

Karakteristik Mineral Batuan Pada Daerah Manifestasi Mata Air Panas Menggunakan SEM-EDAX Dan FTIR Di Desa Candirejo Kecamatan Modayag Kabupaten Bolaang Mongondow

Indra S. J. Oping^{1)*}, Treesje K. Londa²⁾, dan Donny R. Wenas³⁾

^{1,2,3)} Program Studi Fisika, Universitas Negeri Manado, Kabupaten Minahasa, 95618, Indonesia

*e-mail: indraoping@gmail.com

Diterima 20 April 2023; Disetujui 28 April 2023

ABSTRAK

Petrogenesis merupakan bagian dari ilmu petrologi yang menjelaskan tentang seluruh aspek pembentukan batuan mulai dari sumber, proses primer terbentuknya batuan hingga perubahan-perubahan (proses sekunder) yang terjadi pada batuan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi unsur mineral dan jenis mineral batuan pada daerah manifestasi panasbumi yang berada di Desa Candirejo Kecamatan Modayag menggunakan SEM-EDAX dan FTIR. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium Fisika Universitas Negeri Manado didapatkan hasil komposisi unsur mineral yang terkandung pada daerah Desa Candirejo Kecamatan Modayag adalah Silika (Si), Aluminium (Al), molibden (Mo), titanium (K), niobium (Nb), bromin (Br), kalium (K), kalsium (Ca) dan jenis mineral yaitu albite, quartz, magnetite, dan gibbsite.

Kata Kunci : Gugus Fungsi, SEM-EDX, FTIR.

ABSTRACT

Petrogenesis is a branch of petrology dealing with all aspects of rock formation from the source, primary process, as well the changes (secondary process) occurring on rocks. The study aimed to determine the mineral element composition and rock mineral types in geothermal manifestation area using SEM-EDAX and FTIR in Candipuro Village Modayag Sub-district. Based on research done at Physics laboratory at Universitas Negeri Manado indicated that mineral element compositions contained in Candipuro Village Modayag Sub-district were Silica (Si), Aluminum (Al), Molybdenum (Mo), Titanium (K), Niobium (Nb), Bromine (Br), Potassium (K), and Calcium (Ca), as well mineral types were albite, quartz, magnetite, and gibbsite.

Keywords : Petrogenesis, Geothermal, SEM-EDAX, FTIR.

1. PENDAHULUAN

Petrogenesis merupakan bagian dari ilmu petrologi yang menjelaskan tentang seluruh aspek pembentukan batuan mulai dari sumber, proses primer terbentuknya batuan hingga perubahan-perubahan (proses sekunder) yang terjadi pada batuan tersebut (Herman, 2006). Hal ini tentu menjadi bagian dari kekayaan alam di Indonesia berupa sumber daya alam (mineral) yang cukup melimpah. Sumber daya mineral yang melimpah antara lain: emas, tembaga, platina, nikel, timah, batu bara, migas dan panas bumi.

Saat ini yang menjadi perhatian para peneliti mengarah pada energi alternatif salah satu di antaranya energi panas bumi. Secara istilah, *geothermal* dapat diartikan sebagai energi panas yang tersimpan dalam batuan di bawah permukaan bumi dan fluida yang terkandung didalamnya yang dapat ditemukan di kawasan jalur vulkanis (Wenas & Bujung, 2018). Pada dasarnya sistem panas bumi

merupakan suatu daur hidrologi air (air tanah dan hujan) yang dalam perjalanannya berhubungan dengan sumber panas (*heat source*) bertemperatur tinggi, sehingga terbentuk air panas yang dapat terperangkap dalam batuan yang mempunyai permeabilitas tinggi. Uap air dan air panas tersebut akan muncul ke permukaan melalui struktur-struktur seperti sesar, atau rekahan. Keberadaan manifestasi panas bumi di permukaan, diperkirakan terjadi karena adanya perambatan panas dari permukaan atau karena adanya rekahan-rekahan yang memungkinkan fluida panas bumi mengalir ke permukaan (Bilondatu et al., 2021).

Candirejo merupakan salah satu daerah yang terletak di Sulawesi Utara, Kabupaten Bolaang Mongondow, yang terdapat beberapa jenis manifestasi panasbumi (Harjanto et al., 2016) salah satunya adalah manifestasi mata air panas yang pada saat ini menjadi objek dalam fokus penelitian. Berbagai cara dapat

dilakukan untuk mengetahui potensi sumber daya energi panas bumi khususnya di Candirejo salah satunya dengan cara menganalisis karakteristik mineral batuan dan jenis mineral pada manifestasi mata air panas.

