

*Skripsi Geofisika*

**Analisis Unsur dan Senyawa Batuan Gunungapi Bawakaraeng dan  
Sebarannya Menggunakan Metode XRF dan SEM-EDS**



**Disusun dan Diajukan Oleh:**

**AINUL FATIMA**

**H061181009**

**DEPARTEMEN GEOFISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2022**

**HALAMAN JUDUL**

**ANALISIS UNSUR DAN SENYAWA BATUAN GUNUNGAPI  
BAWAKARAENG DAN SEBARANNYA MENGGUNAKAN METODE  
XRF DAN SEM-EDS**

**SKRIPSI**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
Pada Departemen Geofisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Hasanuddin*

**OLEH:**

**AINUL FATIMA  
H061181009**

**DEPARTEMEN GEOFISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2022**

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**ANALISIS UNSUR DAN SENYAWA BATUAN GUNUNGAPI**  
**BAWAKARAENG DAN SEBARANNYA MENGGUNAKAN METODE**  
**XRF DAN SEM-EDS**

**Disusun dan Diajukan Oleh:**

**AINUL FATIMA**  
**H061181009**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Program Sarjana Program Studi Geofisika Fakultas Matematika dan  
Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin

Pada 24 November 2022  
Dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

**Pembimbing Utama**



**Dr. Ir. Muh. Altin Massinai, MT, Surv. IPM**  
**NIP. 196406161989031006**

**Pembimbing Pertama**



**Muhammad Fawzy Ismullah M., S.Si., M.T**  
**NIP.199111092019031010**

**Ketua Departemen Geofisika**  
**Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam**  
**Universitas Hasanuddin Makassar**



**Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng**  
**NIP.196709291993031003**

### PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Ainul Fatima  
NIM : H061181009  
Departemen : Geofisika  
Judul Skripsi : Analisis Unsur Dan Senyawa Batuan Gunungapi  
Bawakaraeng Dan Sebarannya Menggunakan Metode  
XRF dan SEM-EDS.

Menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar hasil karya saya sendiri dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas Hasanuddin atau Lembaga Penelitian lain kecuali kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang sudah lazim digunakan, karya tulis ini merupakan murni dari gagasan penelitian saya sendiri, kecuali arahan dari Tim Pembimbing dan masukan Tim Penguji.

Makassar, 14 November 2022

Yang membuat pernyataan,

  
Ainul Fatima

## Sari Bacaan

Kondisi geologi di Gunung Bawakaraeng dibangun oleh Endapan Vulkanik Gunung Lompobatang yang terdiri dari lava, tufa lahar dan breksi vulkanik yang telah mengalami pelapukan pada bagian permukaannya. Penyebaran struktur geologi di puncak Gunung Bawakaraeng sangat intensif berupa sesar normal dengan arah sesar utara-selatan dan barat laut-tenggara. Dengan keberadaan struktur geologi ini menyebabkan kekuatan batuan menjadi berkurang dan cenderung mudah runtuh jika dipicu curah hujan yang tinggi atau getaran yang intensif. Batuan adalah padatan yang tersusun dari beberapa jenis mineral, setiap mineral mengandung atom yang tersusun secara teratur sehingga dapat diidentifikasi kandungan mineralnya berupa unsur dan senyawa batuan secara makroskopis. Penelitian ini dilakukan di Lembah Bawakaraeng, dengan menggunakan 11 sampel batuan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan unsur dan senyawa serta sebaran mineral yang terkandung pada sampel batuan. Metode yang digunakan adalah metode XRF dan SEM-EDS. Hasil analisis XRF menunjukkan bahwa unsur yang terkandung pada sampel batuan adalah unsur Si, Fe, Ca, Al, K, Ti, dan Mg, dan unsur yang paling dominan terkandung adalah unsur Si dengan persentase 52,94%. Adapun hasil SEM-EDS menghasilkan gambaran morfologi permukaan sampel batuan yang menunjukkan lempengan yang bervariasi dan menghasilkan persentase senyawa yang terkandung yaitu  $B_2O_3$ ,  $Na_2O$ ,  $MgO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $K_2O$ ,  $CaO$ ,  $FeO$ ,  $Br$ ,  $Rb_2O$ ,  $WO_3$ , dengan kandungan senyawa paling dominan adalah senyawa  $SiO_2$  sebesar 40,14%. Sebaran senyawa mineral dengan komposisi andesit basaltik pada lokasi penelitian semakin ke arah hilir menjadi semakin asam, terlihat hasil kandungan senyawa  $SiO_2$  semakin ke hilir semakin meningkat. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai pemanfaatan sumber daya mineral di daerah penelitian dalam bentuk informasi maupun referensi.

**Kata Kunci :** Batuan, Gunung Bawakaraeng, Mineral, SEM-EDS, XRF.

### **Abstract**

*The geological conditions on Mount Bawakaraeng were built by Mount Lompbatanang Volcanic Deposits which consist of lava, tuff lava, and volcanic breccias that have experienced weathering on the surface. The distribution of geological structures at the top of Mount Bawakaraeng is very intensive in the form of normal faults with north-south and northwest-southeast fault directions. The existence of this geological structure causes the strength of the rock to decrease and it tends to collapse easily when triggered by high rainfall or intense vibrations. Rocks are solids composed of several types of minerals, each mineral contains atoms arranged in an orderly manner so that its mineral content can be identified macroscopically as rock elements and compounds. This research was conducted in the Bawakaraeng Valley, using 11 rock samples. This study aimed to determine the elements and compounds' content and the minerals' distribution in rock samples. The methods used are the XRF and SEM-EDS methods. The results of the XRF analysis showed that the elements contained in the rock samples were Si, Fe, Ca, Al, K, Ti, and Mg, and the most dominant element contained was Si with a percentage of 52.94%. The SEM-EDS results yield a morphological picture of the surface morphology of rock samples showing varying plates and yielding the percentage of compounds contained, namely B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O, MgO, Al<sub>2</sub>O, SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, FeO, Br, Rb<sub>2</sub>O, WO<sub>3</sub>, with the highest compound content. dominant is the SiO<sub>2</sub> compound of 40.14%. The distribution of mineral compounds with basaltic andesite composition at the study site is getting more acidic downstream, it can be seen that the content of SiO<sub>2</sub> compounds is increasing downstream. The results of this study can be used as the utilization of mineral resources in the research area in the form of information and references.*

**Keywords:** *Rocks, Mount Bawakaraeng, Minerals, SEM-EDS, XRF.*

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah SWT. Yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat merampungkan tugas akhir dengan judul “**Analisis Unsur dan Senyawa Batuan Gunungapi Bawakaraeng dan Sebarannya Menggunakan Metode XRF dan SEM-EDS**”, yang merupakan salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin. Sholawat serta salam tak lupa penulis curahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Kepada para sahabat dan pengikutnya yang senantiasa mengikuti sunnah beliau hingga akhir zaman.

Proses penyusunan penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari dinamika serta tantangan dan rintangan yang dilalui selama proses pengerjaan yang diakibatkan oleh keterbatasan penulis. Selama proses pengerjaan skripsi ini dengan izin Allah dapat berjalan dengan baik melalui bantuan, bimbingan, dukungan serta nasehat dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan salam hormat dan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kepada kedua orang tua tercinta dan terkasih bapak **Suleman** dan ibu **Rasida**, yang selalu mendoakan, memberikan dukungan, melimpahkan cinta dan kasih sayang, senantiasa megajarkan berbagai hal sampai saat ini, serta telah menyisihkan sebagian rezekinya untuk penulis dapat menyelesaikan Pendidikan strata satu ini. Terimakasih juga untuk saudara-saudaraku tersayang **Nursyamsi Suleman** dan **Istri** (Nasrah), **Tsamratul Fuadah** dan **Muyassarah** yang selalu bersedia direpotkan dan selalu memberi dukungan kepada penulis.

2. Bapak **Dr. Ir. Muh. Altin Massinai, MT.**, Surv. IPM. Selaku pembimbing utama penulis, bapak **Muhammad Fawzy Ismullah M., M.T.** selaku pembimbing pertama. Terimakasih telah memberikan kesempatan penulis untuk bergabung dalam tim penelitian ini, terimakasih telah memberikan bimbingan, nasehat dan masukan-masukan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi.
3. Bapak **Dr. Muh. Hamzah, S.Si., MT.** dan ibu **Dra. Maria, M.Si.** selaku tim penguji dalam pelaksanaan seminar proposal penelitian, seminar hasil dan ujian siding skripsi geofisika, terimakasih atas segala kritikan dan masukan untuk penulis.
4. Terimakasih kepada bapak dosen, kakak-kakak S2 Geofisika, teman-teman dan adik-adik yang tergabung dalam penelitian **Bawakaraeng Tim** karena telah kebersamai penulis dari pengambilan sampel batuan hingga proses penyelesaian skripsi.
5. Seluruh **dosen-dosen departemen Geofisika** yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama proses Pendidikan di S1 Geofisika.
6. Seluruh staff departemen Geofisika, **Pak Anto, pak Putra** dan **Pak Fadli**, terimakasih telah membantu administrasi penulis selama pengerjaan skripsi.
7. Teman-teman **HMGF 2018**, terimakasih telah berjuang Bersama-sama dari mahasiswa baru sampai kita semua menyelesaikan Pendidikan S1 Geofisika, terimakasih selalu kebersamai, terimakasih atas dukungannya.

