

Analisis Batuan pada Tanah Beruap dan Tanah Hangat menggunakan SEM-EDX dan FTIR di Desa Tondangow Tomohon

*) Donny R. Wenas, Satyano Mongan, dan Waren Cristoper Anthe

Prodi Fisika FMIPA, Universitas Negeri Manado, Tondano, 95619, Indonesia

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

Diterima 3 Oktober 2022; Disetujui 17 Oktober 2022

ABSTRAK

Pulau Sulawesi dan sekitarnya secara regional memperlihatkan struktur geologi yang kompleks dengan kompleksitas mineral akibat akumulasi tumbukan dari berbagai lempeng makro Australia dan Pasifik. Provinsi Sulawesi Utara merupakan salah satu daerah yang memiliki batuan alterasi yang banyak ditemukan di daerah manifestasi Panas bumi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui komposisi unsur dan jenis mineral pada batuan tanah beruap dan tanah hangat di Tondangow Provinsi Sulawesi Utara. Metode yang digunakan adalah metode electron beam pada SEM, dan metode energy dispersive X-ray spectroscopic serta spektroskopi FTIR. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa komposisi unsur batuan pada tanah beruap di Desa Tondangow, Tomohon Provinsi Sulawesi Utara adalah O, Si, dan Al dengan persentase kandungan O 51,96 persen, Si 40,37 persen, dan Al 7,67 persen. Untuk batuan tanah hangat diperoleh kandungan O dan Si, dengan persentase O 54,40 persen dan Si 45,60 persen. Jenis mineral batuan pada tanah beruap diperoleh mineral kuarsa dan kaolinite, yang didominasi oleh kuarsa. Untuk batuan pada tanah hangat diperoleh jenis mineral kuarsa.

Kata kunci: Komposisi unsur batuan, jenis mineral, SEM-EDX, dan FTIR.

ABSTRACT

The island of Sulawesi and its surroundings regionally shows a complex geological structure with mineral complexity due to the accumulation of collisions from various Australian and Pacific macro plates. North Sulawesi Province is one of the areas that have alteration rocks that are commonly found in geothermal manifestation areas. The purpose of this study was to determine the element composition and types of rock minerals in steaming ground and warm ground in Tondangow, North Sulawesi Province. The method used is the electron beam method on SEM, and the energy dispersive X-ray spectroscopic method and FTIR spectroscopy. The results obtained indicate that the composition of rock elements in the steaming ground in Tondangow Village, Tomohon, North Sulawesi Province is O, Si, and Al with the percentage content of O 51.96 percent, Si 40.37 percent, and Al 7.67 percent. For warm ground rocks obtained O and Si content, with the percentage of O 54.40 percent and Si 45.60 percent. The type of rock mineral in the steaming ground is obtained by quartz and kaolinite minerals, which are dominated by quartz. For rocks on warm ground obtained the type of mineral quartz.

Keywords: Rock element composition, mineral type, SEM-EDX, and FTIR.

1. PENDAHULUAN

Sulawesi memiliki potensi energi alternatif berupa panas bumi, di karenakan adanya proses geologi berupa vulkanisme dan tektonik. Pulau Sulawesi dan sekitarnya secara regional memperlihatkan struktur geologi yang kompleks dengan kompleksitas mineral akibat akumulasi tumbukan dari berbagai lempeng makro Australia dan Pasifik.

Panas Bumi berasal dari bahasa Yunani yaitu *geo* yang berarti bumi dan *thermal* yang berarti panas. *Geothermal* atau panas bumi adalah panas yang berasal dari perut bumi dan dapat diartikan sebagai sumber energi panas yang terkandung di dalam air panas, uap air dan batuan bersama mineral ikatan dan gas lainnya yang secara genetis semuanya tidak dapat

dipisahkan dalam suatu sistem panas bumi. 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 suatu sistem hidrotermal di bawah permukaan sering kali ditunjukkan oleh adanya manifestasi panas bumi di permukaan, seperti mata air panas, kubangan lumpur panas (mud pools), tanah beruap, tanah hangat, geyser dan manifestasi panas bumi lainnya. Mata air panas, kolam air panas sering dimanfaatkan oleh

masyarakat setempat untuk mandi, berendam, mencuci, masak dan sebagainya. Manifestasi panas bumi dipermukaan biasanya terjadi karena ada perambatan panas dari bawah permukaan atau karena adanya rekahan-rekahan yang memungkinkan fluida panas bumi (uap dan air panas) naik ke permukaan.

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, sistem hidrotermal dibedakan menjadi dua, yaitu sistem satu fasa dan sistem dua fasa. Sistem dominasi uap merupakan sistem 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. Sistem dominasi air merupakan sistem Panas bumi 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).

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, 2016).

