang dapat ditempuh, sepertidari batuan beku menjadi batuan metamorfis, atau batuan metamorfis menjadi sedimen tanpamelalui pembentukan magma dan batuan beku. Batuan sedimen dilain pihak dapat kembali menjadi sedimen akibat tersingkap ke permukaan dan mengalami proses pelapukan.

Karakterisasi struktur mikro pembentuk batuan menggunakan spektroskopi *Scanning Electron Microscopic (SEM)*, *Energy Dispersive X-Ray spectrometric (EDX)* dan jenis mineral menggunakan *Fourier Transform Infra Red (FTIR)* merupakan kajian yang dapat memberikan informasi tentang jenis-jenis mineral yang terdapat dalam batuan (Wenas & Bujung, 2018). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui struktur mikro batuan dan jenis mineral batuan pada tanah beruap di daerah manifestasi di desa Tempang Provinsi Sulawesi Utara.

## 2. METODE

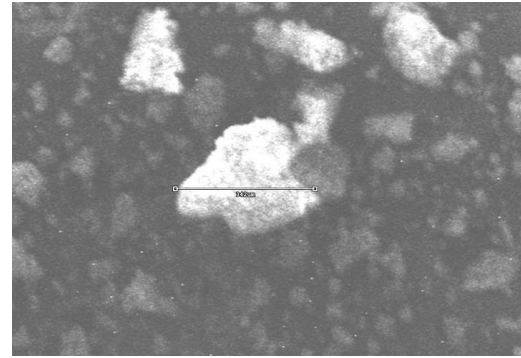
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah GPS, *Scanning Electron Microscopic-Energy Dispersive X-Ray spectrometric (SEM-EDX)*, *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*, dan palu geologi. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu bongkahan batuan di daerah sekitar manifestasi panas bumi tanah beruap di Desa Tempang, Provinsi Sulawesi Utara.

Penelitian ini dimulai dengan studi lietratur yaitu dari buku-buku ataupun internet dan penelitian-penelitian terkait, selanjutnya merumuskan masalah apa yang dapat dikaji dalam penelitian tersebut, kemudian pada tahap persiapan dilakukan dengan observasi daerah penelitian, persiapan alat, dan transportasi menuju daerah penelitian, pengambilan sampel batuan dan titik koordinat pada daerah penelitian.

Preparasi sampel dilakukan untuk mendapatkan serbuk, yaitu dengan menghancurkan sampel batuan sampai menjadi halus sekali atau menjadi serbuk agar pengujian hasil batuan dapat diketahui dengan baik. Selanjutnya, sampel batuan dicoating untuk mendapatkan sampel yang konduktif, kemudian pengujian dengan *SEM-EDX* dan *FTIR*, serta analisis data untuk mengetahui komposisi unsur dan jenis mineral dalam sampel batuan (Rey & Poluakan, 2020; Wenas & Bujung, 2018).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis menggunakan spektroskopi SEM-EDX pada sampel batuan di tanah beruap di desa Tempang Provinsi Sulawesi Utara, diperlihatkan pada Gambar 1 di bawah ini. Pada perbesaran 200 kali, warna putih pada gambar merupakan butiran batuan yang sudah dihaluskan dan warna yang terang-gelap ini dipengaruhi oleh unsur penyusunnya. Butiran yang terdapat dalam Gambar 1 berbentuk tidak beraturan.



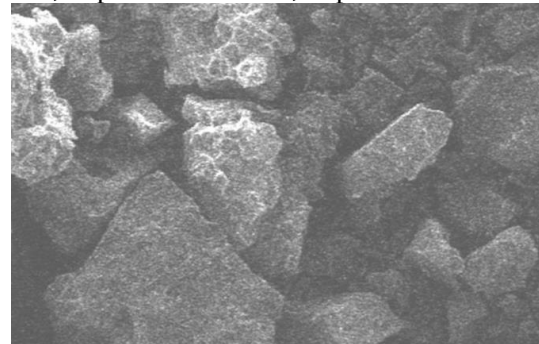
**Gambar 1.** Hasil SEM pada batuan sampel 1.

