

## Identifikasi Mineral Batuan Mata Air Panas Bukit Kasih Kanonang Menggunakan SEM-EDX dan FTIR

Christina Jeniva Elisabet Sorongan<sup>1)\*</sup>, Donny Royke Wenas<sup>2)</sup>, Jeilen Gabriela Nikita Nusa<sup>3)</sup>,  
Heindrich Taunaumang<sup>4)</sup>, Vistarani Arini Tiwow<sup>5)</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Program Studi Fisika, Universitas Negeri Manado, Kabupaten Minahasa, 95618, Indonesia

\*Corresponding author. E-mail: 21503003@unima.ac.id

*Diterima 18 Mei 2025; Disetujui 21 Juli 2025*

### ABSTRAK

Sulawesi utara memiliki potensi panas bumi yang cukup besar ini dibuktikan dengan munculnya beberapa jenis manifestasi panas bumi, yang salah satu manifestasinya berada di desa kanonang tepatnya di bukit kasih kanonang. Tujuan diadakan penelitian ini untuk mengetahui struktur batuan dan jenis batuan yang terkandung dalam batuan di daerah manifestasi yang berada di bukit kasih kanonang. Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah menganalisis di laboratorium menggunakan alat SEM-EDX dan alat FTIR. Hasil penelitian menunjukkan kandungan mineral dan jenis mineral manifestasi panas bumi mata air panas di bukit kasih kanonang memiliki 3 unsur yaitu Oksigen, Silika, dan Aluminium dengan persentase kandungan O 66,60 %, Si 31,25 %, dan Al 0,73 %. Penelitian ini memberikan informasi penting untuk pemahaman karakteristik sistem panas bumi dan potensi pengembangan sumber energi panas bumi di Bukit Kasih Kanonang.

**Kata kunci** : Panas Bumi, Struktur Batuan, Jenis Batuan, SEM-EDX, FTIR

### ABSTRACT

*North Sulawesi has considerable geothermal potential as evidenced by the emergence of several types of geothermal manifestations, one of which is located in Kanonang village, precisely on the hill of Kasih Kanonang. The purpose of this research is to determine the rock structure and type of rock contained in the rock in the manifestation area located on the hill of love kanonang. The method to be used in this research is to analyze in the laboratory using SEM-EDX tools and FTIR tools. The results showed that the mineral content and mineral types of geothermal manifestations of hot springs in kanonang love hill have 3 elements namely Oxygen, Silica, and Aluminum with a percentage content of O 66.60%, Si 31.25%, and Al 0.73%.*

**Keywords** : Geothermal, Rock Structure, Rock Type, SEM-EDX, FTIR

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia berkaitan erat dengan letak geografis dan kondisi geologi tempat terdapatnya potensi panas bumi yang cukup besar, hal itu dikarenakan Indonesia terletak pada daerah pertemuan tiga lempeng tektonik besar yaitu lempeng Eurasia, Pasifik dan Indo-Eurasia yang menempatkan negara Indonesia berada di jalur *Ring of Fire* tempat terjadinya pertemuan antar lempeng yang menyebabkan terbentuknya zona subduksi dan deretan gunung api yang juga berkaitan erat dengan sumber panas bumi (Suwandi, 2022).

Pulau Sulawesi sendiri potensi panas bumi mencapai 20% dari potensi yang dimiliki Indonesia (Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2009) akan tetapi masih begitu banyak wilayah yang belum tersentuh untuk dikembangkan dan untuk mengetahui adanya sumber panas bumi di suatu wilayah dapat dilihat dengan adanya manifestasi permukaan,

di kabupaten Minahasa terdapat salah satu wilayah yang memperlihatkan kenampakan manifestasi permukaan yaitu terletak di Bukit Kasih Kanonang Minahasa Sulawesi Utara. Bukit Kasih Kanonang merupakan bukit belerang yang memiliki potensi alam yang sangat baik. Bukit Kasih Kanonang di kelola oleh Dinas Pariwisata dan Kebudayaan Sulawesi Utara.