8. **Kalem Squad**, komang, heral, sri, irma, marni, fira, ayu. Terimakasih sudah menjadi keluarga pertama untuk penulis di geofisika, semoga tetap menjadi keluarga walaupun beda kota.
9. Untuk **Basecamp Salama**, Sri, Jihan, Fira dan Jojo yang sudah alumni namun selalu mendoakan dan memberikan dukungan kepada penulis, Aini yang sedang melanjutkan studinya tetap memberikan motivasi kepada penulis, Iis, Zefanya, Marni dan Fya yang masih dikampus dan baru-baru ini sudah sidang duluan terimakasih selalu ada, terimakasih selalu mendukung penulis. Wilda Onding yang sedang berjuang namun selalu mendoakan dan saling mendukung dalam penyelesaian skripsi ini. Yang datang akan pergi, terimakasih *see you on top guys*.
10. Teman-teman sepengumpulan **Himafi 2018** dan teman-teman pengurus **BEM FMIPA Unhas Periode 2021/2022**, terimakasih atas dukungan dan doanya untuk penulis selama pengerjaan skripsi, terimakasih atas pelajaran dari setiap proses yang telah dilalui.
11. **Mineral Squad**, Rahmat, agung, aswan, kemal dan sarwan terimakasih sudah memebersamai penulis dari rintangan pengambilan sampel yang tersesat di Sungai Jeneberang dan memebersamai dalam pengerjaan skripsi sampai saat ini.
12. Kepada kakak-kakak pengurus himpunan pada masanya yang telah membagikan ilmunya.
13. Adik-adik **HMGF 2019**, Alif, haidir, akbar, mey, ita, cici, devi, fatihah, suleha, nanda dan semuanya terimakasih atas doa dan dukungannya tetap

semangat. Untuk adik-adik **HMGF 2020**, algi, akbar, astri, regita, tazkiah, faiz, asmawan dan semuanya terimakasih selalu memberikan semangat dan tetap semangat menjalani prosesnya.

14. Kepada saudari tak sekandung penghuni **Kos Putri BTP** muti, wahyu, idda daya, kak wana, dan kak ica yang selalu mendoakan dan mendengarkan curahan hati penulis.
15. Teman-teman **KKN Unhas Gelombang 107 Takalar 3**, terimakasih masih selalu ada dan terus mendukung penulis dalam penyelesaian skripsi.
16. Terimakasih untuk seluruh keluarga dan seluruh pihak yang tidak sempat saya sebutkan satu persatu yang senantiasa mendoakan dan mendukung penulis untuk bisa menyelesaikan skripsi.
17. Terimakasih untuk **Ainul Fatima** sudah berusaha dan berjuang untuk menyelesaikan skripsi ini.

Makassar, November 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>SARI BACAAN .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah .....	3
I.3 Ruang Lingkup .....	4
I.4 Tujuan Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
II.1 Geologi Regional.....	5
II.2 Batuan.....	7
II.3 Batuan Beku .....	10
II.3.1 Klasifikasi Batuan Beku .....	13
II.4 Deret Bowen.....	15
II.5 Mineral .....	16
II.6 Sifat Kimiawi Batuan .....	18
II.7 Metode XRF .....	20
II.8 Metode SEM-EDS.....	22
II.9 Metode Interpolasi.....	27
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>30</b>
III.1 Lokasi Penelitian.....	30
III.2 Alat dan Bahan.....	31
III.2.1 Alat.....	31
III.2.2 Bahan.....	32
III.3 Prosedur Penelitian .....	32
III.3.1 Tahap Pengambilan Sampel.....	32
III.3.2 Tahap Preparasi Sampel.....	33
III.3.3 Tahap Karakterisasi Sampel.....	33

III.4	Bagan Alir.....	35
<b>BAB IV</b>	.....	<b>36</b>
IV.1	Metode XRF ( <i>X-Ray Flouresence</i> ).....	36
IV.2	Metode SEM-EDS ( <i>Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive X-Ray spectrometric</i> ).....	37
IV.2.1.1	Peta Sebaran Kandungan Senyawa Sampel Batuan .....	48
<b>BAB V</b>	.....	<b>57</b>
V.1	Kesimpulan.....	57
V.2	Saran.....	58
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	<b>59</b>
<b>LAMPIRAN</b>	.....	<b>62</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Peta Geologi Daerah Gunung Bawakaraeng dan sekitarnya (Sukanto dan Supriatna, 1982) .....	5
<b>Gambar 2.2</b> Siklus Batuan (Nauli, dkk.,2018). .....	8
<b>Gambar 2.3</b> Skema asal pembentukan batuan beku gunungapi (Simbolon dkk., 2019) .....	11
<b>Gambar 2.4</b> Deret Bowen (Abidin dan Palili, 2011). .....	16
<b>Gambar 2.5</b> Prinsip kerja alat XRF (Zainuri, 2012) .....	21
<b>Gambar 2.6</b> <i>The SEMEDX Integrated System</i> (Martinez,M., 2010) .....	23
<b>Gambar 2.7</b> <i>SEM-EDX Analysis Flow</i> (Martinez,M., 2010) .....	24
<b>Gambar 2.8</b> Prinsip Kerja alat SEM-EDS (Widiyastuti, 2016). .....	26
<b>Gambar 3. 1</b> Peta Lokasi Penelitian.....	37
<b>Gambar 4. 1</b> hasil citra SEM Sampel BT 1 dan BT 2 .....	37
<b>Gambar 4. 2</b> Gambar hasil citra SEM BT 3 dan BT 4.....	39
<b>Gambar 4. 3</b> Gambar hasil citra SEM BT 5 .....	41
<b>Gambar 4. 4</b> Gambar hasil citra SEM untuk sampel batuan pada lokasi Jembatan Merah dan Kebun Lembanna .....	42
<b>Gambar 4. 5</b> Gambar hasil citra SEM untuk sampel batuan pada lokasi Pos 1.1 BWK dan Pos 1 BWK.....	44
<b>Gambar 4. 6</b> Gambar hasil citra SEM untuk sampel batuan pada lokasi Takapala dan Jalan Lembanna .....	46

<b>Gambar 4. 7</b>	peta sebaran kandungan senyawa $B_2O_3$ (Boron Oksida).....	48
<b>Gambar 4. 8</b>	Peta sebaran kandungan senyawa $Na_2O$ (Natrium Oksida).....	49
<b>Gambar 4. 9</b>	Peta sebaran kandungan senyawa $Al_2O_3$ (Aluminium Oksida) .....	50
<b>Gambar 4. 10</b>	Peta sebaran kandungan senyawa $SiO_2$ (Silikon Dioksida).....	51
<b>Gambar 4. 11</b>	Peta sebaran kandungan senyawa Br (Brom) .....	52
<b>Gambar 4. 12</b>	Peta sebaran kandungan senyawa $WO_3$ (Tungsten (VI) Oksida) .	53
<b>Gambar 4. 13</b>	Peta sebaran kandungan senyawa $Rb_2O$ (Rubidium Oksida) .....	54
<b>Gambar 4. 14</b>	Peta sebaran kandungan senyawa $FeO$ (Besi Oksida).....	55

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Rumus Senyawa Mineral.....	18
<b>Tabel 4. 1</b> Hasil pengujian laboratorium metode XRF.....	36
<b>Tabel 4. 2</b> Hasil analisis metode EDS pada sampe BT 1 dan BT 2 .....	38
<b>Tabel 4. 3</b> Hasil analisis metode EDS pada sampe BT 3 dan BT 4 .....	40
<b>Tabel 4. 4</b> Hasil analisis metode EDS pada sampe BT 5 .....	41
<b>Tabel 4. 5</b> Hasil analisis metode EDS pada sampel batuan Jembatan Merah dan Kebun Lembanna .....	43
<b>Tabel 4. 6</b> Hasil analisis metode EDS pada sampel batuan Pos 1.1 BWK dan Pos 1 BWK.....	44
<b>Tabel 4. 7</b> Hasil analisis metode EDS pada sampel batuan Takapala dan Jalan Lembanna.....	46

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Pulau Sulawesi merupakan pulau yang membentuk empat lengan yang berbeda (utara, selatan, timur, tenggara) disebabkan oleh proses tektonik lempeng aktif. Gunung Bawakaraeng (2.830 m dpl) terletak di lengan selatan Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan, dan gunung itu terbentuk melalui gunung berapi aktivitas di Pleistosen (Qodri, Raffiudin dan Noerdjito, 2016).