Hasil analisis EDX batuan sampel 1, diperlihatkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil analisis EDX batuan sampel-1

| Element | Atomic (%) | Error (%) |
|---------|------------|-----------|
| O       | 43,72      | 8,23      |
| Al      | 2,16       | 11,43     |
| Si      | 54,12      | 6,21      |

Dari Tabel 1, terlihat bahwa unsur Al memiliki persentase terendah yaitu 2,16 persen, O 43,72 persen dan Si 54,12 persen.



**Gambar 2.** Hasil SEM pada batuan sampel-2

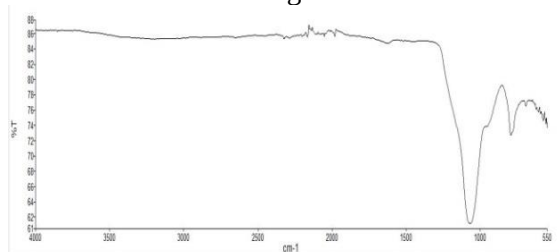
Dari Gambar 2, hasil SEM pada batuan sampel 2 dengan perbesaran 200 kali, tampak butiran yang tidak homogen. Hasil analisis EDX untuk batuan sampel 2, diperlihatkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Analisis EDX batuan sampel-2

| Element | Atomic (%) | Error (%) |
|---------|------------|-----------|
| O       | 51,10      | 7,15      |
| Si      | 48,90      | 6,03      |

Pada Tabel 2 memperlihatkan persentase unsur yang terkandung pada batuan sampel-2, yaitu oksigen O 51,10 persen dan silika Si 48,90 persen.

Hasil analisis EDX pada batuan sampel 1 di manifestasi tanah beruap Desa Tempang Provinsi Sulawesi Utara, terdapat unsur oksigen (O), silika (Si), dan aluminium (Al) dengan persentase kandungan O 43,72 %, Si 54,12 %, dan Al 2,16 %. Untuk batuan sampel 2, diperoleh persentase kandungan oksigen (O) 51,10 persen dan silika (Si) 48,90 persen. Hasil dari EDX kandungan O dan kandungan Si terdapat pada ke dua sampel yang diuji. Pada sampel batuan 1, terdapat kandungan yang tidak dimiliki pada sampel batuan 2, dimana pada sampel batuan 1 terdapat kandungan aluminium (Al) yang disebabkan oleh ubahan hidrothermal atau interaksi fluida dengan batuan.



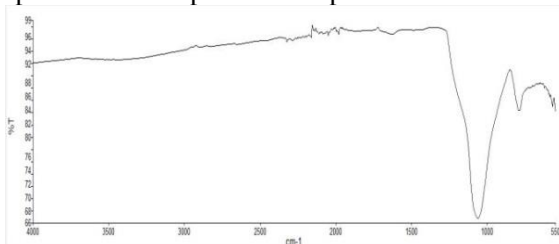
**Gambar 3.** Hasil spektra FTIR pada batuan sampel-1

Dari Gambar 3, diperoleh daerah serapan senyawa batuan sampel 1 seperti diperlihatkan pada Tabel 3 di bawah ini.

**Tabel 3.** Daerah serapan senyawa sampel-1

| No. | Daerah serapan senyawa (cm <sup>-1</sup> ) | Jenis mineral |
|-----|--------------------------------------------|---------------|
| 1   | 779,7                                      | Quartz        |
| 2   | 1162,1                                     | Quartz        |

Berdasarkan Tabel 3, dapat dijelaskan bahwa bilangan gelombang 779,7 cm<sup>-1</sup> merupakan mineral kuarsa (SiO<sub>2</sub>) dan bilangan gelombang 1162,1 cm<sup>-1</sup> juga merupakan mineral kuarsa (SiO<sub>2</sub>). Untuk batuan sampel-2, hasil spektra FTIR diperlihatkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Hasil Spektroskopi FTIR batuan sampel-2

Gambar 4 adalah hasil analisis FTIR yang menunjukkan jenis-jenis mineral yang terkandung dalam batuan sampel-2 pada tanah beruap di desa Tempang. Berdasarkan Gambar 4, diperoleh Tabel 4.