Bukit Kasih Kanonang merupakan monumen bersejarah bagi masyarakat Sulawesi Utara. Bukit Kasih juga disebut sebagai tempat dimana orang-orang dari berbagai agama berkumpul dan berdoa sesuai dengan kepercayaan mereka. Karena itulah disebut sebagai simbol perdamaian dan juga kerukunan antara umat beragama. Ada lima rumah ibadah di bukit ini seperti masjid, kuil hindu di puncak kedua, gereja katolik dan gereja kristen. Bahkan di pintu masuk dari Bukit Kasih Kanonang ini ada sebuah tugu toleransi yang

tingginya mencapai 22 meter yang di atasnya ditaruh patung berbentuk bumi yang dilingkari seekor merpati putih, lambang kasih. Di dalam tugu ada kutipan simbol dari masing-masing agama. Tugu ini juga merupakan monumen untuk bisa mengingatkan agar bertoleransi selama kehidupan beragama (Bilondatu et al., 2021).

Daerah manifestasi pada Bukit Kasih Kanonang Minahasa Sulawesi Utara ini memiliki banyak batuan yang berbeda dengan batuan pada umumnya. Untuk itu peneliti berasumsi bahwa batuan-batuan di daerah ini mengalami pengaruh langsung dari panas bumi, yang menyebabkan terjadi perubahan jenis pada batuan (Wenas, 2019).

Dalam menentukan suatu manifestasi panas bumi pada suatu wilayah tentunya dapat menggunakan beberapa jenis studi seperti studi Geofisika, Geologi, dan Geokimia. Dalam penelitian ini, jenis studi yang akan digunakan adalah studi Geologi dengan menggunakan SEM-EDX dan FTIR.

Berdasarkan latar belakang di atas maka peneliti akan melakukan penelitian untuk mengetahui jenis batuan apa saja yang ada di daerah manifestasi panas bumi Bukit Kasih Kanonang Minahasa, Sulawesi Utara, sehingga peneliti akan mengetahui apa saja komposisi dan jenis mineral batuan yang ada di tempat tersebut.

## 2. KAJIAN LITERATUR

### Sistem Panas Bumi

Sistem panas bumi dapat didefinisikan sebagai suatu sistem penghantaran panas (*heat transfer*) didalam mantel atas dan kerak bumi dimana panas (*heat*) dipindahkan dari suatu sumber panas (*heat source*) menuju suatu tampungan panas (*heat sink*) yang biasanya adalah permukaan bumi (Wote et al., 2023).

Sistem panas bumi (*geothermal system*) secara umum dapat diartikan sebagai sistem penghantar panas di dalam mantel atas dan kerak bumi dimana panas dihantarkan dari suatu sumber panas (*heat source*) menuju suatu tempat penampungan panas (*heat sink*). 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. Perpindahan panas secara

konveksi pada dasarnya terjadi karena gaya apung (*bouyancy*). Air karena gaya gravitasi selalu mempunyai kecenderungan untuk bergerak kebawah, akan tetapi apabila air tersebut kontak dengan suatu sumber panas maka akan terjadi perpindahan panas sehingga temperatur air menjadi lebih tinggi dan air menjadi lebih ringan. Keadaan ini menyebabkan air yang lebih panas bergerak ke atas dan air yang lebih dingin bergerak turun ke bawah, sehingga terjadi sirkulasi air atau arus konveksi (Jamlean et al., 2022).

### Manifestasi-Manifetasi yang ada di Bukit Kasih Kanonang

#### Tanah Hangat (*Warm Ground*)

Adanya sumber daya panas bumi di bawah permukaan dapat ditunjukkan antara lain dari adanya tanah yang mempunyai temperatur lebih tinggi dari temperatur tanah disekitarnya. Hal ini terjadi karena adanya perpindahan panas secara konduksi dari batuan bawah permukaan ke batuan permukaan (Landung et al., 2022).

#### Permukaan Tanah Beruap (*Steaming Ground*)

*Steaming ground* merupakan potensi panas bumi yang berupa uap panas yang keluar dari permukaan tanah. Uap panas tersebut diperkirakan berasal dari suatu lapisan tipis yang dekat dengan permukaan dan mengandung sumber air panas dengan temperatur yang sama atau lebih besar dari sumber titik didihnya (*boiling point*) (Wote et al., 2023).