Oleh karena itu, dengan menggunakan SEM (Scanning Electron Microscopy) dan EDAX (Energy Dispersive Spectroscopy) untuk dapat mengetahui kandungan mineral (unsur/ elemen) penyusun batuan yang terdapat di sekitar manifestasi mata air panas, dan FTIR (Fourier Transform Infra Red) untuk dapat mengidentifikasi suatu senyawa yang belum diketahui, karna spektrum yang dihasilkan spesifik untuk senyawa tersebut.

2. KAJIAN LITERATUR

Sistem Panas Bumi

Geothermal berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dari dua kata yaitu, *geo* yang berarti bumi dan *thermal* yang artinya panas. Dengan demikian *geothermal* dapat didefinisikan sebagai panas yang berasal dari bawah permukaan bumi terjadi karena aktivitas non-vulkanik maupun aktivitas vulkanik.

Hubungan Batuan dan Mineral

Pada dasarnya batuan dan mineral itu saling berhubungan erat dan tidak akan pernah terpisahkan, kembali mengacu pada hirarki geologi, mineral merupakan syarat utama terbentuknya suatu tubuh batuan, dan mineral itu sendiri terbentuk dari kristal-kristal yang berasal dari unsur atom dan senyawa, namun tidak seluruhnya mineral memiliki kristal tergantung genesa atau proses pembentukannya.

Scanning Electron Microscopy & Energy Dispersive Spectroscopy SNE 4500M

SEM-EDX adalah dua perangkat yang dibuat menjadi satu. SEM (*Scanning Electron Microscope*) adalah sebuah mikroskop elektron yang di desain untuk menyelidiki permukaan dari objek solid secara langsung, dan EDX (*Energy Dispersive Spectroscopy*) untuk penyelidikan menggunakan detektor. SEM memiliki perbesaran 10-3000000x, *depth of field* 4-0,4 mm dan resolusi sebesar 1-10 nm. Kombinasi dari perbesaran yang tinggi, *depth of field* yang besar, resolusi yang baik, kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi kristalografi membuat SEM banyak digunakan untuk keperluan penelitian.

Fourier Transform Infra Red (FTIR)

Pada dasarnya *spektrometric Fourier Transform Infrared* (FTIR) adalah sama dengan spektrofotometer infra red dispersi, yang membedakannya adalah pengembangan pada sistem optiknya sebelum berkas sinar infra merah melewati contoh. Dasar pemikiran dari spektrofotometer Fourier Transform Infra Red adalah dari persamaan gelombang yang dirumuskan oleh Jean Baptiste Joseph Fourier (1768-1830) seorang ahli matematika dari Perancis. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi komposisi mineral batuan pada mata air panas dan mengetahui jenis mineral batuan pada mata air panas di Desa Candirejo Modayag.

3. METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian terletak di desa Candirejo Kecamatan Modayag, Provinsi Sulawesi Utara. Penelitian terletak di desa Candirejo dan dapat ditempuh dari Kota Tondano dengan alat transportasi darat selama kurang lebih 4 jam. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu GPS, Laptop, Alat SEM-EDAX, Alat FTIR, Kantong plastik, dan Buku Lapangan.

Sebelum melakukan penelitian tahap awal yang dilaksanakan adalah studi literatur, yaitu mempelajari referensi mengenai geologi lokasi penelitian serta teori-teori yang berhubungan dengan jenis dan komposisi batuan. Selanjutnya melakukan survei lapangan dan studi lapangan dengan turun langsung ke lokasi Penelitian. Kemudian Pengambilan data pada manifestasi mata air panas berupa pengambilan sampel dan titik koordinat batuan. Lalu dilakukan Uji lab di Laboratorium Fisika Universitas Negeri Manado menggunakan FTIR dan SEM-EDX. Dari hasil laboratorium dilanjutkan dengan analisis data.

