

*Skripsi Geofisika*

**PENYEBARAN DAN KOMPOSISI MINERAL TERALTERASI  
MENGUNAKAN SEM-EDS DAN XRD DI LEMBAH GUNUNG  
BAWAKARAENG**



**OLEH:  
ASWAN HAZI  
H061181332**

**DEPARTEMEN GEOFISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

**HALAMAN JUDUL**

**PENYEBARAN DAN KOMPOSISI MINERAL TERALTERASI  
MENGUNAKAN SEM-EDS DAN XRD DI LEMBAH GUNUNG  
BAWAKARAENG**

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada*

**Departemen Geofisika**

**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

**Universitas Hasanuddin**

**OLEH:**

**ASWAN HAZI**

**H061181332**

**DEPARTEMEN GEOFISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2023**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PENYEBARAN DAN KOMPOSISI MINERAL TERALTERASI  
MENGUNAKAN SEM-EDS DAN XRD DI LEMBAH GUNUNG  
BAWAKARAENG**

**Disusun dan Diajukan oleh:**

**ASWAN HAZI**

**H061181332**

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

Pada 10 Juli 2023

Dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

**Pembimbing Utama**



**Dr. Ir. Muh. Altin Massinai, MT, Surv. IPM**  
NIP. 196912311997021002

**Pembimbing Pertama**



**Dr. Erfan Syamsuddin, M.Si**  
NIP. 196709032001121001

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



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

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aswan Hazi  
NIM : H061181332  
Program Studi : Geofisika  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

**“PENYEBARAN DAN KOMPOSISI MINERAL TERALTERASI  
MENGUNAKAN SEM-EDS DAN XRD DI LEMBAH GUNUNG  
BAWAKARAENG”**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain. Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 11 juli 2023

Yang menyatakan,



**ASWAN HAZI**

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh*

*Alhamdulillahirabbil'alamiin.* Puji Syukur penulis panjatkan kepada *الله* *Subhanahu Wa Ta'ala.* Tuhan semesta alam yang dengan segala Rahman dan Rahim-Nya, yang menciptakan alam semesta yang sangat luas ini dan dengan akal dan pikiran yang diberikan oleh Yang Maha Kuasa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Penyebaran Dan Komposisi Mineral Teralterasi Menggunakan Sem-Eds Dan Xrd Di Lembah Gunung Bawakaraeng**”. Shalawat dan Salam senantiasa tercurahkan kepada Baginda Nabi Muhammad *Shalallahu 'Alaihu Wassalam.* Nabi akhir zaman yang sudah menjadi teladan Umat, dalam berakhlak, berusaha dan berdoa. Dalam penulisan skripsi ini tentu tidak lepas dari hambatan dan kesulitan, namun berkat Ridho Sang Maha Kuasa, penyusunan skripsi ini dapat selesai. Pada kesempatan ini izinkan penulis untuk mengucapkan terima kasih kepada Orang Tua tercinta Bapak **Hasba** dan Ibu **Ziana.** Serta saudari penulis yakni **Selvi Hazi S.Kep. Ners dan Fitra Hazi** yang selalu memberikan dukungan, doa, dan kasih sayang tulus tiada hentinya untuk penulis.

Dalam kesempatan ini pula penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada berbagai pihak atas bantuan, nasihat, didikan dan bimbingan yang diberikan kepada penulis selama ini. Untuk itu dengan tulus hati penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Pembimbing Utama, bapak **Dr. Ir. Muh. Altin Massinai, M.T, Surv. IPM** sekaligus sebagai dosen Pembimbing Akademik yang senantiasa menuntun selama masa studi di Departemen Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin. Serta bimbingannya dalam mengerjakan dan memahami Tugas Akhir Penulis sampai selesai.
2. Pembimbing Pertama, bapak **Dr. Erfan Syamsuddin, M.Si** yang senantiasa membimbing dalam mengerjakan dan memahami Tugas Akhir Penulis sampai selesai.

3. Bapak **Syamsuddin, S.Si, MT.** dan Ibu **Makhrani, S.Si, M.Si** selaku Dosen Penguji yang telah memberikan ilmu, kritik dan masukan yang membangun bagi Penulis untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini.
4. Bapak/Ibu dosen Departemen Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin atas pengajaran ilmu yang telah diberikan selama di bangku kuliah ataupun di lapangan praktikum. Terkhusus bapak **Muh. Fawzy Ismullah M., S.Si., M.T** yang senantiasa menjadi tempat bertanya serta membimbing penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir.
5. Kepada Pak **Anto**, Pak **Putra** dan Pak **Fadly** selaku bagian tata usaha di Departemen Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin atas bantuannya dalam mengurus berkas dan segala bentuk pelayanan administratif selama masa perkuliahan.
6. Kepada teman-teman saya yang sering menghabiskan waktu bersama di pace yang sering memakan mie yang telah direbus terlalu lama dan butiran beras yang telah diolah. **Toraja, Sukamaju, Mabo Bau-Bau, Kemal kemem, Lago Gopal Janggo, Ipul, Andri, Yusuf, Wotu, Uccang, Limbat, Yahya, Yansen, Mas Dedi Sangihe** yang banyak menemani penulis selama di kampus.
7. Kepada teman-teman saya **Mbo Wil, Zefanya, Barru, Fya, Jihan, Marni Backtothe Bone, Irma, Cinu Langnga, Nenek Ayu, Dhea Luwu, Oca, Sri, Aini Wajo, Epe, Fira, Bu Press Fhaika, Nilam Labbu, Yeni Tobelco, Onding, Jojo, Fiskah, Dilla, Banne, Lekko, Mute, dan lain-lain**, yang sudah membantu selama di kampus.
8. Kepada rekan-rekan KKNT Bulukumba 1 Gelombang 107.
9. Terkhusus seseorang yang selalu memberikan support dan menjadi tempat penulis untuk menceritakan segala keluh kesah penulis serta sebagai teman seperjuangan baik di kampus maupun di tempat KKN yaitu **Irmawati S.Si.**
10. Dan kepada kakak-kakak senior dan junior-junior saya dari **Departemen Geofisika** yang telah menjadi tempat untuk mencari tahu informasi serta menjadi partisipan dalam melakukan penelitian.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>x</b>
<b>SARI BACAAN .....</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I .....</b>	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	4
I.3 Ruang Lingkup Penelitian .....	4
I.4 Tujuan Penelitian .....	4
<b>BAB II .....</b>	<b>5</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
II.1 Geologi Regional .....	5
II.2 Batuan.....	6
II.3 Batuan Beku .....	8
II.3.1 Klasifikasi Batuan Beku .....	9
II.3.2 Deret Bowen .....	10
II.4 Mineral .....	12
II.4.1 Sifat Kimiawi Mineral .....	12
II.4.2 Alterasi Mineral .....	14
II.5 Metode <i>XRD (X-Ray Diffraction)</i> .....	15
II.6 Metode <i>SEM-EDS</i> .....	17
II.7 Metode Interpolasi.....	20
<b>BAB III .....</b>	<b>21</b>
<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>