#### Kolam Air Panas (*Hot Pools*)

Kolam air panas juga merupakan petunjuk keberadaan manifestasi sumber panas bumi di bawah permukaan. Kolam air panas terbentuk karena adanya aliran air panas dari bawah permukaan melalui rekahan-rekahan. Pada saat berada dipermukaan air mengalami penguapan yang disebabkan oleh perbedaan temperatur lingkungan dengan air panas tersebut. Panas yang hilang ke lingkungan sekitar sebanding dengan luar area kolam air panas, temperatur di sekitar kolam, dan juga kecepatan angin (Polii & Rampengan, 2020).

#### Mata air panas (*Hot Springs*)

Mata air panas merupakan aktivitas panas bumi yang umum di jumpai ,mata air panas berlokasi dimana air datang dari sebuah sistem

pana bumi yang mencapai permukaan (Sinurat et al., 2024).

#### Kolam Lumpur (*Mud Pool*)

*Mud pool* merupakan sumber air panas atau fumarol terdiri dari kolam yang biasanya ada gelembung lumpur. Lumpur ini umumnya berwarna putih keabu-abuan, tapi kadang-kadang berwarna bintik-bintik kemerahan atau dari senyawa besi (Lukmana et al., 2019).

#### Mineral

Mineral adalah bahan padat yang bersifat anorganik dan terbentuk secara alami di alam, mengandung unsur-unsur kimia dengan komposisi yang tetap, serta memiliki struktur atom yang tersusun secara teratur dan berulang. Beberapa jenis mineral memiliki ciri dan bentuk khusus ketika dalam keadaan padat, yang mencerminkan keteraturan susunan internalnya. Untuk mengenali suatu mineral, terdapat dua metode utama: yang pertama adalah melalui analisis kimia, sedangkan cara kedua yang paling sering digunakan adalah dengan mengamati ciri-ciri fisiknya. Sifat fisik mineral meliputi bentuk kristal, berat jenis, bidang belahan, warna, goresan, kilau, serta tingkat kekerasannya (Walewangko et al., 2021).

#### Batuan Beku

Batuan beku atau batuan igneus (dari Bahasa Latin: ignis, "api") adalah jenis batuan yang terbentuk dari magma yang mendingin dan mengeras, dengan atau tanpa proses kristalisasi, baik di bawah permukaan sebagai batuan intrusif (plutonik) maupun di atas permukaan sebagai batuan ekstrusif (vulkanik). Magma ini dapat berasal dari batuan setengah cair ataupun batuan yang sudah ada, baik di mantel ataupun kerak bumi. Umumnya, proses pelelehan terjadi oleh salah satu dari proses-proses berikut: kenaikan temperatur, penurunan tekanan, atau perubahan komposisi. Lebih dari 700 tipe batuan beku telah berhasil dideskripsikan, sebagian besar terbentuk di bawah permukaan kerak bumi.

#### Struktur Geologi

Struktur geologi adalah suatu struktur atau kondisi geologi yang ada di suatu daerah sebagai akibat dari terjadinya perubahan-

perubahan pada batuan oleh proses tektonik. Dengan terjadinya proses tektonik, maka batuan (batuan beku, batuan sedimen, dan batuan metamorf) maupun kerak bumi akan berubah susunannya dari keadaannya semula. Struktur geologi yang penting untuk diketahui antara lain: sistem lipatan, sistem kekar, dan sistem sesar (Suroyo, 2019).

Geologi Sulawesi Berdasarkan struktur litotektonik, Sulawesi dan pulau-pulau sekitarnya dibagi menjadi empat, yaitu; Mandala barat (West & North Sulawesi Volcano-Plutonic Arc) sebagai jalur magmatik yang merupakan bagian ujung timur Paparan Sunda, Mandala tengah (*Central Sulawesi Metamorphic Belt*) berupa batuan malihan yang ditumpangi batuan bancuh sebagai bagian dari blok Australia, Mandala timur (*East Sulawesi Ophiolite Belt*) berupa ofiolit yang merupakan segmen dari kerak samudera berimbrikasi dan batuan sedimen berumur Trias-Miosen dan yang keempat adalah Fragmen Benua Banggai-Sula-Tukang Besi, kepulauan paling timur dan tenggara Sulawesi yang merupakan pecahan benua yang berpindah ke arah barat karena *strike-slip faults* dari New Guinea (Sompotan, 2012).