Untuk mendapatkan sampel dalam bentuk serbuk, dilakukan dengan cara 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, dilanjutkan dengan pengujian sampel menggunakan SEM-EDX dan FTIR, serta analisis data untuk mengetahui komposisi unsur dan jenis mineral dalam sampel batuan (Wenas, 2019; Wenas & Bujung, 2018).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

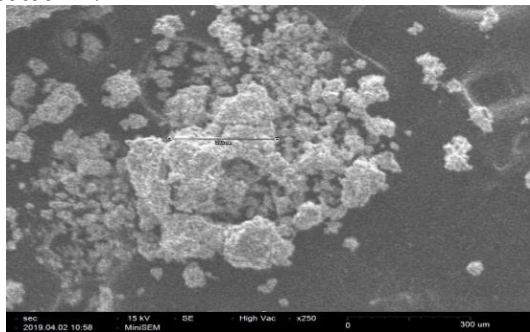
Hasil kandungan dan spektra pada batuan yang dianalisis terlihat secara jelas dengan menggunakan SEM-EDX. Pengujian ini merupakan hasil analisis dan pengolahan data yang dilakukan dengan menggunakan metode elektron beam pada SEM dan pada EDX. Menggunakan metode *energy dispersive x-ray*. Data SEM digunakan untuk mengidentifikasi jenis mineral secara deskriptif berdasarkan morfologi mineral dan EDX mengidentifikasi kandungan unsur pada objek untuk memastikan kandungan mineral tersebut.

Sampel batuan diperoleh berdasarkan lokasi penelitian yaitu di desa Candirejo ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengumpulan Data

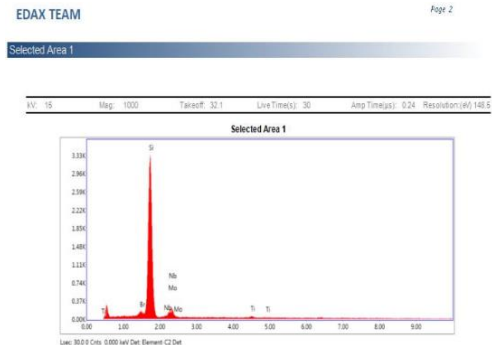
Manif estasi	Sampel	Koordinat			Warna Batuan
		N	E	Elevasi	
Mata air panas	Batuan 1	0°	124°	608m	Putih ke abu-abuan
		43'	23'		
		35"	1"		
Mata air panas	Batuan 2	0°	124°	605m	Abu-abu kekuningan
		43'	23'		
		34"	3"		

Berikut ini adalah analisis menggunakan SEM-EDX pada sampel batuan 1 dan sampel batuan 2.



Gambar 1. Hasil SEM batuan pada sampel 1

Berdasarkan hasil gambar SEM struktur mikro pada sampel batuan 1 yang diperbesar 250X, butiran-butiran berwarna putih menunjukkan ketidakstabilan tekstur batuan. Hasil analisis spektral EDX menunjukkan unsur kandungan mineral yang terkandung pada sampel 1, dapat dilihat pada Gambar 2.



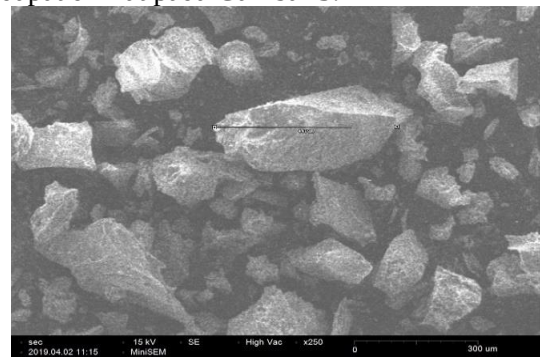
Gambar 2. Spektra analisis EDX batuan sampel 1

Hasil spektra merupakan pengujian EDX pada satu titik yang sudah ditentukan, puncak-puncak merah pada kurva menunjukkan kandungan yang terdeteksi. Hasil yang diperoleh pada sampel batuan 1 ialah Silika (Si), Molibden (Mo), Titanium Ti, Niobium (Nb), dan Bromin (Br) dengan persentase Si 92,24%, Mo 4,87%, Ti 1,42%, Nb 0,68%, dan Br 0,79%. dapat dilihat di Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Hasil analisis EDX sampel batuan 1