Kondisi geologi di sekitar Gunung Bawakaraeng dibangun oleh Endapan Vulkanik Gunung Lompobatang yang terdiri dari lava, tufa lahar dan breksi vulkanik yang telah mengalami pelukan pada bagian permukaannya menjadi lempung lanauan hingga pasir lanauan berwarna kuning kecoklatan hingga coklat kehitaman, bersifat gembur. Penyebaran struktur geologi di puncak Gunung Bawakaraeng sangat intensif berupa sesar normal dengan arah sesar utara – selatan dan barat laut – tenggara. Dengan keberadaan struktur geologi ini menyebabkan kekuatan batuan menjadi berkurang dan cenderung mudah runtuh jika dipicu curah hujan yang tinggi atau getaran yang intensif (Sumaryono, 2011).

Batuan adalah salah satu elemen kulit bumi yang menyediakan mineral-mineral anorganik melalui pelapukan yang selanjutnya menghasilkan tanah. Batuan mempunyai komposisi mineral, sifat-sifat fisik, dan umur yang beraneka ragam. Jarang sekali batuan terdiri dari satu mineral, umumnya merupakan gabungan dari dua mineral atau lebih. Batuan umumnya diklasifikasikan

berdasarkan komposisi mineral dan kimia, dengan tekstur partikel dan proses yang membentuk (Hulungo, Wenas dan Rondonuwu, 2022).

Mineral adalah bahan anorganik yang terbentuk secara alamiah yang memiliki susunan atom yang teratur, dengan komposisi kimia tertentu dan memberikan sifat-fisik yang spesifik. Selama ini penentuan jenis mineral hanya berdasarkan sifat fisiknya, namun dalam perkembangannya mineral dapat diketahui berdasarkan sifat kimiawi yang dapat dilakukan pada pegujian karakteristik mineral di laboratorium (Arsdin, Purwanto dan Ramli, 2022). Dalam identifikasi kandungan unsur dan senyawa batuan dapat dilakukan dengan beberapa metode karakterisasi mineral diantaranya adalah metode XRF dan metode SEM-EDX.

Metode *Scanning Electron Microscopic (SEM) - Energy Dispersive X-Ray spectroscopy (EDS)* merupakan pengujian yang dapat memberikan informasi tentang jenis-jenis mineral yang terdapat dalam batuan dengan mengetahui kandungan baik kandungan unsur maupun oksidanya dan disamping itu juga kita dapat mendalami sifat fisik dan kimia dari mineral tersebut (Julinawati, 2015).

*X-ray fluorescence spectrometer (XRF)* merupakan sebuah spektrometer yang dapat digunakan untuk pengujian karakteristik mineral. Teknik ini merupakan suatu teknik analisis untuk mengetahui unsur dan senyawa yang membangun suatu material dan kemudian menghitung konsentrasi dari unsur dan senyawa tersebut berdasarkan panjang gelombang dan sinar X yang dipancarkan (Zainuri, 2012).

Salah satu penelitian sebelumnya menggunakan kedua metode tersebut adalah penelitian yang dilakukan oleh Hanum dkk. (2020) dengan menggunakan sampel abu batubara dari proses pembakaran salah satu pabrik semen di Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komponen utama dalam sampel abu batubara ini diantaranya  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ , dan  $\text{MgO}$ . Metode-metode yang digunakan dalam penelitian Hanum dkk. (2020) memberikan cukup informasi mengenai unsur dan senyawa yang terkandung di dalam sampel abu batubara dan informasi ini sangat diperlukan sebagai informasi awal dalam memilih alternatif pemanfaatan sampel abu batubara.

Studi mengenai batuan gunungapi mengalami perkembangan sangat pesat berkat penemuan baru mengenai ketepatan analisis kimia dengan menggunakan instrumen yang mengalami penyempurnaan secara terus-menerus. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk karakterisasi terhadap batuan gunungapi Bawakaraeng dan sebarannya. Pada penelitian ini akan dilakukan identifikasi komposisi kimia unsur dan senyawa batuan, menggunakan metode *X-ray fluorescence* (XRF) dan *Scanning Electron Microscopic* (SEM) -*Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDS) sebagai referensi dan informasi untuk pengembangan dan pemanfaatan sumberdaya mineral.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Apa saja unsur dan senyawa yang terkandung pada sampel batuan di daerah penelitian?
2. Bagaimana sebaran mineral batuan pada daerah penelitian?

### **I.3 Ruang Lingkup**

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dengan pengambilan sampel batuan dilakukan di Kecamatan Parigi tepatnya hulu sungai Jeneberang dan beberapa titik lokasi sampel batuan di Kecamatan Tinggimoncong Kabupaten Gowa. Penelitian ini terbatas pada uji karakteristik mineral batuan menggunakan metode XRF (*X-Ray Fluorescence*) dan *Scanning Electron Microscope Energy-Dispersive Spectroscopy* (SEM- EDS). Hasil dari penelitian ini adalah informasi mengenai kandungan unsur dan senyawa pada sampel batuan dan persebaran mineral di daerah penelitian. Adapun hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai referensi dan informasi untuk pengembangan dan pemanfaatan sumber daya mineral di daerah penelitian.

### **I.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

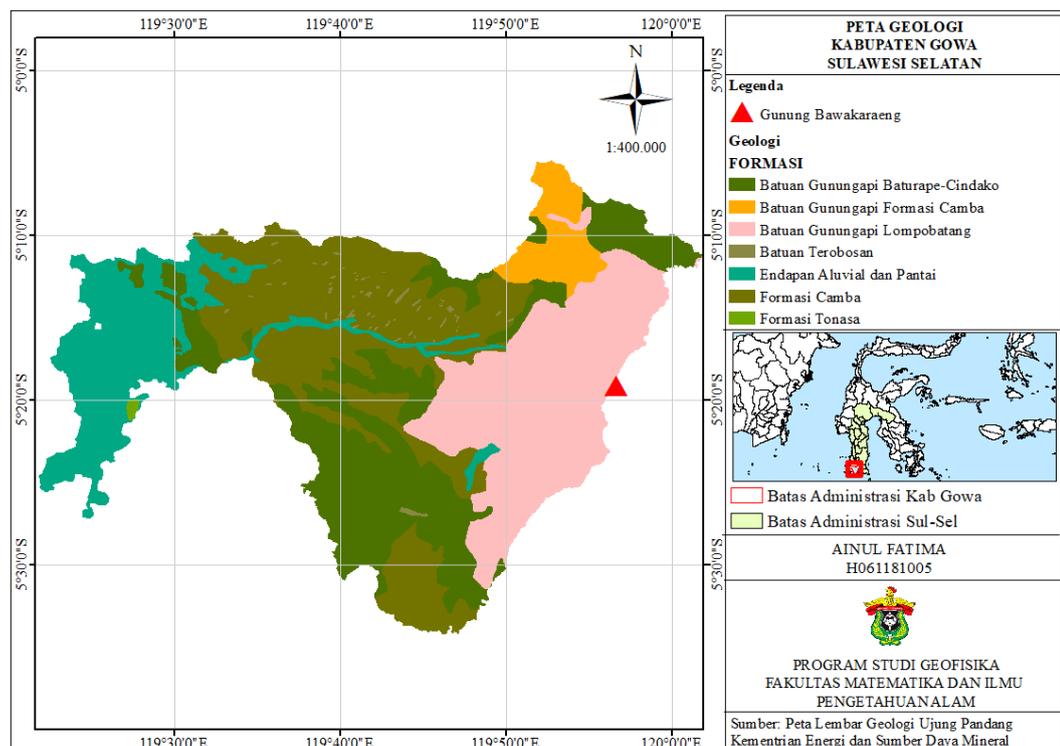
1. Mengetahui unsur dan senyawa yang terkandung pada sampel batuan di daerah penelitian.
2. Mengetahui persebaran mineral batuan pada daerah penelitian.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1 Geologi Regional

Sulawesi merupakan daerah yang kompleks secara geologi karena merupakan tempat bertemunya tiga lempeng besar, yakni lempeng Indo-Australia yang bergerak ke arah utara, lempeng Pasifik yang bergerak ke arah barat dan lempeng Eurasia yang bergerak ke arah selatan-tenggara serta lempeng yang lebih kecil yaitu lempeng Filipina. Pulau ini seakan dirobek oleh beberapa sesar, yakni sesar Palu-Koro, sesar Lawanopo, sesar Walanae, sesar Gorontalo, sesar Matano, sesar Batui, sesar Tolo, sesar Poso, sesar Makassar dan lain-lain, di mana berbagai jenis batuan bercampur sehingga kondisi stratigrafi Pulau Sulawesi menjadi sangat rumit (Somptan, 2012).