#### SEM-EDX

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 EDAX (*Energy Dispersive Spectroscopy*) untuk penyelidikan menggunakan dektor. SEM memiliki perbesaran 10 – 3000000x, *depth of field* 4 – 0.1 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 (Oping et al., 2023).

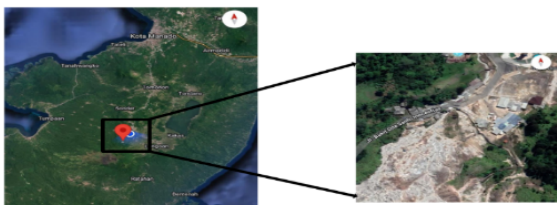
#### FTIR

*Fourier Transformed Infrared* (FTIR) adalah sebuah teknik untuk memperoleh spektrum inframerah dari penyerapan atau emisi zat padat, cair, atau gas. Secara sederhananya, prinsip kerja FTIR adalah untuk mengidentifikasi senyawa, mendeteksi gugus fungsi, dan menganalisis campuran dan sampel yang dianalisis (Bandule, 2021).

*Fourier Transformed Infrared* (FTIR) merupakan salah satu alat atau instrument yang dapat digunakan untuk mendeteksi gugus fungsi, mengidentifikasi senyawa dan menganalisis campuran dari sampel yang dianalisis tanpa merusak sampel. Daerah inframerah pada spektrum gelombang elektromagnetik dimulai dari panjang gelombang 14000  $\text{cm}^{-1}$  hingga 10<sup>-1</sup>. Berdasarkan panjang gelombang tersebut daerah inframerah dibagi menjadi tiga daerah, yaitu IR dekat (14000-4000  $\text{cm}^{-1}$ ) yang peka terhadap vibrasi overtone, IR sedang (4000-400  $\text{cm}^{-1}$ ) berkaitan dengan transisi energi vibrasi dari molekul yang memberikan informasi mengenai gugus-gugus fungsi dalam molekul tersebut, dan IR jauh (400-10  $\text{cm}^{-1}$ ) untuk menganalisis untuk menganalisis molekul yang mengandung atom- molekul yang mengandung atomatom berat seperti senyawa anorganik tapi butuh teknik khusus. Biasanya analisis senyawa dilakukan pada daerah pada daerah IR sedang (Tanaka et al., 2008).

### 3. METODE PENELITIAN

Daerah penelitian ini terletak di Bukit Kasih Kanonang, tepatnya di desa Kanonang Kecamatan Kawangkoan Barat Kabupaten Minahasa Provinsi Sulawesi Utara dengan koordinat 1°09'48"N 124°45'52"E dan Elevasi 896,7m. Bukit kasih ini terletak sekitar 55 km arah selatan dari kota Manado. Bukit kasih ini merupakan bukit belerang atau yang memiliki banyak manifestasi. Lokasi penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian

Dari penelitian ini ada beberapa alat yang digunakan diantaranya, GPS digunakan untuk menentukan titik koordinat lokasi, alat SEM-EDX dan FTIR digunakan untuk proses penelitian untuk mengetahui struktur batuan dan jenis mineral batuan.

#### Desain Penelitian dan Jenis Penelitian

Metode penelitian yang akan dilakukan meliputi observasi lapangan, pengumpulan data dilapangan dan analisis laboratorium. Langkah

awal atau langkah pertama yang akan dilakukan sebelum melakukan observasi lapangan yaitu dilakukan studi awal lapangan yang meliputi studi literatur lewat buku, jurnal yang ada di internet yang dapat membantu dalam penelitian. Selanjutnya dilakukan observasi lapangan, kegiatan yang akan dilakukan dalam observasi lapangan adalah menentukan lokasi penelitian dan titik pengambilan sampel batuan.