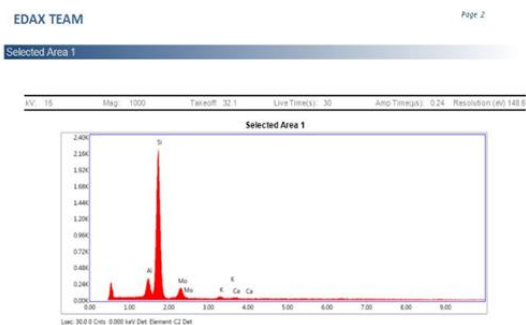
Element	Atomic	Error
Br	0,79 %	15,84 %
Si	92,24 %	2,73 %
Nb	0,68 %	39,53 %
Mo	4,87 %	11,46 %
Ti	1,42 %	37,16 %

Berdasarkan hasil gambar SEM Struktur mikro pada sampel batuan 2 yang diperbesar 250X, butiran-butiran berwarna putih menunjukkan ketidakstabilan tekstur batuan, dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil SEM batuan pada sampel 2

Hasil analisis spektral EDX menunjukkan unsur kandungan mineral yang terkandung pada sampel 2. Dapat di lihat pada Gambar 4.



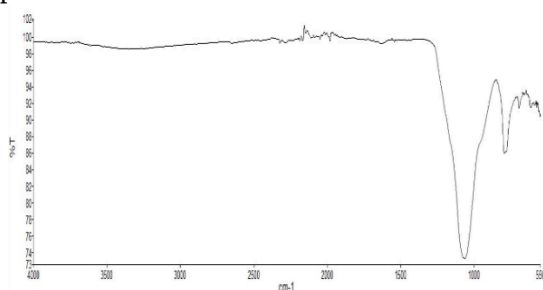
Gambar 4. Spektra analisis EDX batuan sampel 2

Puncak puncak merah pada kurva sampel batuan 2 terdapat 5 unsur yang berbeda yang terdeteksi oleh EDX, yaitu Silika (Si), Aluminium (Al), Molibden (Mo), Kalium (K), dan Kalsium (Ca) dengan persentase Si 84,56%, Al 8,51%, Mo 5,26%, K 1,09%, dan Ca 0,58%, dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisis EDX batuan pada sampel 2

Element	Atomic	Error
Al	8,51 %	6,48 %
Si	84,56 %	3,27 %
K	1,09 %	60,90 %
Mo	5,26 %	10,55 %
Ca	0,58 %	3,19 %

Hasil analisis menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat dalam batuan manifestasi panas bumi pada sampel (Anam et al., 2007). Dari hasil analisa manifestasi panas bumi sampel batuan 1 di laboratorium fisika material Universitas Negeri Manado menggunakan alat Spektroskopi FTIR didapatkan hasil seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil analisa spektroskopi FTIR batuan sampel 1

Berdasarkan hasil identifikasi spektrum gelombang dari Gambar 5, hasil analisa batuan sampel 1 manifestasi panas bumi yang berada di daerah candirejo dapat dilihat pada Tabel 4.

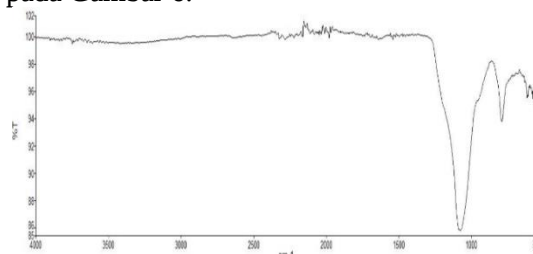
Tabel 4. Daerah serapan senyawa batuan sampel 1

No.	Daerah serapan senyawa (cm^{-1})	Gugus Fungsi	Jenis Senyawa	Jenis Mineral
1	1065,2	C–O	Alkohol, Eter, Asam, Karborsilat, Ester	<i>Albite</i> $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$
2	792,53	C–H	Alkena	<i>Gibbsite</i> $\text{Al}(\text{OH})_2$
3	1980,8	C=C	Alkena	<i>Quartz</i> (SiO_2)
4	694,95	C–H	Aromatik	<i>Quartz</i> (SiO_2)

Hasil analisis spektrum gelombang pada Tabel 4. Dijelaskan sebagai berikut:

1. Bilangan Gelombang 1065,2 cm^{-1} merupakan senyawa Alkohol, Eter, Asam dengan jenis mineral Albite (albit) dengan rumus kimia $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$
2. Bilangan Gelombang 792,53 cm^{-1} merupakan senyawa Alkena dengan jenis mineral Gibbsite (aluminium hidroksida) dengan rumus kimia $\text{Al}(\text{OH})_2$
3. Bilangan Gelombang 1980,8 cm^{-1} merupakan senyawa Alkena dengan jenis mineral quartz (kuarsa) dengan rumus kimia SiO_2
4. Bilangan gelombang 694,95 cm^{-1} merupakan jenis mineral Aromatik dengan mineral quartz (kuarsa) dengan rumus kimia SiO_2