**Gambar 2.1** Peta Geologi Lembar Ujungpandang, Benteng dan Sinjai, Sulawesi (Sukanto dan Supriatna, 1982)

Lembah Bawakaraeng setidaknya disusun oleh 3 formasi batuan, yakni Formasi Camba, Formasi Lompobatang Vulkanik dan Formasi Baturape-Cindakko. (Sumaryono, 2011).

1. Gunungapi Lompobatang (Qlv) merupakan batuan yang terdiri dari agglomerat, lava, breksi, endapan lahar, dan tufa. Gunungapi ini membentuk kerucut gunungapi strato dengan puncak 2950 m di atas permukaan laut. Batuannya Sebagian besar berkomposisi andesit dan sebagian basal, diperkirakan gunungapi ini berumur Plistosen (Suriamiharja, 2018).

Pusat erupsi (Qlvc), di daerah pusat erupsi ini batuan terutama terdiri dari lava dan agglomerat yang termasuk dalam Gunungapi Lompobatang (Qlv), anggota batuan yang tersusun pada umumnya adalah anggota breksi, lahar dan tufa (Qlvb) dan di daerah yang agak jauh dari pusat erupsi umumnya tersusun oleh breksi, endapan lahar dan tufa dan termasuk hasil Erupsi Parasitik (Qlvp 1,2) (Sukanto dan Supriatna, 1982).

2. Formasi Camba, batuan yang ada di formasi ini terdiri atas batupasir lempungan yang berumur miosen tengah hingga akhir dan tersingkap dengan perlapisan seling-seling yang ketebalannya berkisar 40 cm sampai  $\pm 5000$  m. Batuan Gunungapi Formasi Camba (Tmcv) terdiri dari batuan breksi gunungapi, lava, konglomerat dan tufa yang berbutir halus hingga berukuran lapili, di beberapa tempat batuan ini bersisipan dengan batuan sedimen laut. Pada bagian bawahnya lebih banyak mengandung lava dan batuan breksi gunungapi yang berkomposisi basal dan andesit. Selain itu terdapat juga konglomerat, yang juga berkomponen basal dan andesit. Pada bagian atasnya mengandung ignimbrit

bersifat tefrit leusit dan trakit (Busthan, 2021). Batuan ini sebagian besar menempati kawasan Bendungan Bili-bili (Massinai, dkk., 2019).

3. Formasi Baturape-Cindakko, batuan Vulkanik Baturape-Cindako (Tpbv) merupakan batuan pleistosen tersier yang terdiri dari lava dan breksi yang diselingi beberapa konglomerat dan tufa (Djamaluddin, dkk., 2017). Formasi Baturape-Cindako merupakan batuan dari hasil erupsi gunungapi baik berupa efusif maupun eksplosif. Satuan batuan ini memiliki ketebalan sekitar 1.250 m (Sakke, dkk., 2014).

Kondisi geologi di sekitar Gunung Bawakaraeng dibangun oleh Endapan Vulkanik Gunung Lompobatang yang terdiri dari lava, tufa lahar dan breksi vulkanik yang telah mengalami pelapukan pada bagian permukaannya menjadi lempung lanauan hingga pasir lanauan berwarna kuning kecoklatan hingga coklat kehitaman dan bersifat gembur. Penyebaran struktur geologi di puncak Gunung Bawakaraeng sangat intensif berupa sesar normal dengan arah sesar utara-selatan dan barat laut-tenggara. Dengan keberadaan struktur geologi ini menyebabkan kekuatan batuan menjadi berkurang dan cenderung mudah runtuh jika dipicu curah hujan yang tinggi atau getaran yang intensif (Sumaryono, 2011)

## **II.2 Batuan**

Batu merupakan suatu zat yang padat, keras, dan tahan lama. Karakteristik dari beberapa jenis batu bervariasi bergantung kepada kondisi dan cara pembentukannya. Batuan tersusun atas mineral-mineral dan mineral dibagi dalam kelompok-kelompok menurut unsur-unsur yang menyusunnya. Mineral-mineral yang tersusun dari satu unsur saja disebut unsur-unsur asli (Pambudi, dkk., 2018).



diendapkan, sedimentasi membentuk batuan sedimen. Selain itu, ada juga yang langsung mengalami perubahan bentuk menjadi metamorf saat siklus terjadi. Kemudian pada siklus ini, batuan sedimen dapat mengalami perubahan baik secara kontak, *dynamo* dan hidrotermik akan mengalami perubahan bentuk dan menjadi metamorf. Siklus selanjutnya, batuan metamorf yang mencapai lapisan bumi yang bersuhu tinggi, sehingga berubah lagi menjadi magma melalui proses magmatisasi. Setelah mengalami siklus mulai dari kemudian menjadi magma kembali jika terdorong kedalam bumi, lalu meleleh (Blaas dan Tracy, 1996).

Gunungapi adalah gunung yang terbentuk akibat material hasil erupsi menumpuk di sekitar pusat erupsi atau gunung yang terbentuk dari erupsi magma. Gunungapi hanya terdapat pada tempat-tempat tertentu, yaitu pada jalur punggung tengah samudera, pada jalur pertemuan dua buah lempeng kerak bumi, dan pada titik-titik panas di muka bumi tempat keluarnya magma, di benua maupun di samudera (Walewangko, Bujung dan Rende, 2021).

Batuan gunungapi merupakan batuan akibat aktivitas erupsi suatu gunungapi yang tercatat dalam sejarah memiliki perbedaan yang terlihat dari komposisi magma dan komposisi gas pada magmanya. Studi terhadap perbedaan dari setiap sejarah erupsi gunungapi bermanfaat dalam pembelajaran erupsi yang sedang dan yang akan terjadi. Batuan yang terbentuk dari hasil erupsi suatu gunungapi dapat dijadikan sebagai salah satu referensi dalam mempelajari karakteristik dari erupsi gunungapi. Studi mengenai batuan beku hasil erupsi dari gunungapi pada saat ini mengalami perkembangan sangat pesat berkat penemuan baru mengenai ketepatan analisis kimia dengan menggunakan instrumen yang

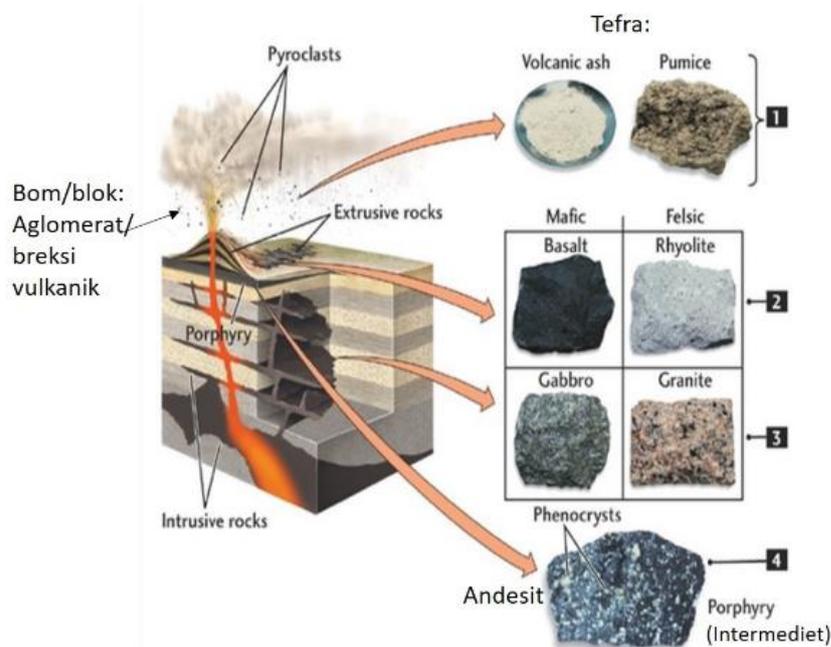
mengalami penyempurnaan secara terus-menerus. Selain itu studi dari batuan beku dapat dipakai untuk mempelajari suatu cekungan dan evolusi tatanan tektonik. Dengan berkembangnya teori tektonik lempeng maka dapat diketahui kondisi dari masing-masing lingkungan tektonik lempeng yang dicirikan oleh magmatisme (Hutabarat, 2017)

### **II.3 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 kenaikan temperatur, penurunan tekanan, atau perubahan komposisi. Lebih dari 700 tipe batuan beku telah berhasil dideskripsikan, sebagian besar terbentuk di bawah permukaan kerak bumi.