Langkah yang kedua yaitu pengumpulan data dilapangan dengan melakukan pengambilan sampel batuan di titik manifestasi mata air panas, cara pengambilan sampel batuan dengan memilih batuan yang berdekatan dengan titik manifestasi mata air panas.

Langkah yang terakhir yaitu Analisis Laboratorium. Sampel batuan yang telah diambil dari lokasi penelitian dibawa ke laboratorium fisika untuk dilakukan identifikasi struktur batuan dan mineral apa saja yang terkandung dalam sampel batuan tersebut. Selanjutnya dilakukan penyusunan laporan yang merupakan tahapan akhir dalam penelitian ini.

#### Teknik Pengolahan Data

Dalam kegiatan pengolahan dan analisis data dilakukan pengambilan data dan sampel dilapangan, namun sebelum dilakukan pengambilan data dan sampel dilapangan terlebih dahulu dilakukan kegiatan observasi lapangan yaitu menentukan lokasi dan titik koordinat manifestasi mata air panas. Data dari densitas batuan dilakukan dengan 2 cara plotting dan gridding pada setiap lintasan untuk mengetahui berapa sebaran nilai densitasnya. Sampel batuan yang telah di dapat dari lokasi penelitian dibawa ke laboratorium menggunakan prinsip geologi dan jenis mineral batuan. Dengan metode SEM-EDX akan diketahui struktur batuan yang terkandung didalamnya serta jenis mineral batuan dengan menggunakan metode FTIR.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dikaji mengenai kandungan mineral yang terdapat pada batuan mata air panas di Bukit Kasih Kanonang Minahasa Provinsi Sulawesi Utara dengan menggunakan karakterisasi SEM-EDX dan FTIR sesuai metode penelitian yang telah dibuat.

### Data Sampel Batuan

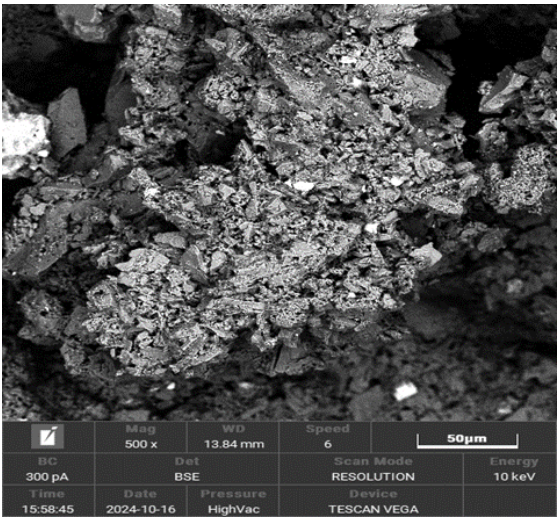
Data sampel batuan diperoleh berdasarkan sampel batuan yang diambil dari lokasi penelitian di Bukit Kasih Kanonang. Berikut data sampel yang ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Data Sampel Batuan Mata Air

| Sampel Batuan         | Koordinat |         |         | Warna Batuan      |
|-----------------------|-----------|---------|---------|-------------------|
|                       | N         | E       | Elevasi |                   |
| Batuan Mata Air Panas | 1°09'     | 124°45' | 896,7m  | Putih keabu-abuan |

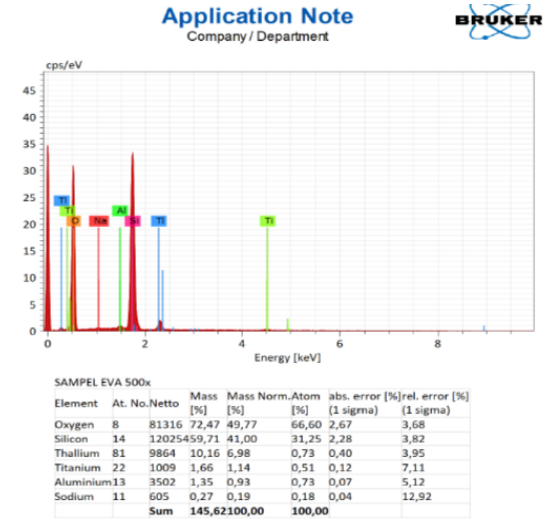
### Hasil Analisa Data SEM-EDX

Hasil analisis SEM pada sampel batuan ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Hasil Analisis SEM