Hasil analisa manifestasi panas bumi sampel batuan 2 menggunakan alat Spektroskopi FTIR didapatkan hasil seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil analisa spektroskopi FTIR batuan sampel 2

Dari hasil identifikasi spektrum gelombang berdasarkan Gambar 6, diperoleh hasil analisis batuan sampel 2 manifestasi panas bumi yang berada di daerah Candirejo, dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Daerah serapan senyawa batuan sampel 2

No	Daerah serapan senyawa (cm^{-1})	Gugus Fungsi	Jenis Senyawa	Jenis Mineral
1	1076,7	C-O	Alkohol, Eter, Asam, Karborsilat, Ester	Albite $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$
2	793,74	C-H	Alkena	Quartz (SiO_2)
3	620,32	C-H	Alkena	Magnetite ($\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_4$)
4	1983,7	C=C	Alkena	Quartz (SiO_2)

Hasil spektrum gelombang pada Tabel 5. di atas di dapatkan penjelasan sebagai berikut

1. Bilangan gelombang 1076,7 cm^{-1} merupakan senyawa Alkohol, Eter, Asam dengan jenis mineral albite dengan rumus kimia $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$
2. Bilangan gelombang 793,74 cm^{-1} merupakan Senyawa Alkena dengan jenis mineral quartz (kuarsa) dengan rumus kimia SiO_2
3. Bilangan gelombang 620,32 cm^{-1} merupakan Senyawa Alkena dengan jenis mineral magnetite (magnetit) dengan rumus kimia $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_4$
4. Bilangan gelombang 1983,7 cm^{-1} merupakan Senyawa alkena dengan jenis mineral quartz (kuarsa) dengan rumus kimia SiO_2

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh, kesimpulan dari penelitian ini yaitu mineral batuan di daerah panas bumi desa Candirejo teridentifikasi mengandung unsur Silika (Si), Molibden (Mo), Titanium (Ti), Niobium (Nb), Bronim (Br), Kalium (K), Kalsium (Ca), dan Aluminium (Al) dengan kandungan Silika yang mendominasi. Selain itu, diperoleh informasi bahwa jenis mineral batuan yang ada di daerah Candirejo adalah Albite $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$, Quartz (SiO_2), Magnetite ($\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_4$), dan Gibbsite $\text{Al}(\text{OH})_3$. Penelitian diharapkan dapat menjadi gambaran tentang karakteristik mineral batuan pada daerah manifestasi mata air panas menggunakan SEM-EDAX dan FTIR di Desa Candirejo kecamatan modayag Kabupaten Bolaang Mongondow.

6. REFERENSI

- Anam, C., Sirojudin, & Firdausi, K. S. (2007). Analisis Gugus Fungsi pada Sampel Uji, Bensin, dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FTIR. *Berkala Fisika*, 10(1410-9662), 79-85. http://eprints.undip.ac.id/1888/1/Analisis_Gugus_Fungsi_Pada_Sampel_Uji,_Bensin_dan_Spiritus_Menggunakan_Metode_Spektroskopi_FTIR.pdf
- 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.
- Harjanto, A., Sutanto, Sutarto, Subandrio, A., Suasta, I. M., Salamat, J., Hartono, G., Saputra, P., Basten, I. G., Fauzi, M., & Rosdiana. (2016). Alterasi Hidrotermal Di Dumoga Barat, Kabupaten Bolaang Mongondow, Sulawesi Utara. *Eksplorium*, 37(1), 27-40.
- Herman, D. Z. (2006). Karakteristik Mineralisasi Epitermal di Daerah Taran, Hulu Kahayan, Kalimantan Tengah berdasarkan Studi Mikroskopis, X-Ray Diffraction (XRD), dan Inklusi Fluida. *Jurnal Geologi Indonesia*, 1(3), 155-162. <https://doi.org/10.17014/ijog.vol1no3.20064>
- Wenas, D. R. (2019). Studi Lineament Dan Korelasinya Dengan Batuan Alterasi Di Kawasan Wisata Bukit Kasih Sulawesi Utara. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 2(2), 181-184.
- 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>