Magma dalam perjalanan mulai kehilangan mobilitas saat diam di litosfer dan membentuk ruang magma sebelumnya mencapai permukaan. Dalam situasi ini, magma akan membeku di tempat, dan ion di dalamnya kehilangan gerakan bebasnya dan mengatur diri mereka sendiri untuk membentuk batuan beku di permukaan bumi (intrusif). Namun, tidak semua jenis mineral yang membentuk batuan secara bersamaan dalam kondisi ini. Beberapa terbentuk lebih awal pada suhu tinggi. Berdasarkan Deret Bowen, pembentukan batuan ini memiliki pola kristalisasi (Massinai, Syam dan Ismullah, 2022).

Batuan gunungapi (vulkanik) dihasilkan dari aktivitas vulkanisme terlihat pada gambar 2.3. Aktivitas vulkanisme tersebut berupa keluarnya magma ke permukaan bumi, baik secara efusif (ekstrusi) maupun eksplosif (letusan). Batu gunungapi yang keluar dengan jalan efusif menghasilkan aliran lava, sedangkan yang keluar dengan jalan eksplosif menghasilkan batuan fragmental (rempah gunung api). Batu piroklastika adalah suatu batuan yang berasal dari letusan gunungapi, sehingga merupakan hasil pembatuan daripada bahan hamburan atau pecahan magma yang dilontarkan dari dalam bumi ke permukaan. Itulah sebabnya dinamakan sebagai piroklastika.



**Gambar 2.3** Skema pembentukan batuan beku gunungapi (Simbolon dkk., 2019)

Struktur batuan yang berhubungan dengan magma dikenal dengan struktur batuan vulkanik, struktur batuan plutonik, dan struktur dari hasil inklusi. Struktur batuan beku gunungapi yang pada umumnya merupakan kenampakan skala besar sehingga dapat dikenali di lapangan seperti masif

(padat dan ketat) yaitu tidak menunjukkan adanya lubang-lubang keluarnya gas dijumpai pada batuan intrusi dalam, inti intrusi dangkal dan inti lava, contohnya granit, diorit, gabro dan andesit. Skoria yaitu dijumpai lubang-lubang keluarnya gas dengan susunan yang tidak teratur biasanya dijumpai pada bagian luar batuan ekstrusi dan intrusi dangkal, terutama batuan vulkanik andesitik-basaltik, contohnya andesit dan basalt. Vesikuler yaitu dijumpai lubang-lubang keluarnya gas dengan susunan teratur dijumpai pada batuan ekstrusi riolitik atau batuan beku berafinitas intermediet hingga asam. Amigdaloidal yaitu dijumpai lubang-lubang keluarnya gas, tetapi telah terisi oleh mineral lain seperti kuarsa atau kalsit, dijumpai pada batuan vulkanik trakitik.

Dalam pendeskripsian batuan beku, tekstur merupakan salah satu hal yang penting dalam penentuan jenis batuan beku di samping komposisi batuan beku itu sendiri. Tekstur pada batuan beku sendiri merupakan aspek yang dapat merepresentasikan genesa dari suatu batuan beku. Oleh karena itu, berikut akan dijelaskan tekstur khusus pada batuan beku beserta petrogenesa dari tekstur khusus tersebut (Simbolon dkk., 2019).

1. Tekstur porfiritik, berbentuk akibat adanya perbedaan ukuran mineral penyusunnya, tersusun atas fenokris (mineral dengan ukuran lebih besar) dan massa dasar (ukuran lebih kecil). Tekstur ini terbentuk akibat kristalisasi magma yang terjadi pada dua kondisi berbeda, fenokrisnya terbentuk terlebih dahulu ketika magma masih mengalami pendinginan relatif lambat, saat magma bergerak naik, suhu sekitar membuat magma mendingin lebih cepat sehingga terbentuk kristal yang lebih halus.

2. Tekstur kumulat, tekstur ini dicirikan oleh adanya agregat mineral berdensitas tinggi pada bagian dasar intrusi, terbentuk oleh mineral berdensitas besar diawal pendinginan magma sehingga terjadi *gravity settling*.

3. Tekstur ofitik dan Subofitik, jika plagioklas dikelilingi oleh piroksen disebut ofitik, dan jika piroksen yang seolah-olah dikelilingi oleh plagioklas disebut subofitik. Tekstur ofitik sendiri terbentuk melalui pendinginan magma basaltik yang berlangsung relatif lambat.

4. Tekstur trakhitik, dicirikan oleh kehadiran mikrolit (kriptokristalin) plagioklas yang dijumpai berjajar dengan mineral lain, sebagai indikasi dari tekstur aliran lava.

5. Tekstur pilotaksitik, mirip dengan trakhitik namun cenderung sub-paralel

6. Tekstur poikilitik, yaitu tekstur ini menunjukkan adanya inklusi mineral-mineral secara acak dan tidak teratur pada suatu tubuh mineral yang besar.

### **II.3.1 Klasifikasi Batuan Beku**

Berdasarkan klasifikasi batuan beku dapat dibagi menjadi dua yaitu berdasarkan tempat terbentuknya dan berdasarkan sifat kimia dan komposisi mineralnya (Chaerul, 2017):

1. Berdasarkan tempat terbentuknya

Berdasarkan tempat terbentuknya batuan beku dibedakan menjadi tiga yaitu:

a. Batuan beku lelehan (*Volcanic Rocks*) yaitu batuan beku yang berasal dari hasil pembekuan magma pada permukaan bumi, tekstur pada umumnya holohyalin, porfiritik. Misalnya andesit, riolit, basal.

b. batuan beku gang/korok (*Hypabyssal Rocks*) yaitu batuan beku yang berasal dari pembekuan magma pada daerah yang terletak antara batuan beku lelehan dan batuan belu dalam. Tekstur pada umumnya adalah hipokristalin, misalnya dasit.

c. Batuan beku dalam (*Plutonic Rocks*) yaitu batuan beku yang terbentuk dari hasil pembekuan magma di dalam bumi, pada kedalaman yang cukup besar. Teksturnya biasanya holokristalis, misalnya gabbro, granit.

## 2. Berdasarkan sifat kimia dan komposisi mineralnya

berdasarkan sifat kimia dan komposisinya batuan beku dibedakan menjadi empat golongan yaitu (Chaerul, 2017):

a. Batuan beku asam merupakan batuan beku yang memiliki kandungan silika lebih besar 66%. Ciri khas batuan beku asam yakni kaya akan unsur alkali dan mengandung sedikit unsur kalsium atau mineral ferromagnesium. Contohnya granit, riolit, obsidian dan lain-lain.

b. Batuan beku intermediet merupakan batuan beku yang memiliki kandungan silika antara 52-66%. Batuan beku intermediet sering memperlihatkan kenampakan pelapukan sferoidal karena banyak mengandung mineral feldspar. Mineral-mineral feldspar yang telah mengalami pelapukan tersebut dapat berubah menjadi mineral kaoli. Ciri khas batuan ini yakni warna batuan dari terang hingga agak gelap, perbandingan antara mineral alkali, kapur dan ferromagnesium sudah mulai nampak. Misalnya diorit, dasit dan lain-lain.

c. Batuan beku basa merupakan batuan beku yang memiliki kandungan silika antara 45-52%. Kenampakan batuan ini memperlihatkan warna yang gelap

dibandingkan batuan beku intermediet. Ciri khas batuan ini yaitu warna gelap, hitam atau buram, kaya akan mineral *mafic* dan mineral *Ca-Plagioklas*. Misalnya, gabbro, diabas, basal dan lain-lain.

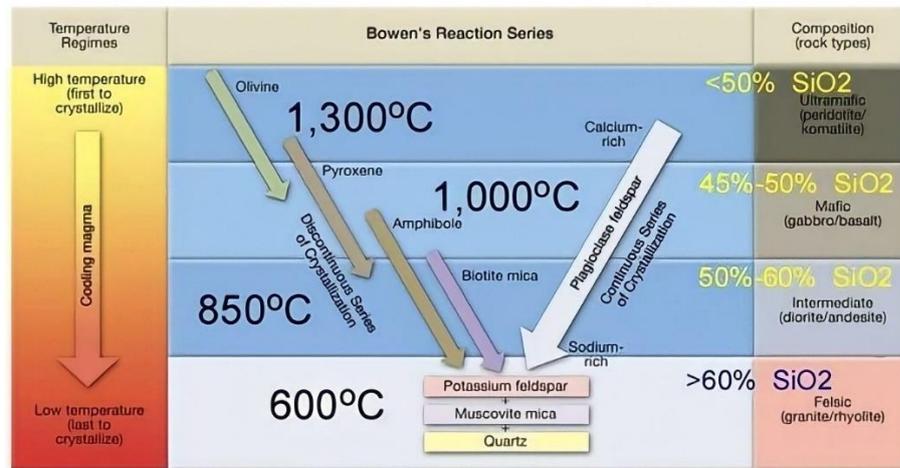
d. Batuan beku ultra basa merupakan batuan beku yang memiliki kandungan silika kurang dari 45%. Batuan ini umumnya tersusun oleh mineral-mineral ferromagnesium sehingga kenampakaannya sangat gelap atau hitam, mudah lapuk terhadap air hujan seperti halnya batugamping, karena tidak resisten terhadap kondisi asam. Misalnya peridotit, dunit, *pyroxenite*.