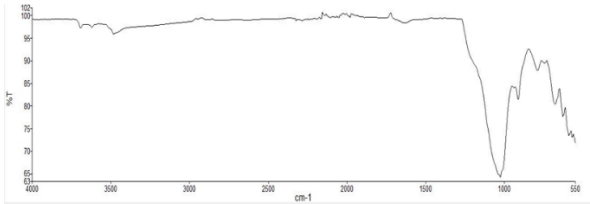
Hasil analisis Spektra EDX pada sampel batuan ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Hasil Analisis Spektra EDX

### Hasil Analisis Data FTIR

Hasil analisis Spektra FTIR pada sampel batuan ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Hasil Analisis Spektra FTIR

### PEMBAHASAN

#### Analisis SEM

Pada analisis SEM batuan mata air panas di lakukan perbesaran 500 kali. Dapat dilihat dalam perbesaran 500 kali bentuk butiran adalah tidak beraturan atau acak, ada yang berbentuk segitiga, kubik dan sebagainya. Unsur yang terkandung pada batuan tidak homogen. Data SEM digunakan untuk mengidentifikasi jenis mineral secara deskriptif berdasarkan morfologi mineral (Oping et al., 2023).

#### Analisa EDX

Pada hasil analisis EDX terdapat puncak-puncak kurva yang teranalisis. Hasil yang diperoleh pada batuan di mata air panas adalah O, Si, Al dan unsur lain yang tidak dominan seperti Thallium, Titanium dan Sodium, dengan persentase O 66,60 %, Si 31,25 %, Al 0,73%. Pada sampel batuan mata air panas di Bukit Kasih Kanonang terdapat kandungan aluminium (Al) yang disebabkan dari ubahan hidrotermal/interaksi fluida dengan batuan. Terdeteksi juga kandungan Thallium, Titanium dan Sodium yang sangat kecil yang

muncul pada saat preparasi sampel. Pada penelitian sebelumnya didapatkan bahwa hasil presentase dari alat EDX yaitu Al (Aluminium) 0,70 %, Si (Silika) 89,72 %, S (Sulfur) 9,58%, Fe. Memiliki perbedaan komposisi jenis mineral (Oping et al., 2023).

#### Analisis FTIR

Hasil karakterisasi FTIR pada batuan mata air panas, di dapatkan penjelasan sebagai berikut:

1. Bilangan gelombang 778,7  $\text{cm}^{-1}$  merupakan mineral kuarsa ( $\text{SiO}_2$ ).
2. Bilangan gelombang 1037,5  $\text{cm}^{-1}$  merupakan mineral kaolinite ( $2\text{H}_2\text{O Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ )
3. Bilangan gelombang 1612,3  $\text{cm}^{-1}$  merupakan mineral kuarsa.
4. Bilangan gelombang 3401,9  $\text{cm}^{-1}$  merupakan mineral kaolinite.

Hasil analisis karakterisasi dengan menggunakan FTIR pada batuan mata air panas di Bukit Kasih Kanonang Provinsi Sulawesi Utara sesuai dengan hasil karakterisasi menggunakan EDX yaitu unsur yang terkandung pada batuan mata air panas adalah Si, O dan Al. Hal ini sesuai dengan hasil karakteristik Spektrum FTIR (Rey & Manado, 2020).

#### 5. KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian pada titik diatas, maka dapat disimpulkan bahwa komposisi unsur batuan mata air panas di Bukit Kasih Kanonang Provinsi Sulawesi Utara adalah O, Si, dan Al dengan persentase kandungan O 66,60 %, Si 31,25 %, dan Al 0,73 %. Sedangkan jenis mineral batuan mata air panas di Bukit Kasih Kanonang Provinsi Sulawesi Utara diperoleh mineral kuarsa ( $\text{SiO}_2$ ) dan kaolinite ( $2\text{H}_2\text{O Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ).