III.1 Lokasi Penelitian.....	21
III.2 Alat dan Bahan.....	22
III.2.1 Alat .....	22
III.2.2 Bahan .....	22
III.3 Prosedur Pengolahan Data .....	22
III.3.1 Tahap Pengambilan sampel .....	22
III.3.2 Tahap Preparasi Sampel .....	23
III.3.3 Tahap Karakterisasi sampel .....	23
III.4 Bagan Alir Penelitian .....	25
<b>BAB IV .....</b>	<b>26</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>26</b>
IV.1 Hasil.....	26
IV.1.1 Metode <i>SEM-EDS</i> .....	27
IV.1.2 Metode <i>XRD (X-Ray Diffraction)</i> .....	30
IV.2.1 Pembahasan .....	38
<b>BAB V.....</b>	<b>47</b>
<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>47</b>
V.1 Kesimpulan.....	47
V.2 Saran.....	48
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>49</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>52</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Geologi Kabupaten Gowa .....	6
Gambar 2.2 Siklus Batuan.....	7
Gambar 2.3 Deret Reaksi Bowen.....	11
Gambar 2.4 Prinsip Kerja <i>X-Ray Diffraction</i> dan Grafik Difraktogram .....	16
Gambar 2.5 Difraksi Sinar X Hukum Bragg.....	16
Gambar 2.6 Skematik dan cara kerja SEM .....	18
Gambar 2.7 Skema Analisis EDS .....	19
Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian .....	21
Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian .....	25
Gambar 4.1 Hasil citra SEM Sampel BT 1(a), BT 2(b), BT 3(c), BT 4(d) dan BT5(e) .....	28
Gambar 4.2 Hasil citra SEM Sampel BT 6(f), BT 7(g), BT 8(h), BT 9(i), BT 10(j) dan BT 11(k) .....	29
Gambar 4.3 Peta Sebaran Mineral Albite ( $\text{AlNaSi}_3\text{O}_8$ ) .....	39
Gambar 4.4 Peta Sebaran Mineral Epidote ( $\text{Al}_{2.32}\text{Ca}_2\text{Fe}_{0.68}\text{Si}_3\text{O}_{13}$ ).....	40
Gambar 4.5 Peta Sebaran Mineral Wallanstonite ( $\text{CaSiO}_3$ ).....	41
Gambar 4.6 Peta Sebaran Mineral Quartz ( $\text{SiO}_2$ ) .....	43
Gambar 4.7 Peta Sebaran Mineral Hematite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).....	44
Gambar 4.8 Peta Sebaran Mineral Magnesioferrite ( $\text{Fe}_2\text{MgO}_4$ ) .....	45

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4.1</b> Hasil pengujian laboratorium metode SEM-EDS .....	27
<b>Tabel 4.2</b> Hasil analisis data XRD pada sampel batuan BT 1.....	30
<b>Tabel 4.3</b> Hasil analisis data XRD pada sampel batuan BT 2.....	31
<b>Tabel 4.4</b> Hasil analisis data XRD pada sampel batuan BT 3.....	31
<b>Tabel 4.5</b> Hasil analisis data XRD pada sampel batuan BT 4.....	32
<b>Tabel 4.6</b> Hasil analisis data XRD pada sampel batuan BT 5.....	33
<b>Tabel 4.7</b> Hasil analisis data XRD pada sampel batuan BT 6.....	33
<b>Tabel 4.8</b> Hasil analisis data XRD pada sampel batuan BT 7.....	34
<b>Tabel 4.9</b> Hasil analisis data XRD pada sampel batuan BT 8.....	35
<b>Tabel 4.10</b> Hasil analisis data XRD pada sampel batuan BT 9.....	35
<b>Tabel 4.11</b> Hasil analisis data XRD pada sampel batuan BT 10.....	36
<b>Tabel 4.12</b> Hasil analisis data XRD pada sampel batuan BT 11.....	37
<b>Tabel 4.13</b> Komposisi mineral Albite .....	40
<b>Tabel 4.14</b> Komposisi mineral Epidote .....	41
<b>Tabel 4.15</b> Komposisi mineral Wallanstonite .....	42
<b>Tabel 4.16</b> Komposisi mineral Quartz.....	44
<b>Tabel 4.17</b> Komposisi mineral Hematite.....	45
<b>Tabel 4.18</b> Komposisi mineral Magnesioferrite.....	46

## SARI BACAAN

Gunung Bawakaraeng adalah gunung api yang terbentuk oleh aktivitas vulkanik di masa lampau. Batuan dari aktivitas vulkanik tersebut sebagian besar berkomposisi andesit dan basalt yang tersebar di sekitar lembah Gunung Bawakaraeng. Aktivitas vulkanik merupakan salah satu faktor yang terlibat dalam proses alterasi mineral di lembah Gunung Bawakaraeng. Penelitian ini melibatkan pengambilan sampel batuan dari sebelas titik lokasi di lembah Gunung Bawakaraeng dengan tujuan untuk menganalisis komposisi kimia dan mineral teralterasi serta penyebarannya. Sampel-sampel tersebut kemudian dipersiapkan untuk analisis menggunakan SEM-EDS dan XRD. SEM-EDS digunakan untuk mengamati struktur mikroskopis sampel dan menganalisis komposisi unsur kimia di dalamnya. Sementara itu, XRD digunakan untuk mengidentifikasi mineral teralterasi yang ada dalam sampel berdasarkan pola difraksi sinar-X. Hasil identifikasi kandungan unsur menggunakan metode SEM-EDS menunjukkan bahwa kandungan unsur kimia silikon (Si) mendominasi pada tiap sampel batuan dengan persentase tertinggi sebesar 21,91% dan terdapat pula beberapa unsur lainnya. Adapun hasil identifikasi menggunakan metode XRD menunjukkan mineral teralterasi yang terdapat pada setiap sampel yaitu albite, epidote, wallanstonite, quartz, hematite dan magnesioferrite. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya penyebaran mineral-mineral teralterasi yang luas di lembah Gunung Bawakaraeng. Mineral albite dengan kandungan paling tinggi berada pada sampel batuan BT 4, mineral epidote pada BT 2, mineral wallanstonite pada BT 7 dan mineral quartz, hematite serta magnesioferrite berada pada BT 11. Informasi mengenai penyebaran dan komposisi mineral teralterasi dapat digunakan untuk memahami potensi geologi. Selain itu, penelitian ini juga dapat memberikan dasar untuk pengembangan teknik eksplorasi mineral dan lingkungan di daerah-daerah dengan karakteristik geologi serupa.