#### **II.4 Deret Bowen**

Magma dDerekperjalanan naik dapat juga mulai kehilangan mobilitasnya ketika masih dalam litosfer dan membentuk dapur magma sebelum mencapai permukaan. Keadaan tersebut magma akan membeku ditempat dan ion-ion didalamnya kehilangan bebas gerak dan menyusun diri membentuk batuan beku didalam permukaan bumi (intrusif). Namun tidak semua jenis mineral yang membentuk batuan secara bersamaan pada kondisi tersebut, ada yang terbentuk lebih awal pada suhu yang tinggi. Terbentuknya batuan tersebut pola kristalisasinya sesuai dengan Deret Bowen seperti gambar 2.4 (Abidin dan Palili, 2011).

Pada penurunan temperatur magma maka mineral yang pertama kali yang akan terbentuk adalah mineral *Olivine*, kemudian dilanjutkan dengan *Pyroxene*, *Hornblende*, *Biotite* (Deret tidak kontinu). Pada deret yang kontinu, pembentukan mineral dimulai dengan terbentuknya mineral *Ca-Plagioclase* dan diakhiri dengan pembentukan *Na-Plagioclase*. Pada penurunan temperatur selanjutnya akan

terbentuk mineral *K-Feldspar (Orthoclase)*, kemudian dilanjutkan oleh *Muscovite* dan diakhiri dengan terbentuknya mineral kuarsa.



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

**Gambar 2.4** Deret Bowen (Abidin dan Palili, 2011).

## II.5 Mineral

Pembentukan mineral-mineral akan melalui proses pendinginan magma, magma tidak langsung seluruhnya membeku, tetapi mengalami penurunan temperatur secara perlahan bahkan cepat. Penurunan temperatur ini disertai mulainya pembentukan dan pengendapan mineral-mineral tertentu yang sesuai dengan temperaturnya. Pembentukan mineral dalam magma karena penurunan temperatur telah disusun oleh Bowen.

Mineral merupakan benda homogen dengan susunan atom yang sangat teratur dalam struktur atom sebagai hasil dari proses kristalisasi. Mineral merupakan bagian integral dari kerak bumi, dan memiliki komposisi kimia konstan yang dapat dinyatakan dengan rumus kimia. Dalam kondisi suhu dan tekanan tertentu, mineral memiliki sifat fisik yang stabil

Proses pembentukan endapan mineral baik jenis endapan logam maupun non logam dapat terbentuk karena proses mineralisasi yang diakibatkan oleh

aktivitas magma. Mineral yang menyusun magma tidak terbentuk pada waktu yang bersamaan atau pada kondisi yang sama. Mineral tertentu akan mengkristal pada temperatur yang lebih tinggi dari mineral lainnya. Pembentukan berbagai macam mineral di alam akan menghasilkan berbagai jenis batuan tertentu, yang tersusun dari komposisi kimia tertentu dan mempunyai sifat fisik yang tertentu pula (Pambudi, 2018).

Ketersediaan mineral pada batuan sangat beragam, karena proses pembentukannya yang juga berbeda-beda. Namun pada dasarnya, seluruh mineral dan juga batuan yang terbentuk berasal dari magma dan akhirnya setelah mengalami proses-proses geologi lainnya, maka terbentuk mineral dan batuan tersebut hingga menjadi berbeda-beda. Selain pengertian mineral sebagai pembentuk batuan, mineral juga adalah sebagai pembagi atau pembeda batuan. Sehingga batuan terbagi menjadi tiga bagian berdasarkan komposisi mineral pembentuknya. Selain itu, faktor yang juga menyebabkan pembedaan batuan tersebut adalah komposisi kimia, tekstur dan proses yang menyebabkan mineral itu terbentuk. Hal-hal tersebut juga masih berkaitan dengan mineral-mineral pembentuk batuan (Poluakan, 2020).

Terdapat dua cara untuk dapat mengenal suatu mineral, yang pertama adalah dengan melakukan analisis secara kimiawi, dan yang kedua yang paling umum dilakukan adalah dengan cara mengenali sifat-sifat fisiknya. Sifat-sifat fisik mineral antara lain bentuk kristalnya, berat jenis, bidang boleh, warna, goresan, kilap, dan kekerasan. Setiap mineral memiliki warna yang khas, tapi ada beberapa mineral yang memiliki warna yang hampir mirip. Salah satu cara untuk

mengidentifikasi mineral dapat dilihat dari kilap atau kilaunya. Sedangkan bentuk kristal suatu mineral dikontrol oleh ikatan kimia mineral tersebut.

**Tabel 2. 1** Rumus Senyawa Mineral

No.	Unsur	Komposisi Kimia (Senyawa)	Kimia	Mineral
1.	Sn	SnO <sub>2</sub>	Stanium Oksida	Kasiterit
2.	Na	NaCl	Natrium Florida	Halite
3.	Fe	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Besi (III)Tetraoksida	Magnetite
4.	Fe	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Besi (III) Trioksida	Hematite
5.	Mg	Mg(OH) <sub>2</sub>	Magnesium Hidroksida	Brucite
6.	Pb	PbTe	Timbal Telorium	Altaite
7.	Ba	BaSO <sub>4</sub>	Barium Sulfat	Barite
8.	Al	Al(OH) <sub>3</sub>	Aluminium Hidroksida	Bayerite
9.	Ca	CaCO <sub>3</sub>	Kalsium Karbonat	Kalsit
10.	Ca	CaSO <sub>4</sub>	Kalsium Sulfat	Gips
11.	Si	SiO <sub>2</sub>	Silikon Oksida	Quartz
12.	Al	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Aluminium Oksida	Korundum
13.	Ca	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Kalsium Magnesium Karbonat	Dolomit
14.	Pb	PbCO <sub>3</sub>	Plumbum (I) Karbonat	Kerisit
15.	Zr	ZrSiO <sub>4</sub>	Zirkonium Silikat	Zirkon
16.	Pb	PbO <sub>2</sub>	Plumbun, (I) Oksida	Platnerit
17.	Ti	TiO <sub>2</sub>	Titanium dioksida	Rutile
18.	Fe	FeTiO <sub>3</sub>	Titanium Besi	Ilmenit
19.	Fe	FeS <sub>2</sub>	Besi (II) Disulfida	Pirit

## II.6 Sifat Kimiawi Batuan

Menurut Massinai dkk. (2022), terdapat 4 kelompok besar mineral pembentuk batuan antara lain:

### 1. Mineral Silikat

Silikat merupakan bagian utama yang membentuk batuan baik itu batuan beku, batuan sedimen maupun batuan metamorf. Hampir 90% mineral pembentuk

batuan adalah dari kelompok ini, yang merupakan persenyawaan antara silikon dan oksigen serta beberapa unsur metal. Karena jumlahnya yang besar, sehingga hampir 90% dari berat kerak-bumi terdiri dari mineral silikat, dan hampir 100% dari mantel bumi (sampai kedalaman 2.900 km dari kerak bumi).

## 2. Mineral Oksida.

Mineral Oksida terbentuk sebagai akibat perseyawaan langsung antara oksigen dan unsur tertentu. Susunannya lebih sederhana dibandingkan dengan silikat. Mineral oksida umumnya lebih keras daripada mineral lainnya kecuali silikat dan juga lebih berat kecuali sulfida. Beberapa mineral oksida yang paling umum adalah es ( $H_2O$ ), korondum ( $Al_2O_3$ ), hematit ( $Fe_2O_3$ ) dan kasiterit ( $SnO_2$ ).

## 3. Mineral Sulfide

Merupakan mineral hasil persenyawaan langsung antara unsur tertentu dengan sulfur (belerang), seperti besi, perak, tembaga, timbal, seng serta merkuri. Beberapa dari mineral sulfida ini terdapat sebagai bahan yang mempunyai nilai ekonomis, atau bijih, seperti pirit ( $FeS_3$ ), chalcocite ( $Cu_2S$ ), galena ( $PbS$ ), dan sphalerit ( $ZnS$ ).