#### 6. REFERENSI

Bandule, A. (2021). *Resume Uji Kekerasan SEM-EDX & FTIR*.  
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 Terapannya*, 2(2), 61–65. <https://doi.org/10.53682/fista.v2i2.130>  
Jamlean, V., Bujung, C. A. N., & Rampengan, A. M. (2022). Studi Kimia Fisik Fluida Pada Manifestasi Panas Bumi Danau

Linow. *Jurnal FisTa : Fisika Dan Terapannya*, 3(2), 33–38. <https://doi.org/10.53682/fista.v3i2.211>  
Landung, B. F., Wenas, D. R., Nusa, J. G. N., Manado, U. N., Bumi, P., Temperatur, G., & Tiga, D. N. (2022). *Pola Gradien Temperatur Bawah Permukaan Dangkal Manifestasi Panas Bumi Desa Noongan Tiga Kabupaten Minahasa*. 3(2), 66–72.  
Lukmana, A. H., Bintarto, B., Asmorowati, D., Haty, I. P., & Ringgani, R. (2019). *APLIKASI ANDROID UNTUK PERHITUNGAN SUMBER DAYA SPEKULATIF MANIFESTASI PANASBUMI*.  
Oping, I. S. J., Londa, T. K., & Wenas, D. R. (2023). Karakteristik Mineral Batuan Pada Daerah Manifestasi Mata Air Panas Menggunakan SEM-EDAX Dan FTIR Di Desa Candirejo Kecamatan Modayag Kabupaten Bolaang Mongondow. *Jurnal FisTa : Fisika Dan Terapannya*, 4(1), 30–34. <https://doi.org/10.53682/fista.v4i1.237>  
Polii, J., & Rampengan, A. M. (2020). *Analisa Geokimia Fluida Manifestasi Permukaan di Daerah Panas Bumi Lahendong*. 5(1), 45–48.  
Rey, R. B., & Manado, U. N. (2020). *IDENTIFIKASI MINERAL BATUAN PADA DAERAH MANIFESTASI MATA AIR PANAS DI KOYA KECAMATAN TONDANO SELATAN KABUPATEN MINAHASA MENGGUNAKAN SEM-EDX DAN FTIR*. 1, 12–16.  
Sinurat, A. R., Palilingan, R. N., & Iwan, S. (2024). *Karakteristik Tipe Fluida Mata Air Panas Ranolewo di Desa Toraget Kecamatan Langowan Utara Kabupaten Minahasa Sulawesi Utara*. 5(1), 51–58.  
Sompotan, A. F. (2012). *Struktur Geologi Sulawesi*.  
Suroyo, H. (2019). Geologi dasar. In *Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi* (Vols. 25–116, p. 142). [https://simantu.pu.go.id/epel/edok/face0\\_2\\_Modul\\_Geologi\\_Dasar.pdf](https://simantu.pu.go.id/epel/edok/face0_2_Modul_Geologi_Dasar.pdf)  
Suwandi, H. K. (2022). *ANALISIS PERCEPATAN TANAH DENGAN MENGGUNAKAN BEBERAPA PENDEKATAN EMPIRIS DI WILAYAH NUSA TENGGARA TIMUR (NTT)*.  
Tanaka, K., Kuba, Y., Sasaki, T., Hiwatashi, F., & Komatsu, K. (2008). Quantitation of



- curcuminoids in curcuma rhizome by near-infrared spectroscopic analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(19), 8787–8792. <https://doi.org/10.1021/jf801338e>
- Walewangko, Y., Bujung, C. A. N., & Rende, J. C. (2021). Analisis Komposisi Unsur Dan Jenis Mineral Batuan Gunungapi Soputan Menggunakan Sem-Edx Dan Ftir. *Jurnal FisTa : Fisika Dan Terapannya*, 2(1), 55–60. <https://doi.org/10.53682/fista.v2i1.107>
- 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.
- Wote, J., Palilingan, R. N., Rende, J., & Nusa, J. G. N. (2023). Analisis Karakteristik Tipe Fluida Mata Air Panas Di Hutan Pinus Lahendong Dengan Menggunakan Spektrofotometri. *Jurnal FisTa : Fisika Dan Terapannya*, 4(1), 35–40. <https://doi.org/10.53682/fista.v4i1.240>