**Kata Kunci:** Batuan, Gunung Bawakaraeng, Komposisi mineral, SEM-EDS, XRD.

## ABSTRACT

Mount Bawakaraeng is a volcano that was generated by volcanic activity in the past. The rocks formed by this volcanic activity are predominantly andesite and basalt, and they are distributed across Mount Bawakaraeng's valley. Volcanic activity is one of the elements influencing mineral alteration in Mount Bawakaraeng's valley. This research entailed collecting rock samples from eleven locations in the Mount Bawakaraeng Valley to analyze the chemical composition, changed minerals, and distribution. The samples were then processed for SEM-EDS and XRD investigation. SEM-EDS is used to examine the microscopic structure of a material and determine its chemical elemental makeup. Meanwhile, XRD is utilized to detect the changed minerals present in the sample based on the X-ray diffraction pattern. The findings of elemental content identification using the SEM-EDS technique revealed that the chemical element silicon (Si) predominated in each rock sample with the most significant percentage of 21.91%, but there were also numerous other elements present. The XRD identification findings revealed that the changed minerals, albite, epidote, wallanstonite, quartz, hematite, and magnesioferrite, were present in each sample. According to the findings of this research, there is a broad distribution of changed minerals in the valley of Mount Bawakaraeng. The largest concentrations of albite minerals are found in rock samples BT 4, epidote minerals in BT 2, wallanstonite minerals in BT 7, and quartz, hematite, and magnesioferrite minerals in BT 11. The geological potential may be understood using information on the distribution and composition of changed minerals. Furthermore, this study may be used to improve mineral and environmental exploration strategies in locations with comparable geological features.

**Keywords:** Rock, Mount Bawakaraeng, Mineral composition, SEM-EDS, XRD

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

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

Geologi Sulawesi Selatan menarik untuk diteliti, karena wilayah ini merupakan bagian kontinen Sunda yang bergabung dengan kawasan lain di Sulawesi yang merupakan pecahan dari Papua dan Australia (Katili, 1989). Gunung Bawakaraeng terletak sekitar 75 km dari Kota Makasar. Secara administratif termasuk ke wilayah Kabupaten Gowa, Propinsi Sulawesi Selatan, dengan ketinggian sekitar 2,830 m di atas permukaan laut dan gunung ini merupakan hulu sungai Jeneberang yang di hilirnya terdapat waduk Bilibili (ESDM, 2009).

Kondisi geologi di lereng Gunung Bawakaraeng didominasi oleh endapan vulkanik Lompobattang (Qlv) dan batuan vulkanik Camba (Tmcv). Vulkanik Lompobattang merupakan endapan yang tersebar luas di lereng gunung Bawakaraeng dan terdiri dari perselingan endapan lahar/lava dan tufa yang belum terkompaksi dengan baik. Batuan lainnya antara lain endapan aluvial, endapan sumbat, endapan erupsi parasitik, anggota breksi, endapan vulkanik Baturepe dan Formasi Camba (Massinai dkk, 2013).

Peta geologi sekitar puncak Gunung Bawakaraeng dan Lompobattang (Sukanto dan Supriatna, 1982) memperlihatkan 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 salah satu elemen kulit bumi yang memiliki mineral-mineral yang sudah dalam keadaan membeku atau keras. Batuan di bumi ini ada yang tersusun dari satu macam mineral dan ada yang tersusun oleh beberapa macam mineral (Sultoni dkk, 2019). Mineral merupakan bahan anorganik yang terbentuk secara alamiah yang memiliki susunan atom yang teratur, dengan komposisi kimia tertentu dan memberikan sifat-fisik yang spesifik (Arsdin dkk., 2022). Mineral dapat diklasifikasikan sebagai mineral sejati apabila senyawa tersebut berupa padatan dan memiliki struktur kristal (Warmada dan Titisari, 2004).

Mineral terbentuk bersamaan dengan terbentuknya batuan. Secara umum, terbentuknya mineral dapat melalui dua tahap yaitu secara primer dan sekunder. Mineral primer berasal dari hasil pembekuan magma, kristalisasi larutan, dan metamorfisme, sedangkan mineral sekunder berasal dari hasil perubahan mineral yang telah ada sebelumnya (alterasi). Perubahan mineral ini biasanya dikarenakan adanya pengaruh tekanan dan temperatur yang tinggi, sehingga mineral dasar akan berubah menjadi mineral lain yang lebih stabil (Sultoni dkk, 2019).

Alterasi atau ubahan hidrotermal adalah suatu proses yang sangat kompleks melibatkan perubahan mineralogi, kimiawi, dan tekstur yang disebabkan oleh interaksi fluida panas dengan batuan yang dilaluinya (wall rock), di bawah kondisi evolusi fisio-kimia. Proses alterasi merupakan suatu bentuk metasomatisme, yaitu pertukaran komponen kimiawi, antara cairan-cairan dengan batuan yang dilaluinya. Alterasi hidrothermal dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain karakteristik batuan yang dilewati fluida hidrotermal, karakter fluida (Eh dan pH), kondisi

tekanan dan temperatur pada saat reaksi berlangsung dan lama aktivitas hidrotermal (Pirajno, 1992).

Cara yang dapat dilakukan untuk mengenal suatu mineral yaitu, pertama dengan melakukan analisis secara kimiawi, dan kedua yang paling umum dilakukan adalah dengan cara mengenali sifat-sifat fisiknya. X-Ray diffraction (XRD) dan Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS) merupakan analisis karakterisasi yang dapat mengetahui kandungan (unsur dan senyawa) penyusun batuan. XRD sangat berguna untuk mempelajari struktur kristal, komposisi kimia, dan sifat sifat fisika dari mineral dalam batuan. SEM-EDS juga merupakan teknik karakterisasi material yang digunakan untuk melihat morfologi permukaan batuan serta kandungan unsur oksidasinya (Sirait, 2017).

Salah satu penelitian terdahulu menggunakan metode XRD dan SEM-EDS adalah penelitian yang dilakukan oleh Winarni (2014) tentang Identifikasi batuan yang mengandung mineral zeolite sebagai absorben logam berdasarkan sifat batuan di Desa Kedung Banteng Sumbermanjing Wetan Kabupaten Malang. Adapun hasil akhir dari penelitian ini yaitu, morfologi ditunjukkan warna terang dan gelap padapermukaan sampel dan hasil EDS ditunjukkan distribusi unsur Si paling banyak sebesar 31,50 % disamping unsur O dan unsur-unsur yang lain sebagai pengotor. Sementara itu jenis mineral zeolit yang terdapat di desa Kedung Banteng kabupaten Malang ini berjenis mordenite berdasarkan uji XRD.