## 4. Mineral-mineral Karbonat dan Sulfat.

Mineral ini merupakan persenyawaan dengan ion  $(CO_3)^{2-}$ , yang disebut karbonat, umpamanya persenyawaan dengan Ca dinamakan kalsium karbonat,  $CaCO_3$  dikenal sebagai mineral kalsit. Mineral ini merupakan susunan utama yang membentuk batuan sedimen.

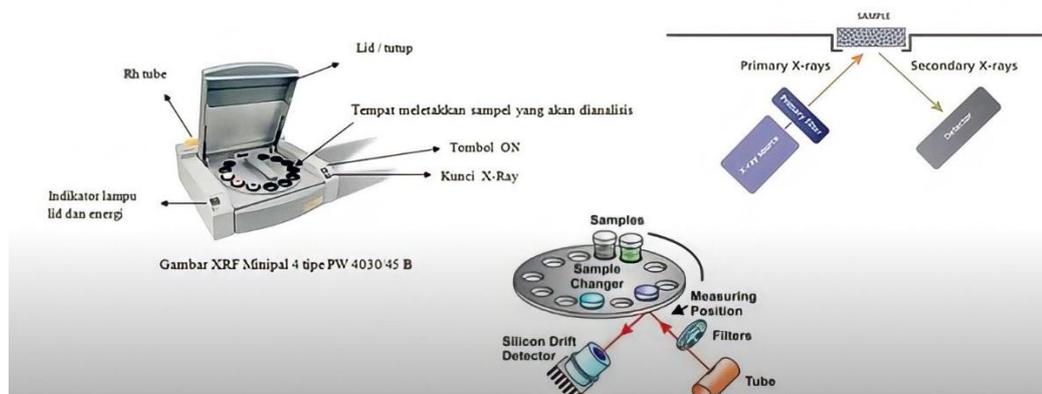
## II.7 Metode XRF

XRF merupakan salah satu metode analisis yang tidak merusak sampel, dapat digunakan untuk analisis unsur dalam bahan secara kualitas dan kuantitas. Hasil analisis kualitatif ditunjukkan oleh puncak spektrum yang mewakili jenis unsur sesuai dengan energi sinar-X karakteristiknya, sedangkan analisis kuantitatif diperoleh dengan cara membandingkan intensitas sampel dengan standar.

Analisis menggunakan XRF dilakukan berdasarkan identifikasi dan pencacahan karakteristik sinar-X yang terjadi dari peristiwa efek fotolistrik. Efek fotolistrik terjadi karena elektron dalam atom target (sampel) terkena berkas berenergi tinggi (radiasi gamma, sinar-X). Bila energi sinar tersebut lebih tinggi dari pada energi ikat elektron dalam orbit K, L, atau M atom target, maka elektron atom target akan keluar dari orbitnya. Dengan demikian atom target akan mengalami kekosongan elektron. Kekosongan elektron ini akan diisi oleh elektron dari orbital yang lebih luar diikuti pelepasan energi yang berupa sinar-X.

Sinar-X yang dihasilkan merupakan gabungan spektrum sinambung dan spektrum berenergi tertentu (*discreet*) yang berasal dari bahan sasaran yang tertumbuk elektron. Jenis spektrum *discreet* yang terjadi tergantung pada perpindahan elektron yang terjadi dalam atom bahan. Spektrum ini dikenal dengan spektrum sinar-X karakteristik. Spektrometri XRF memanfaatkan sinar-X yang dipancarkan oleh bahan yang selanjutnya ditangkap detektor untuk dianalisis kandungan unsur dalam bahan. Bahan yang dianalisis dapat berupa padat massif, pelet, maupun serbuk. Analisis unsur dilakukan secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis

kualitatif menganalisis jenis unsur yang terkandung dalam bahan dan analisis kuantitatif dilakukan untuk menentukan konsentrasi unsur dalam bahan. Sinar-X yang dihasilkan dari peristiwa seperti peristiwa tersebut diatas ditangkap oleh oleh detektor semi konduktor Silikon Litium (SiLi) (Zainuri, 2012).



**Gambar 2.5** Prinsip kerja alat XRF (Zainuri, 2012)

Prinsip pengukuran XRF berdasarkan terjadinya proses eksitasi elektron pada kulit atom bagian dalam terlihat pada gambar gambar 2.5 ketika atom suatu unsur tersebut dikenai sinar-X, kekosongan elektron tersebut akan diisi oleh elektron bagian luar dengan melepaskan energi yang spesifik untuk setiap unsur (Saksono, 2002).

Hasil XRF berupa spektrum hubungan energi eksitasi dan intensitas sinar-X. Energi aktivasi menunjukkan unsur penyusun sampel dan intensitas menunjukkan nilai kualitas dari unsur tersebut. Semakin intensitasnya maka semakin tinggi pula persentase unsur tersebut dalam sampel (Fahrudin dkk., 2020). Metode XRF akan memberikan nilai intensitas secara total dari unsur tertentu dalam semua bentuk senyawa (Saksono, 2002)

Prinsip kerja sinar X berenergi tinggi untuk mementalkan elektron yang berada pada tingkat energi terendah pada sampel sehingga terjadi transisi elektron

untuk mengisi posisi elektron yang tereksitasi, diiringi dengan pemancaran Kembali sinar X karakteristik dengan energi yang lebih rendah. Persamaan Bragg, menerapkan prinsip sinar X yang dapat terbentuk bila suatu logam sasaran yang ditembak dengan berkas elektron yang berenergi tinggi.

$$n \lambda = 2 d \sin \theta \quad (2.1)$$

Keterangan :

n : orde (1,2,3....)

d : jarak antar bidang (celah)

$\lambda$  : Panjang gelombang (m)

$\theta$  : Sudut Deviasi (sinar datang dan sinar pantul).

## II.8 Metode SEM-EDS

Metode *Scanning Electron Microscopic* (SEM) dan *Energy Dispersive X-Ray spectrometric* (EDS) ini merupakan penelitian yang dapat memberikan informasi tentang jenis-jenis mineral yang terdapat dalam batuan dengan mengetahui kandungan baik kandungan unsur maupun oksidanya dan disamping itu juga kita dapat mendalami sifat fisik dan kimia dari mineral tersebut. Identifikasi dengan menggunakan alat SEM-EDS dapat memberikan hasil yang lebih cepat dan akurat disamping itu metode yang digunakan juga sederhana dengan waktu penelitian yang singkat. Dalam pengukuran SEM-EDS, setiap sampel yang diuji akan diubah kedalam sebuah gambar oleh analisis SEM dan dalam bentuk grafik oleh analisis EDS (Julinawati, 2015).

Karakterisasi jenis mineral pembentuk batuan menggunakan metode SEM-EDS ini merupakan penelitian awal yang dapat memberikan informasi tentang

jenis-jenis mineral yang terdapat dalam batuan dengan mengetahui kandungan baik kandungan unsur maupun oksidanya dan disamping itu juga kita dapat mendalami sifat fisik dan kimia dari mineral tersebut. Identifikasi dengan menggunakan alat SEM-EDX dapat memberikan hasil yang lebih cepat dan akurat disamping itu metode yang digunakan juga sederhana dengan waktu penelitian yang singkat (Julinawati, 2015).

SEM-EDS adalah analisis sistem yang menggabungkan SEM dan EDS menjadi satu kesatuan dirancang pada konsep pengembangan produk dapat dilihat pada gambar 2.6 memungkinkan siapa pun untuk mencapai pengamatan SEM yang cepat dan jelas dan analisis elemen EDS yang akurat. Fungsi SEM dan EDS digabungkan menjadi satu kesatuan, sehingga konfigurasi SEM-EDS secara kasar dapat dibagi menjadi unit SEM dan unit EDS. Unit SEM berisi detektor EDS, dan panel operasi terdiri dari dua monitor, *keyboard* dan *mouse*. Sirkuit kontrol EDS, dua komputer dan *MO disk drive* ditempatkan di rak kompak yang terletak di sebelah panel operasi (Yurugi dkk., 2001).

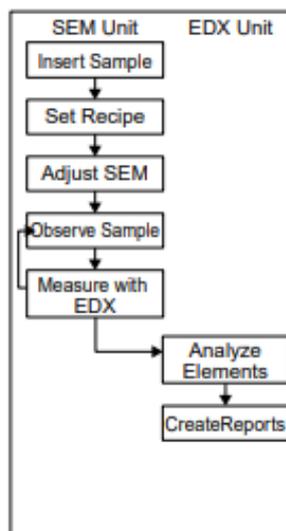


**Gambar 2.6** *The SEMEDX Integrated System* (Martinez, 2010)

Untuk menggabungkan fungsi SEM dan EDS dengan mulus di SEM-EDS, komputer untuk setiap unit terhubung oleh *Ethernet* untuk berbagi data, dan

perangkat lunak *Hi-Mouse* dikembangkan oleh Hitachi menyediakan pengoperasian yang mudah. Dengan Perangkat lunak *Ethernet* dan *Hi-Mouse*, satu *keyboard*, satu *mouse*, dan kedua monitor dapat digunakan dengan lancar mengoperasikan fungsi SEM dan EDS (Yurugi dkk., 2001).