Dari hasil pengamatan terhadap jenis-jenis batuan, batuan dapat di kelompokkan menjadi tiga kelompok besar, yaitu batuan beku, batuan sedimen, dan batuan malihan atau metamorfis. Kajian-kajian yang telah 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. Dari sejarah pembentukan

bumi diperoleh bahwa pada awalnya seluruh bagian luar dari bumi ini terdiri dari batuan beku. Dengan perjalanan waktu serta perubahan keadaan, maka terjadilah perubahan-perubahan yang disertai dengan pembentukan kelompok-kelompok batuan yang lainnya. Proses perubahan dari satu kelompok batuan ke kelompok lainnya merupakan suatu siklus yang dinamakan daur batuan.

Mineral didefinisikan sebagai bahan padat organik yang terdapat secara alamiah, terdiri dari unsur-unsur kimiawi dalam perbandingan tertentu, dengan atom-atom didalamnya tersusun mengikuti suatu pola yang sistematis. Beberapa jenis mineral memiliki sifat dan bentuk tertentu dalam keadaan padatnya, sebagai perwujudan dari susunan teratur didalamnya. Terdapat dua cara untuk mengenal suatu mineral, yang pertama adalah dengan melakukan analisis secara kimiawi, dan yang kedua yang paling umum dilakukan adalah dengan cara mengenali sifat - sifatnya. Sifat – sifat fisik mineral antara lain bentuk kristalnya, berat jenis, bilangan belah, warna goresan, kilap dan kekerasan.

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, et al., 2018). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui komposisi unsur dan jenis mineral pada batuan tanah beruap dan tanah hangat di Tondangow, Tomohon Provinsi Sulawesi Utara.

2. METODE

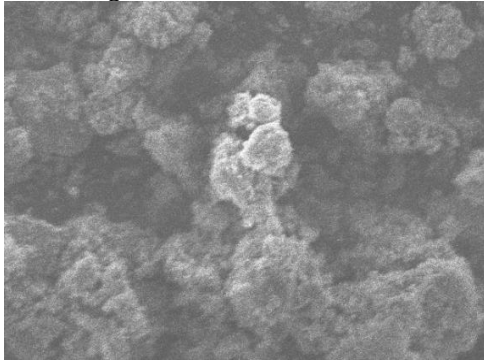
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah GPS, *Scanning Electron Microscopic-Energy Dispersive X-Ray spectrometric (SEM-EDX)*, *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*, dan palu geologi. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu bongkahan batuan di daerah sekitar manifestasi panas bumi tanah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

Penelitian ini dimulai dengan studi literatur 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. Selanjutnya preparasi sampel 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 (Wenas, et al, 2018).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari Gambar 1, yang merupakan hasil dari analisis di laboratorium dengan menggunakan SEM yang diperbesar 250 kali, warna putih pada Gambar merupakan butiran batuan yang sudah dihaluskan dan warna yang terang-gelap ini dipengaruhi oleh unsur penyusunnya. Butiran yang terdapat berbentuk tidak beraturan, tekstur batuan yang terpecah-pecah, tidak homogen ada yang berukuran kecil, sedang, dan besar.



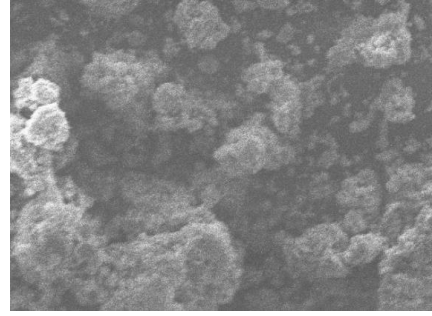
Gambar 1. Hasil SEM pada batuan ditinjau beruap

Hasil analisis EDX untuk batuan di tanah beruap, diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis EDX batuan tanah beruap

Element	Atomic (%)	Error (%)
O	51,96	10,73
Al	7,67	12,21
Si	40,37	8,84

Dari Tabel 1, terlihat bahwa unsur Al memiliki persentase terendah yaitu 7,67 persen, Si 40,37 persen dan O 51,96 persen.



Gambar 2. Hasil SEM batuan pada tanah hangat

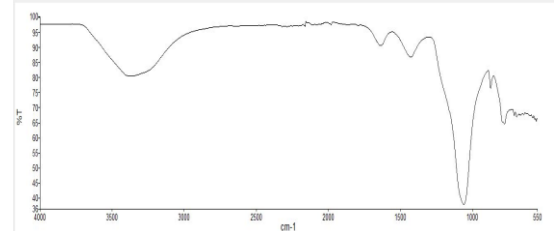
Dari Gambar 2, hasil SEM batuan pada tanah hangat dengan perbesaran 250 kali, tampak butiran yang tidak homogen.

Hasil analisis EDX untuk batuan di tanah hangat, diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis EDX batuan tanah hangat

Element	Atomic (%)	Error (%)
O	54,40	11,28
Si	45,60	7,08

Pada Tabel 2 memperlihatkan persentase unsur yang terkandung pada batuan tanah hangat, yaitu oksigen O 54,40 persen dan silica Si 45,60 persen.



Gambar 3. Hasil spektra FTIR batuan pada tanah beruap

Gambar 3 adalah hasil analisis FTIR yang menunjukkan jenis-jenis mineral yang terkandung dalam sampel batuan pada tanah beruap berdasarkan bilangan gelombang (cm^{-1}) pada sumbu horizontal dan transmisi (%T) pada sumbu vertikal. Berdasarkan Gambar 3, diperoleh Tabel 3.