Berdasarkan uraian di atas maka dilakukan penelitian mengenai penyebaran dan komposisi mineral teralterasi menggunakan SEM-EDX dan XRD di lembah Gunung Bawakaraeng. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia

dan jenis mineral pada setiap sampel batuan serta penyebaran mineral teralterasi di lembah Gunung Bawakaraeng.

## **I.2 Rumusan Masalah**

1. Apa saja komposisi kimia dan mineral teralterasi yang terkandung dalam sampel batuan di lembah Gunung Bawakaraeng menggunakan metode XRD dan SEM-EDS?
2. Bagaimana penyebaran mineral teralterasi di lembah Gunung Bawakaraeng?

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

Pengambilan sampel batuan dilakukan di beberapa tempat di Kecamatan Parigi dan Kecamatan Tinggimoncong Kabupaten Gowa. Selanjutnya dilakukan pengujian karakterisasi sampel menggunakan alat SEM-EDS dan XRD. Adapun hasil dari penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai komposisi kimia dan jenis mineral yang terkandung pada sampel batuan serta persebaran mineral di daerah penelitian. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai referensi dan informasi untuk pengembangan dan pemanfaatan sumber daya mineral di daerah penelitian tersebut.

## **I.4 Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui komposisi kimia dan mineral teralterasi yang terkandung dalam sampel batuan Gunung Bawakaraeng dengan menggunakan metode XRD dan SEM-EDS.
2. Mengetahui penyebaran mineral teralterasi di lembah Gunung Bawakaraeng.

## **BAB II**

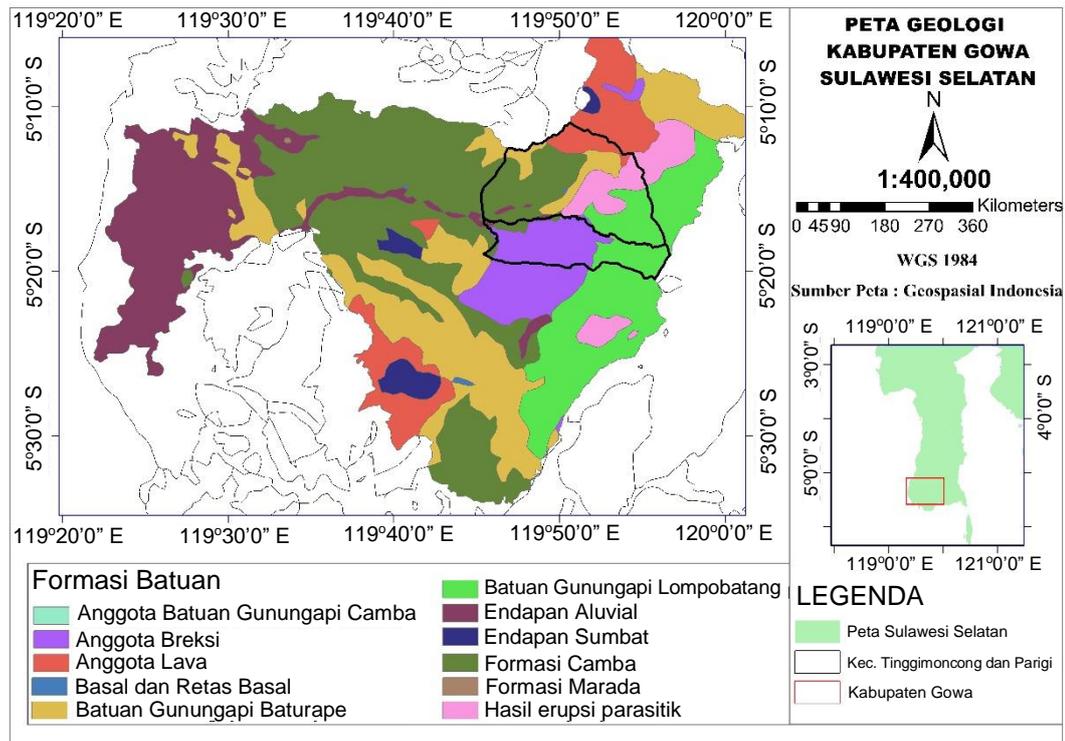
### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1 Geologi Regional**

Bentuk morfologi yang pada daerah ini adalah kerucut Gunungapi Lompobattang. Morfologi daerah ini mencakup lembah yang curam, dan landai membentuk huruf “V” dan “U”, sungai dengan lembah yang membentuk huruf “V” saat dikategorikan ke dalam tahapan geomorfik tua (Massinai, 2009).

Keadaan bentang alam Kabupaten Gowa dibedakan atas 4 satuan geomorfologi, yakni (Massinai, 2011):

1. Satuan geomorfologi pegunungan mempunyai sifat-sifat relief topografi yang tinggi, tekstur topografi kasar, batuan penyusunnya didominasi oleh batuan Gunungapi Lompobattang, menyebar di sekitar Gunung Bawakaraeng.
2. Satuan geomorfologi perbukitan mempunyai sifat-sifat relief topografi dan tekstur sedang, batuan penyusunnya terdiri dari batuan Gunungapi Baturappe-Cindako dan batuan beku serta batuan Formasi Camba.
3. Satuan geomorfologi bergelombang mempunyai sifat-sifat relief topografi rendah sampai sedang, tekstur topografi halus sampai sedang, batuan penyusunnya terdiri dari batuan Formasi Camba dan batuan Gunungapi Baturappe-Cindako serta batuan beku.
4. Satuan geomorfologi pedataran, mempunyai sifat - sifat relief topografi sangat rendah dengan tekstur topografi halus, batuan penyusunnya didominasi oleh endapan aluvial.