**Tabel 4.** Daerah serapan senyawa sampel-2

| No. | Daerah serapan senyawa (cm <sup>-1</sup> ) | Nama Mineral |
|-----|--------------------------------------------|--------------|
| 1   | 778,5                                      | Quartz       |
| 2   | 1084,6                                     | Quartz       |

Dari Tabel 4, untuk batuan sampel-2 pada tanah beruap di desa Tempang Provinsi Sulawesi Utara diperoleh bilangan gelombang 778,5 cm<sup>-1</sup> merupakan jenis mineral kuarsa dan bilangan gelombang 1084,6 cm<sup>-1</sup> juga merupakan jenis mineral kuarsa (SiO<sub>2</sub>).

Dari hasil karakterisasi *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), baik sampel batuan 1 maupun sampel batuan 2 diperoleh jenis mineral yang sama yaitu kuarsa (SiO<sub>2</sub>). Hal ini sesuai dengan hasil karakterisasi menggunakan *Energy Dispersive X-Ray Spectrometric* (EDX) (Wenas et al., 2022).

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa komposisi unsur sampel batuan 1 di manifestasi tanah beruap di Desa Tempang Minahasa Provinsi Sulawesi Utara adalah oksigen (O), silika (Si), dan aluminium (Al) dengan persentase kandungan O 43,72 %, Si 54,12 %, dan Al 2,16 %. Komposisi unsur sampel batuan 2 di manifestasi tanah beruap di Desa Tempang Minahasa Provinsi Sulawesi Utara adalah O dan Si, dengan persentase O 51,10 % dan Si 48,90 %. Hal ini sesuai dengan pengukuran FTIR diperoleh jenis mineral batuan tanah beruap di Desa Tempang adalah Quartz (SiO<sub>2</sub>).

#### 5. REFERENSI

- Bilondatu, A., Londa, T., & Bujung, C. (2021). Distribusi Suhu Bawah Permukaan Manifestasi Panas Bumi Untuk Analisis Gradien Suhu Di Bukit Kasih Kanonang. *Jurnal Fista: Fisika Dan Terapan*, 2(2), 61–65.
- Prakoso, J., Patonah, A., & Helmi, F. (2016). Alterasi Dan Mineralisasi Pada Batuan Porfiri Andesit Dan Porfiri Granodiorit Di Daerah Cigaber Dan Sekitarnya, Kabupaten Lebak, Provinsi Banten. *Bulletin of Scientific Contribution*, 14(1),

33–44.

- Rey, R. B., & Poluakan, C. (2020). Identifikasi Mineral Batuan Pada Daerah Manifestasi Mata Air Panas Di Koya Kecamatan Tondano Selatan Kabupaten Minahasa Menggunakan SEM-EDX Dan FTIR. *Jurnal FisTa : Fisika dan Terapannya*, 1(1), 2020.
- Saptadji, N. M. (2001). *Teknik Panasbumi*. Institut Teknologi Bandung.
- Saptadji, N. M. (2006). Update on Geothermal Development in Indonesia. *Proceedings 28th NZ Geothermal Workshop*, 1–6.
- Wenas, D. R., & Bujung, C. A. N. (2018). Analysis of Mineral Composition of Alteration Rock in Warm Ground and Steaming Ground in Lahendong North Sulawesi Using Sem-Edx And Ftir. *International Journal of Engineering and Technology*, 7(4), 364–367. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.28.22616>
- Wenas, D. R., Mongan, S., & Anthe, W. C. (2022). Analisis Batuan Pada Tanah Beruap Dan Tanah Hangat Menggunakan SEM-EDX dan FTIR Di Desa Tondangow, Tomohon. *Jurnal FisTa: Fisika dan Terapannya*, 3(2), 44–47.