Dengan sistem konvensional, SEM dan EDS adalah unit independen. Pertama, sampel diamati sebagai SEM gambar di bawah kondisi optimal untuk SEM, dan kemudian posisi sampel uji berulang kali disesuaikan antara SEM dan EDS untuk mencapai deteksi sinar-X maksimum efisiensi selama analisis EDS. Dengan SEM-EDS, operator hanya memilih resep yang sesuai dengan sifat-sifat sampel, tentukan luas sampel yang akan dianalisis dengan gambar SEM dan menekan tombol "Mulai Pengukuran". EDS analisis dilakukan secara otomatis dan pengukuran hasilnya ditampilkan pada monitor SEM dapat dilihat pada gambar 2.7 mengenai skema kerja alat SEM-EDS (Widiyastuti, 2016)..



**Gambar 2.7** SEM-EDX Analysis Flow (Martinez, 2010)

Fungsi-fungsi yang berkontribusi pada pengoperasian dari SEM-EDS :

1. Fungsi resep digunakan untuk mengatur, menyimpan, dan mengingat parameter analisis untuk SEM dan EDS.

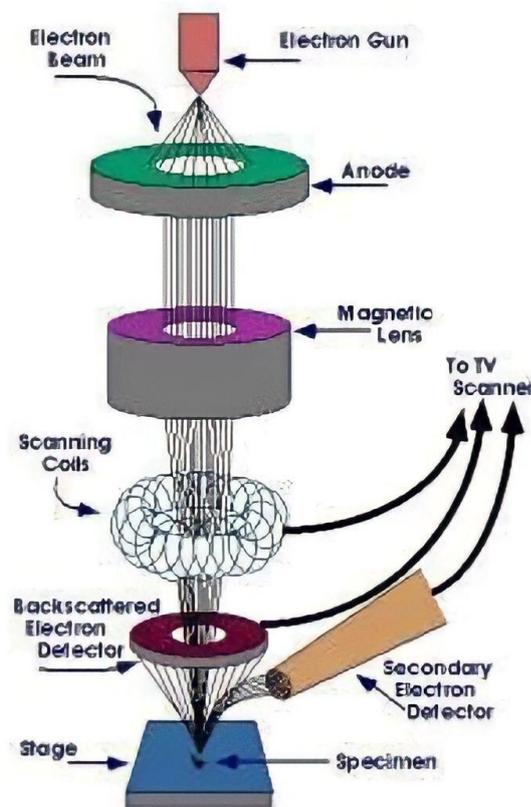
2. Kondisi pengukuran EDS dapat diatur dari Satuan SEM (Pengukuran spektral, pengukuran multi-titik, pemetaan, tampilan elemen yang dianalisis pada SEM).

3. Data citra yang diperoleh dengan SEM dapat digunakan sebagai data dasar untuk EDS. Pengaturan kondisi untuk unit SEM secara otomatis ditransfer ke unit EDS.

Sistem kerja alat ini adalah dengan sistem vakum, sebelum proses analisis berlangsung, penghilangan molekul udara didalam alat dilakukan dengan menutup gas. Penghilangan molekul udara menjadi sangat penting karena jika ada molekul udara yang lain, elektron yang berjalan menuju sasaran akan terpecah oleh tumbukan sebelum mengenai sasaran, ini disebabkan karena elektron sangat kecil dan ringan.

Di dalam alat ini terdapat sebuah pistol elektron yang memproduksi sinar elektron dan dipercepat dengan anoda, kemudian lensa magnetik memfokuskan electron menuju ke sampel dan sinar elektron yang terfokus memindai keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai. Atur kamera sehingga memperlihatkan permukaan sampel, kemudian diatur kecerahan dan perbesaran serta fokus pada sampel. Pada monitor SEM, diatur *spot size* dan di *Collect* pada minotor EDS. Ketika sinar elektron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh detektor dan akan terbaca ke monitor. Hasil akan diperoleh dalam bentuk gambar permukaan sampel pada

SEM dan bentuk grafik atau diagram pada EDS yang menunjukkan persentase unsur-unsur dari sampel yang dianalisa (Julinawati, 2015).



**Gambar 2.8** Prinsip Kerja alat SEM-EDS (Widiyastuti, 2016).

- a. Sebuah Pistol Elektron memproduksi sinar elektron dan dipercepat dengan anoda.
- b. Lensa magnetik memfokuskan electron menuju ke sampel.
- c. Sinar elektron yang terfokus memindai atau *scan* keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai.
- d. Ketika elektron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh dtektor dan dikirim ke monitor.

Pada saat sinar elektron mengenai sampel, terjadi interaksi-interaksi pada sampel yang disinari. Interaksi–interaksi yang terjadi tersebut selanjutnya akan

terdeteksi dan diubah kedalam sebuah gambar oleh analisis SEM dan dalam bentuk grafik oleh analisis EDS (Yurugi dkk., 2001). Proses karakterisasi unsur pada metode *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* dilakukan pendekatan dengan persamaan *Castaing* (Brunet dkk., 2021).

$$H = 0,033 \frac{A (E_0^{1,7} - E_c^{1,7})}{Z\rho} \quad (2.2)$$

Keterangan :

H : kedalaman Penetrasi

A : Massa Atom

$E_0$  : Percepatan Tegangan (kv)

$E_c$  : Tegangan percepatan minimum (kev)

$\rho$ : Density (kg/mm<sup>3</sup>)

Z : Nomor Atom

## II.9 Metode Interpolasi

Interpolasi adalah metode untuk mendapatkan data berdasarkan beberapa data yang telah diketahui. Dalam pemetaan, interpolasi adalah proses estimasi nilai pada wilayah yang tidak disampel atau diukur, sehingga terbuatlah peta atau sebaran nilai pada selu-ruh wilayah. Didalam melakukan interpolasi, sudah pasti dihasilkan. Error yang dihasilkan sebelum melakukan interpolasi bisa dikarenakan kesalahan menentukan metode sampling data, kesalahan dalam pengukuran dan kesalahan dalam analisa di laboratorium.

Salah satu metode interpolasi yaitu *Inverse Distance Weighting* (IDW). *Inverse distance weighting* adalah metode deterministik yang dalam teknik interpolasinya menggunakan fungsi matematik sederhana. Dalam perhitungannya

metode IDW hanya berdasarkan pada hubungan jarak antara data dan objek titik yang di taksir. Metode ini memberikan bobot pada setiap poin data dalam fungsi rata rata berdasarkan sepejarak terhadap poin target yang diestimasi. Metode IDW mengasumsikan bahwa jarak antara data dengan titik target yang diestimasi adalah proporsional terhadap kesamaan dan tingkat korelasinya (Purnomo dan Wijaya, 2022). Metode IDW menggunakan data titik centroid yang merupakan titik sampel estimasi pada tiap kecamatan yang berisi nilai pembobotan. Rumus umum interpolasi IDW ditunjukkan pada persamaan berikut (Talakua, Sedyono dan Joko, 2018):

$$U(X) = \frac{\sum_{i=1}^N W_i(x) U_i}{\sum_{i=1}^N W_j(x)} \quad (2.3)$$

$$W_i(X) = \frac{1}{d(X, X_i)^p} \quad (2.4)$$

Dengan,

$U_i$  :  $u(x_i)$ , untuk  $i = 0, 1, \dots, N$

$X$  : titik yang ingin diinterpolasi

$X_i$  : titik yang diketahui

$d$  : jarak titik  $x$  terhadap  $x_i$

$N$  : jumlah titik

$p$  : power, bilangan riil, positif

Nilai bobot untuk sampel akan turun dengan bertambahnya jarak antara sampel tersebut terhadap titik target yang ditaksir. Pembagian nilai bobot juga ditentukan oleh nilai power, pada IDW dengan nilai power besar akan memberikan bobot yang lebih kecil pada data yang letaknya lebih jauh, sedangkan pada IDW dengan nilai power yang lebih kecil akan mendistribusikan bobot yang

lebih seragam pada setiap sampel. Dalam proses perhitungannya metode IDW hanya mempertimbangkan jarak antara lokasi sampel dengan titik target yang ditaksir dan tidak mempertimbangkan hubungan spasial antar lokasi sampel. Faktor faktor yang mempengaruhi akurasi hasil interpolasi IDW adalah nilai power, jarak sampel terhadap titik target yang ditaksir, dan jumlah sampel atau data yang diikutkan dalam perhitungan (Purnomo dan Wijaya, 2022).