Gambar 2.1 Peta Geologi Kabupaten Gowa.  
(Sumber Data : Geospasial Indonesia)

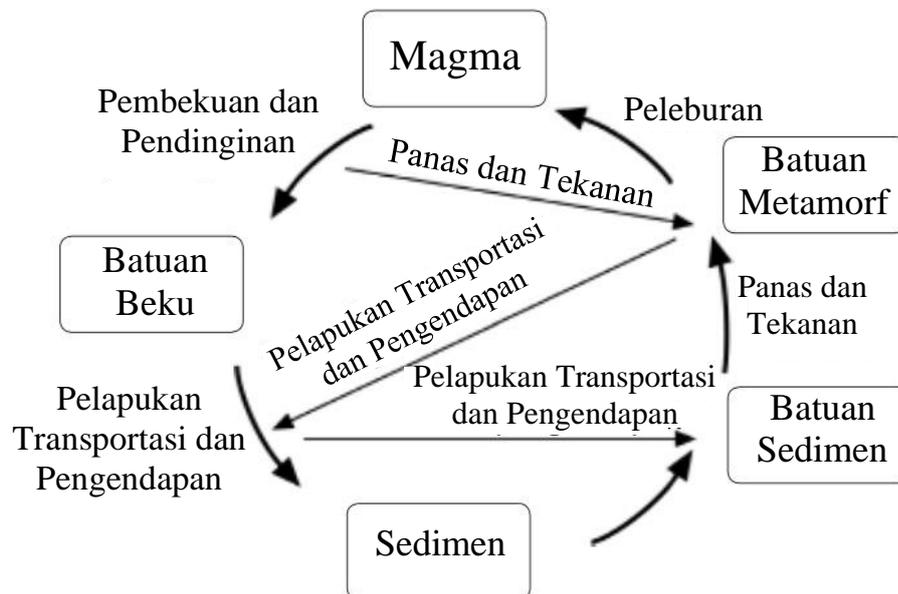
Pada Gambar 2.1 batuan yang terdapat di sekitar lokasi penelitian yaitu endapan aluvial Gunungapi Lompobattang (Qlv) yang merupakan batuan yang terdiri dari aglomerat, lava, breksi, endapan lahar, dan tufa. Selain itu juga, terdapat pusat (endapan) erupsi (Qlvc) yang di daerah pusat erupsi ini batumannya terdiri dari lava dan aglomerat yang termasuk dalam Gunungapi Lompobattang (Qlv), dan di daerah yang agak jauh dari pusat erupsi umumnya tersusun oleh anggota breksi (Qlvb), endapan lahar dan tufa.

## II.2 Batuan

Batuan adalah salah satu elemen kulit bumi yang memiliki mineral-mineral anorganik melalui pelapukan yang selanjutnya menghasilkan tanah. Batuan mempunyai komposisi mineral, sifat-sifat fisik, dan umur yang beranekaragam.

Batuan umumnya terdiri dari dua mineral atau lebih. Batuan dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok besar, yaitu batuan beku, batuan sedimen, dan batuan malihan atau metamorfosis. Batuan umumnya diklasifikasikan berdasarkan komposisi mineral dan kimia, dengan tekstur partikel dan proses yang membentuk (Sultoni dkk., 2019).

Batuan di bumi terbentuk secara berputar yang dikenal dengan siklus batuan. Siklus batuan merupakan suatu proses yang menggambarkan perubahan dari magma yang membeku akibat pengaruh cuaca hingga menjadi batuan beku kemudian terakumulasi menjadi batuan sedimen dan batuan metamorf hingga akhirnya berubah menjadi magma kembali (Blatt dan Tracy, 1996).



Gambar 2.2 Siklus Batuan (Sultoni dkk., 2019).

Pada Gambar 2.2 berdasarkan daur batuan di alam dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Magma mengalami proses pendinginan, terjadi kristalisasi membentuk batuan beku.
2. Batuan beku mengalami pelapukan, tererosi, terangkut dalam bentuk larutan atau tidak larut, diendapkan, sedimeentasi membentuk batuan sedimen. Ada pula yang langsung mengalami perubahan bentuk menjadi batuan metamorf.
3. Batuan sedimen dapat mengalami perubahan baik secara kontak, *dynamo* dan hidrotermik mengalami perubahan bentuk dan menjadi batuan metamorf.
4. Batuan metamorf yang mencapai lapisan bumi yang suhunya tinggi mungkin berubah lagi menjadi magma lewat proses magmatisasi.

### **II.3 Batuan Beku**

Batuan beku atau batuan *igneus* (dari bahas latin: *ignis* yang berarti api) merupakan batuan yang terbentuk dari kristalisasi laruatan magma yang mendingin. Larutan magma adalah larutan silikat pijar yang terbentuk secara alamiah dan bersifat mudah bergerak. Sifat magma yang mudah bergerak dan mengandung gas mengakibatkan magma bergerak mencari rekahan atau daerah yang rapuh dalam kerak bumi hingga membeku karena penurunan suhu (Kristanto dkk., 2020).

Batuan yang yang membeku dalam pada rekahan dalam kerak bumi disebut batuan beku intrusif (plutonik). Magma akan keluar menuju permukaan bumi melalui pipa gunungapi hingga membeku di permukaan bumi. Magma yang keluar di permukaan bumi disebut lava. Lava akan mengalami penurunan suhu dan membeku membentuk batuan beku ekstrusif atau vulkanik (Tantowi dkk., 2018).

### II.3.1 Klasifikasi Batuan Beku

Batuan beku diklasifikasikan berdasarkan tempat terbentuknya serta kandungan kimianya, sebagai berikut :

1. Berdasarkan tempat terbentuknya batuan beku dibedakan menjadi tiga yaitu (Nauli, dkk., 2018):
  - a. Batuan plutonik merupakan batuan beku yang terbentuk jauh di perut bumi (15-50 km) dengan tekstur kristal holokristalin (kristal sempurna). Biasanya terdapat pada gabro, diorit dan granit.
  - b. Batuan efusif merupakan batuan beku yang berasal dari hasil pembekuan magma pada permukaan bumi dengan tekstur kristal holohyalin. Biasanya terdapat pada basalt dan andesit.
  - c. Batuan hipabisal merupakan batuan yang berasal dari pembekuan magma pada daerah yang terletak antara batuan efusif dan batuan beku plutonik. Tekstur kristal pada umumnya adalah hipokristalin seperti pada batuan granit bertekstur porfiri.
2. Berdasarkan kandungan kimianya Berdasarkan kandungan kimianya batuan beku dibedakan menjadi empat golongan yaitu (Chaerul dkk, 2014):
  - 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 calcium atau mineral ferromagnesium. Contohnya granit, riolit, obsidian dll.
  - b. Batuan beku Intermediet merupakan batuan beku yang memiliki kandungan silika antara 52 - 66%. Batuan beku intermediet sering memperlihatkan kenampakan pelapukan spheroidal karena banyak mengandung mineral