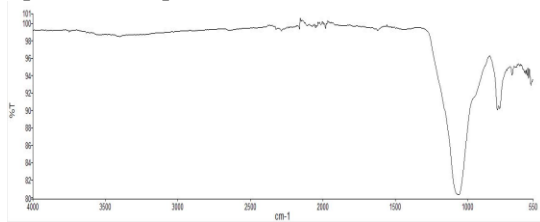
Tabel 3. Daerah serapan senyawa sampel tanah beruap

No.	Daerah serapan senyawa (cm^{-1})	Jenis mineral
1	778,3	quartz
2	1161,3	quartz
3	1612,1	quartz
4	3401,7	kaolinite

Berdasarkan Tabel 3, dapat dijelaskan bahwa bilangan gelombang 778,3 cm^{-1} merupakan mineral kuarsa (SiO_2). Bilangan

gelombang $1161,3 \text{ cm}^{-1}$ merupakan mineral kuarsa, bilangan gelombang $1612,1 \text{ cm}^{-1}$ juga merupakan mineral kuarsa dan bilangan gelombang $3401,7 \text{ cm}^{-1}$ merupakan mineral kaolinite ($2\text{H}_2\text{O Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$).

Untuk tanah hangat, hasil spektra FTIR diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Spektroskopi FTIR batuan pada tanah hangat

Gambar 4 adalah hasil analisis FTIR yang menunjukkan jenis-jenis mineral yang terkandung dalam sampel batuan pada tanah hangat berdasarkan bilangan gelombang (cm^{-1}) pada sumbu horizontal dan transmisi (%T) pada sumbu vertikal. Berdasarkan Gambar 4, diperoleh Tabel 4.

Tabel 4. Daerah serapan senyawa batuan pada tanah hangat

No.	Daerah serapan senyawa (cm^{-1})	Nama Mineral
1	777,2	Quartz
2	1083,7	Quartz

Dari Tabel 4, untuk batuan tanah hangat diperoleh bilangan gelombang $777,2 \text{ cm}^{-1}$ merupakan jenis mineral kuarsa dan bilangan gelombang $1083,7 \text{ cm}^{-1}$ juga merupakan jenis mineral kuarsa.

Dari hasil karakterisasi FTIR, untuk batuan pada tanah beruap diperoleh jenis mineral kuarsa dan kaolinite yang didominasi oleh kuarsa. Untuk batuan pada tanah hangat diperoleh jenis mineral kuarsa. Hal ini sesuai dengan hasil karakterisasi menggunakan EDX yaitu unsur yang terkandung pada batuan di tanah hangat Si dan O, dan di tanah beruap Si, O dan Al.

4. KESIMPULAN

Komposisi unsur batuan pada tanah beruap di Desa Tondangow, Tomohon adalah O, Si, dan Al dengan persentase kandungan O 51,96 %, Si 40,37 %, dan Al 7,67 %. Komposisi unsur batuan pada tanah hangat adalah O dan Si, dengan persentase O 54,40 % dan Si 45,60 %. Jenis mineral batuan pada tanah beruap diperoleh mineral kuarsa dan kaolinite, yang

didominasi oleh kuarsa. Untuk batuan pada tanah hangat diperoleh jenis mineral kuarsa.

5. REFERENSI

- Sunardi. 2010. Kajian spektroskopi FTIR, XRD, dan SEM Kaolin Alam Asal Tatakan, Kalimantan Selatan Hasil Purifikasi dengan Metode Sedimentasi. *Jurnal Ilmiah Berkala Sains dan Terapan Kimia* Vol.4, No.2, November 2010, 137-149.
- Montolalu G., Poluakan C., Wenas D.R. 2015. Analisis Kandungan Logam Pada Batuan Yang Teralterasi Di Daerah Toraget, Sulawesi Utara Dengan Menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF). Volume 3. No.5.
- Prakoso Jodi B. 2016. Alterasi dan mineralisasi pada batuan porfiri andesit dan porfiri granodiorit di daerah cigaber dan sekitarnya, kabupaten lebak, provinsi banten. Dengan menggunakan pemetaan geologi dan analisis laboratorium. Vol 14. No.1.
- Pongoh Tirza, Bujung C.A.N, Mandolang, A. 2015. Analisis Kandungan Logam Pada Batuan Alterasi Hidrotermal Menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF) Di Daerah Lahendong, Sulawesi Utara. Volume 3. No.5.
- Saptadji, N. (2001). Teknik Panas Bumi. Bandung, ITB.
- Saptadji, N. (2006). Update on Geothermal Development in Indonesia, Proc. New Zealand Geothermal Workshop 2006, Auckland, New Zealand.
- Wenas, D.R., Bujung, C.A.N. (2018). Analysis of Mineral Composotin of Alteration Rock in Warm Ground and Steaming Ground in Lahendong North Sulawesi Using SEM-EDX and FTIR. *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (4.28,) 364-367.