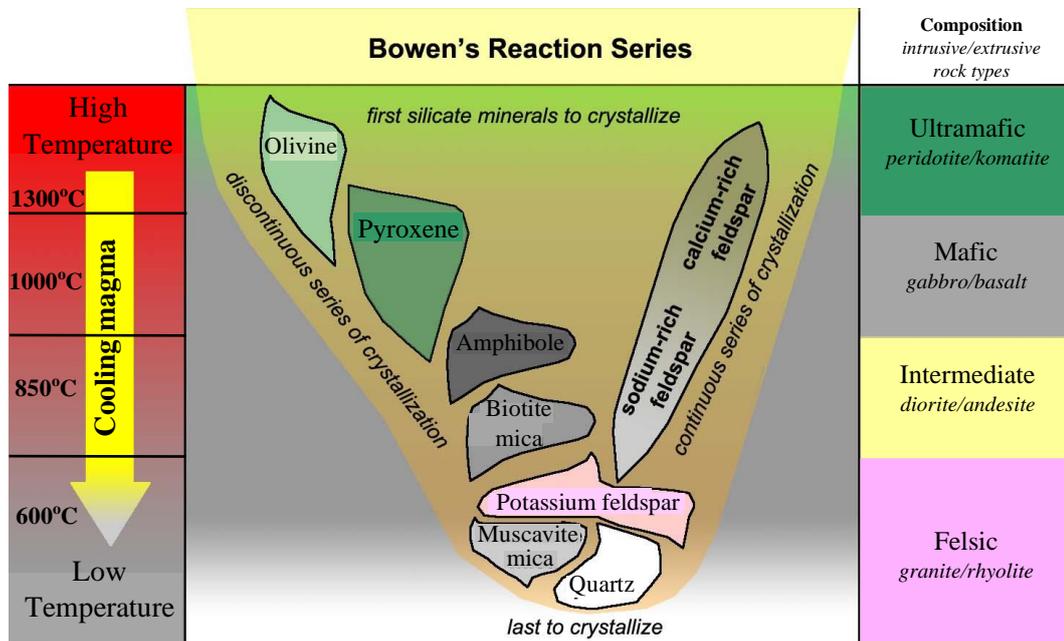
feldspar. Mineral-mineral feldspar yang telah mengalami pelapukan tersebut dapat berubah menjadi mineral kaoli. Ciri khas batuan ini yakni warna batuan dari terang hingga agak gelap, perbandingan antara mineral alkali, kapur dan ferromagnesium sudah mulai nampak. Misalnya diorit, dasit dll.

- c. Baruan 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, gabro, diabas, basal dll.
- 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.3.2 Deret Bowen**

Magma akan kehilangan mobilitasnya dalam perjalanan naik pada saat masih berada di lapisan litosfer dan membentuk ruang magma sebelum mencapai permukaan. Pada kondisi ini, magma akan membeku di tempat dan ion-ion yang terkandung di dalamnya kehilangan kebebasannya untuk bergerak dan membentuk batuan di dalam permukaan bumi (intrusi). Namun tidak semua mineral membentuk batuan secara bersamaan dalam kondisi yang sama, ada beberapa

terbentuk lebih awal pada suhu tinggi. Pola kristalisasi batuan mengikuti garis Bowen seperti pada gambar berikut (Wardoyo dan Hendrajaya, 2016).



Gambar 2. 3 Deret Reaksi Bowen (Wardoyo dan Hendrajaya, 2016).

Pada Gambar 2.3 dapat dilihat bahwa penentuan mineral bawah permukaan yang terbentuk pertama kali adalah mineral yang sangat tidak stabil dan mudah berubah menjadi mineral lain. Temperatur terus menurun dan proses pembentukan mineral berjalan sesuai dengan temperaturnya. Sedangkan mineral yang terbentuk pada suhu yang lebih rendah adalah mineral yang paling stabil. Pada saat temperatur magma menurun, Olivin adalah mineral yang pertama akan terbentuk, kemudian pyroxone, hornblende, biotit (seri terputus-putus/deret diskontinyu). Pada deret kontinyu, pembentukan diawali dengan mineral Ca-Plagioklas dan diakhiri dengan pembentukan Na-Plagioklas. Mineral K-Feldspar (*Orthoclase*) akan terbentuk pada penurunan temperatur selanjutnya lalu disusul oleh muscovite dan terbentuknya mineral kuarsa (Massinai dkk., 2022).

## **II.4 Mineral**

Mineral adalah senyawa alami yang terbentuk melalui proses geologis. Istilah mineral termasuk tidak hanya bahan komposisi kimia tetapi juga struktur mineral. Mineral termasuk dalam komposisi unsur murni dan garam sederhana sampai silikat yang sangat kompleks dengan ribuan bentuk yang diketahui (senyawaan organik biasanya tidak termasuk). Ilmu yang mempelajari mineral disebut mineralogi (Warmada dan Titisari,2004).

Mineral dapat terbentuk di berbagai kondisi, berbagai mekanisme dan berbagai lingkungan dan kedalaman. Setiap mineral tersusun atas kumpulan kristal-kristal yang sejenis, dan kristal tersusun atas unsur-unsur kimia yang terikat dalam susunan dan komposisi yang sama. Jadi, mineral adalah bagian terpenting dari bumi, merupakan variabel utama dalam kesetimbangan alam; serta berperan penting dalam menunjang kehidupan manusia. Dengan kata lain, tanpa mineral tidak akan kita jumpai batu, dan akibatnya tidak akan kita jumpai bumi. Karenanya, tanpa mineral tidak akan ada kehidupan di bumi (Pambudi dan Suprpto, 2019).

### **II.4.1 Sifat Kimiawi Mineral**

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

#### **1. Mineral Silikat**

Hampir 90 % mineral pembentuk batuan adalah dari kelompok ini, yang merupakan persenyawaan antara silikon dan oksigen dengan beberapa unsur metal. Karena jumlahnya yang besar, maka hampir 90 % dari berat kerak-Bumi terdiri dari mineral silikat, dan hampir 100 % dari mantel Bumi (sampai

kedalaman 2900 Km dari kerak Bumi). Silikat merupakan bagian utama yang membentuk batuan baik itu sedimen, batuan beku maupun batuan malihan. Silikat pembentuk batuan yang umum adalah dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok ferromagnesium dan non-ferromagnesium.

## 2. Mineral oksida

Terbentuk sebagai akibat persejawaan langsung antara oksigen dan unsur tertentu. Susunannya lebih sederhana dibanding silikat. Mineral oksida umumnya lebih keras dibanding mineral lainnya kecuali silikat. Mereka juga lebih berat kecuali sulfida. Unsur yang paling utama dalam oksida adalah besi, Chrom, mangan, timah dan aluminium. Beberapa mineral oksida yang paling umum adalah “es” ( $H_2O$ ), korondum ( $Al_2O_3$ ), hematit ( $Fe_2O_3$ ) dan kassiterit ( $SnO_2$ ).

## 3. Mineral Sulfida

Merupakan mineral hasil persejawaan langsung antara unsur tertentu dengan sulfur (belerang), seperti besi, perak, tembaga, timbal, seng dan merkuri. Beberapa dari mineral sulfida ini terdapat sebagai bahan yang mempunyai nilai ekonomis, atau bijih, seperti pirit ( $FeS_3$ ), kalkosit ( $Cu_2S$ ), galena ( $PbS$ ), dan sphalerit ( $ZnS$ ) (Massinai dan Latuconsina, 2018).

## 4. Mineral Karbonat dan Sulfat

Merupakan persejawaan dengan ion  $(CO_3)^{2-}$ , dan disebut karbonat, persejawaan dengan Ca dinamakan kalsium karbonat,  $CaCO_3$  dikenal sebagai mineral kalsit. Mineral ini merupakan susunan utama yang membentuk batuan sedimen. Beberapa contoh mineral yang termasuk kedalam kelas karbonat adalah dolomit ( $CaMg(CO_3)_2$ ), kalsit ( $CaCO_3$ ) dan magnesit ( $MgCO_3$ ). Mineral

sulfat adalah kombinasi logam dengan anion sulfat (SO<sub>4</sub>)<sup>-2</sup>. Pembentukan mineral sulfat biasanya terjadi pada daerah evaporitik (penguapan) yang tinggi kadar airnya, kemudian perlahan-lahan menguap sehingga formasi sulfat dan halida berinteraksi.

#### **II.4.2 Alterasi Mineral**

Alterasi atau ubahan hidrotermal adalah suatu proses yang sangat kompleks melibatkan perubahan mineralogi, kimiawi, dan tekstur yang disebabkan oleh interaksi fluida panas/larutan hidrotermal dengan batuan yang dilaluinya (wall rock), di bawah kondisi evolusi fisio-kimia. Larutan hidrotermal merupakan larutan sisa magma yang bertemperatur tinggi dengan rentang suhu sekitar 100° - 500° C yang mampu merubah dan membentuk mineral - mineral tertentu. Secara umum cairan sisa kristalisasi magma tersebut bersifat silika yang kaya alumina, alkali dan alkali tanah, terdapat air dan unsur-unsur volatil (Bateman, 1981). Larutan hidrotermal terbentuk pada fase akhir dari siklus pembekuan magma dan umumnya terakumulasi pada litologi dengan permeabilitas tinggi atau pada zona lemah. Interaksi antara fluida hidrotermal dengan batuan yang dilaluinya (wall rock) akan menyebabkan terubahnya mineral (mineral alterasi).

Klasifikasi tipe alterasi pada endapan epitermal adalah sebagai berikut, tetapi tidak semua jenis alterasi hadir dalam sistem epitermal sulfidasi rendah (Febriyana dkk., 2014).

1. Alterasi argilik, Mineral pernciri alterasi ini adalah kaolin dan montmorilonit (kumpulan mineral ilit/smektit ) sebagai hasil alterasi dari plagioklas.

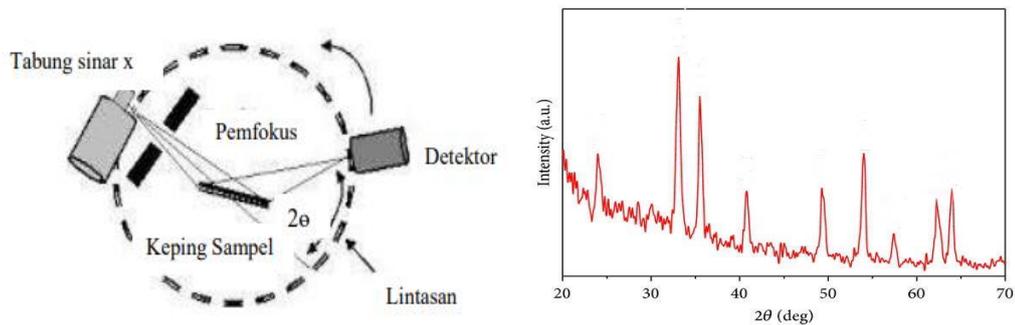
2. Alterasi propilitik, Alterasi ini merupakan alterasi yang kompleks yang dicirikan oleh kehadiran klorit, epidot, albit, dan karbonat (kalsit, dolomit dan ankerit).
3. Silisifikasi, Alterasi ini dicirikan oleh adanya kumpulan mineral silikaan seperti kuarsa, kalsedon, adularia, opal.

## **II.5 Metode XRD (*X-Ray Diffraction*)**

*X-Ray Diffraction* (XRD) merupakan salah satu metode karakteristik material yang paling tua dan paling sering digunakan hingga sekarang. Metode karakterisasi XRD ini dapat memberikan informasi tentang susunan atom, molekul atau ion dalam bentuk padat/kristal. Analisis berdasarkan kepada pengukuran transmisi dan difraksi dari sinar X yang dilewatkan pada sampel padat. Difraksi sinar-X suatu teknik yang digunakan untuk menentukan sistem kristal, kualitas kristal, dan identifikasi campuran dan analisis kimia (Alderto dan Holloway, 2020).

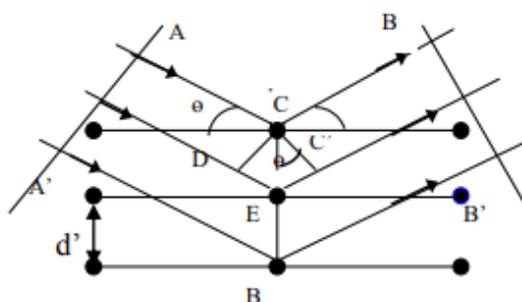
Eksperimen difraksi sinar-X atau XRD pertama kali dilakukan pada tahun 1921 oleh Friederich, Knipping dan Von Laue, dengan menggunakan susunan eksperimental. Sinar-X yang dihamburkan membentuk sebuah pola interferensi pada film fotografik berupa sebuah potret dan pola. Eksperimen ini membuktikan bahwa sinar-X adalah gelombang atau setidaknya-tidaknya bersifat menyerupai gelombang dan juga bahwa atom-atom adalah sebuah kristal yang disusun dalam sebuah pola yang teratur. Sejak itu, difraksi sinar-X telah terbukti sebagai sebuah alat penelitian yang sangat penting untuk mengukur panjang gelombang sinar-X dan untuk mengukur struktur kristal. XRD juga digunakan untuk mengkarakterisasi

mineral/material secara cepat meliputi analisis komposisi fasa atau senyawa pada serta kuantitatif struktur kristalnya (Chauhan dan Chauhan, 2014).



Gambar 2.4 Prinsip Kerja *X-Ray Diffraction* dan Grafik Difraktogram (Chauhan dan Chauhan, 2014)

Pada Gambar 2.4 dapat dijelaskan prinsip kerja XRD, jika seberkas sinar-X ditembakkan pada sampel padatan kristalin, maka bidang kristal ini akan membiaskan sinar-X yang memiliki panjang gelombang yang sama dengan jarak kisi dalam krista (sesuai dengan hukum Bragg). Kemudian sinar yang dibiaskan akan ditangkap oleh detektor, detektor selanjutnya akan mencatat puncak intensitas yang akan bersesuaian dengan orde pembiasan (orde-n) yang digunakan, yang kemudian akan ditampilkan dalam bentuk grafik yaitu grafik difraktogram yang merupakan grafik hubungan antara intensitas (cps) dengan  $2\theta$  (Chauhan dan Chauhan, 2014).



Gambar 2.5 Difraksi Sinar X Hukum Bragg (Alderto dan Holloway, 2020)

Persamaan Bragg, menerapkan prinsip sinar X yang dapat terbentuk bila suatu logam sasaran yang ditembaki dengan berkas elektron yang berenergi tinggi.

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

Keterangan :

d = ketebalan unit sel (meter)

$\Theta$  = sudut difraksi (derajat)

$\lambda$  = panjang gelombang (meter)

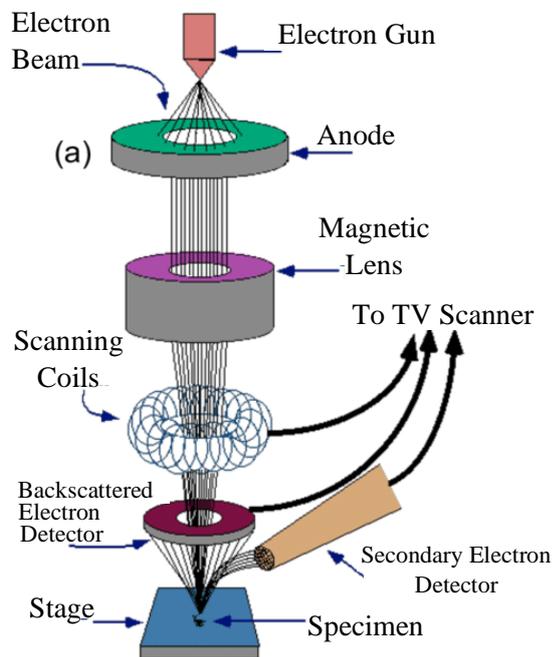
n = kelipatan/orde (1,2,3,...)

## **II.6 Metode SEM-EDS (*Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*)**

SEM-EDS adalah alat yang dapat digunakan untuk analisis kuantitatif dan kualitatif elemen yang didasarkan pada analisis spektral radiasi sinar-X karakteristik yang dipancarkan dari atom sampel pada iradiasi dengan berkas electron yang difokuskan dari SEM. Alat ini umumnya digunakan untuk berbagai aplikasi termasuk interpretasi keberadaan mineral dan distribusinya sehingga kita dapat menggunakannya untuk membedakan kandungan mineral dalam berbagai jenis batuan dari berbagai daerah di Indonesia (Julinawati dkk., 2015).

Metode *Scanning Electron Microscopic* (SEM) dan *Energy Dispersive X-Ray spectrometric* (EDS) ini merupakan metode penelitian yang dapat memberikan informasi tentang jenis-jenis mineral yang terdapat dalam batuan dengan mengetahui kandungannya 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. Berdasarkan kemampuan alat SEM-EDS, banyak tipe sampel yang dapat dianalisis (Julinawati dkk., 2015).

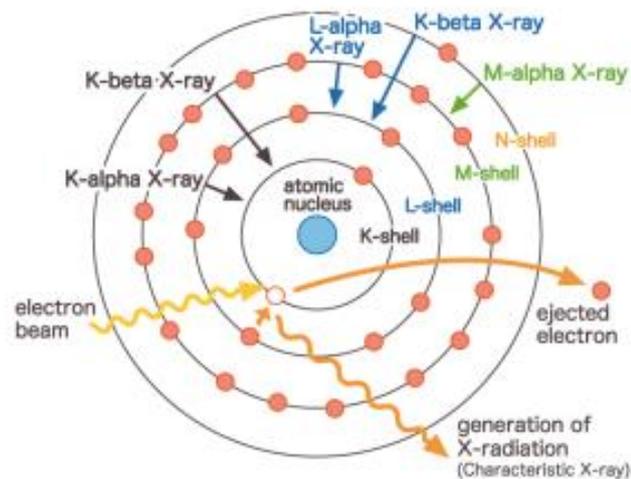


Gambar 2.6 Skematik dan cara kerja SEM (Julinawati dkk., 2015).

Menurut Wijayanto dan Bayuseno, Prinsip kerja SEM adalah sebagai berikut:

- 1) Sebuah pistol elektron memproduksi sinar elektron dan dipercepat dengan anoda.
- 2) Lensa magnetik memfokuskan elektron menuju ke sampel.
- 3) Sinar elektron yang terfokus memindai keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai.
- 4) Ketika elektron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh detektor dan dikirim ke monitor (CRT).

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).



Gambar 2.7 Skema Analisis EDS (Notthoff dkk, 2013).

Menurut Notthoff dkk (2013), proses karakterisasi unsur pada metode Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy dilakukan pendekatan dengan persamaan Castaing.

$$D = 33 \cdot (E_0^{1.7} - E_c^{1.7}) \cdot \frac{A}{Z \cdot \rho \cdot 1000} \quad (2.2)$$

Keterangan :

D = kedalaman Penetrasi

A = Massa Atom

$E_0$  = Tegangan Percepatan (kev)

$E_c$  = Tegangan percepatan minimum (kev)

$\rho$  = Density ( $\text{kg/m}^3$ )

Z = Nomor Atom

## **II.7 Metode Interpolasi**

Interpolasi adalah metode atau fungsi matematika yang dapat digunakan untuk menduga nilai pada lokasi-lokasi yang datanya tidak tersedia. Interpolasi juga diartikan sebagai proses memprediksi nilai pada suatu titik yang bukan titik sampel, berdasarkan pada nilai-nilai dari titik-titik di sekitarnya yang berkedudukan sebagai sampel. Dalam pemetaan, interpolasi adalah proses estimasi nilai pada wilayah yang tidak diukur, sehingga terbentuk peta atau sebaran nilai pada seluruh wilayah. Salah satu metode interpolasi yang disediakan perangkat lunak SIG yaitu Inverse Distance Weighting (IDW) (Purnomo, 2018).

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 perkirakan. 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).