

Skripsi Geofisika

**STUDI KANDUNGAN MINERAL BATUAN
MENGUNAKAN SEM-EDS DI LATUPPA, PALOPO**



Disusun dan diajukan oleh:

YANSEN BARUMBUN

H061181327

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

MAKASSAR

2023

HALAMAN JUDUL

**STUDI KANDUNGAN MINERAL BATUAN MENGGUNAKAN
SEM-EDS DI LATUPPA, PALOPO**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains

Pada Departemen Geofisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Hasanuddin

OLEH:

YANSEN BARUMBUN

H061181327

DEPARTEMEN GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

**STUDI KANDUNGAN MINERAL BATUAN MENGGUNAKAN
SEM-EDS DI LATUPPA, PALOPO**

Disusun dan Diajukan Oleh:

YANSEN BARUMBUN

H061181327

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 Tanggal 13 Maret 2023

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 : Yansen Barumbun
NIM : H061181327
Departemen : Geofisika
Judul Skripsi : Studi Kandungan Mineral Batuan Menggunakan SEM-EDS di Latuppa, Palopo

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, 13 Maret 2023

Yang Membuat Pernyataan



Yansen Barumbun

SARI BACAAN

Mineral merupakan suatu benda padat homogen yang terbentuk secara anorganik di alam dengan komposisi kimia pada batas tertentu dan memiliki susunan atom teratur. Meskipun demikian ada beberapa jenis mineral yang terbentuk akibat penguraian atau perubahan residu sisa-sisa tanaman dan binatang, secara alamiah juga digolongkan ke dalam mineral, seperti batubara dan tanah diatom. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan mineral dan sebaran mineral yang terkandung pada sampel batuan. Penelitian dilakukan dengan 3 titik pengambilan sampel. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope - Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM-EDS). SEM-EDS merupakan salah satu metode untuk menganalisis dan mengetahui komposisi unsur kimia yang terkandung di dalam sampel secara kuantitatif dan kualitatif. Hasil dari penelitian ini didominasi mineral silika. Berdasarkan peta sebaran mineral penyusun utama batuan pada daerah penelitian memiliki persebaran yang berbeda-beda karena faktor geologi seperti topografi dan morfologi lokasi pengambilan sampel. Penelitian ini bisa menjadi referensi dan informasi guna pengembangan serta pemanfaatan sumber daya alam sekitar daerah penelitian.

Kata kunci: Mineral, Anorganik, SEM-EDS, Silika, Topografi dan Morfologi

ABSTRACT

A mineral is a homogeneous solid that is formed inorganically in nature with a chemical composition at a certain limit and has a regular atomic arrangement. However, there are several types of minerals that are formed due to decomposition or changes in plant and animal residues, naturally also classified into minerals, such as coal and diatomaceous earth. The purpose of this study was to determine the mineral content and distribution of minerals contained in rock samples. The research was conducted with 3 sampling points. The test was conducted using Scanning Electron Microscope - Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS). SEM-EDS is one method to analyze and determine the composition of chemical elements contained in the sample quantitatively and qualitatively. The results of this study are dominated by silica minerals. Based on the distribution map of the main constituent minerals of rocks in the research area has a different distribution due to geological factors such as topography and morphology of the sampling location. This research can be a reference and information for the development and utilization of natural resources around the research area.

Keywords: Mineral, Inorganic, SEM-EDS, Silica, Topography and Morphology

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus yang senantiasa menjadi penopang terbaik penulis sepanjang hidupnya. Penulis sadar bahwa hanya karena kebaikan, kasih dan berkat anugrah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, dengan judul “**Studi Kandungan Mineral Batuan Menggunakan SEM-EDS Di Latuppa, Palopo**”. Penelitian ini dimaksudkan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Departemen Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin. Selain itu, penulisan skripsi ini diharapkan dapat memperluas pengetahuan pembaca, secara khusus mahasiswa geofisika serta dapat menjadi acuan dalam pengolahan sumber daya alam.

Penulis banyak menghadapi kendala dan masalah dalam pelaksanaan penelitian maupun penulisan skripsi, namun dengan usaha yang maksimal dan kemampuan yang Tuhan Yesus berikan kepada penulis serta bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka penulisan skripsi ini dapat selesai pada waktu-Nya yang terbaik. Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang terdalam untuk orangtua penulis atas cinta, doa dan dukungan moril maupun materil yang diberikan kepada penulis. Terima kasih atas setiap cinta yang terpancar serta doa yang selalu mengiringi tiap langkah penulis. Terima kasih kepada papa **Paulus S. Barumbun** dan mama **Jeni Bara'** yang telah mendidik penulis dengan penuh kesabaran sampai saat ini. Ucapan terima kasih juga kepada:

1. 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 bimbingan, nasehat dan masukan-masukan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi.

2. Bapak **Dr. Erfan Syamsuddin, M.Si** dan Ibu **Makhrani., S.Si. M.Si** selaku dosen penguji yang telah memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam penulisan skripsi ini.
3. Bapak **Dr. Eng. Amiruddin M.Si** selaku dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
4. Bapak **Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng** selaku Ketua Departemen Geofisika.
5. **Seluruh dosen** yang telah mendedikasikan waktunya sebagai pengajar. Terima kasih atas ilmu yang diberikan.
6. **Seluruh staf Departemen Geofisika dan staf Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam** yang telah membantu menyelesaikan urusan akademik terkhusus selama proses penyusunan skripsi ini.
7. Kakek **Ruben Riang** yang juga telah mendidik dan merawat penulis sejak kecil hingga saat ini.
8. **GMKI Komisariat FMIPA Unhas dan ARETE SC** yang telah menjadi wadah pelayanan dan pengembangan potensi penulis.
9. Teman-teman **HMGF 2018 dan HIMAFI 2018** atas doa, dukungan, maupun bantuan dalam menjalani perkuliahan dan menyelesaikan skripsi.
10. **KMF MIPA, HMGF dan HIMAFI** yang telah menjadi wadah belajar dan pengembangan potensi penulis

11. Kepada **seluruh pihak** secara langsung maupun tidak langsung yang telah sangat banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi maupun studi yang tidak sempat disebutkan satu persatu.

Penulis sadar bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun diperlukan dalam penulisan selanjutnya. Akhirnya, penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat dalam pengembangan wawasan bidang ilmu Geofisika.

Makassar, Maret 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
SARI BACAAN	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	2
I.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
I.4 Tujuan Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
II.1 Batuan.....	4
II.2 Batuan Beku	5
II.2.1 Magmatisme.....	6
II.2.2 Deret Bowen	7
II.3 Mineral	8
II.3.1 Sifat Kimia Mineral	9
II.3.2 Sifat Fisik Mineral	10
II. 4 Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy	12

II. 5 Metode Interpolasi.....	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
III.1 Alat dan Bahan.....	17
III.1.1 Alat	17
III.1.2 Bahan.....	17
III.2 Prosedur Penelitian	17
III.2.1 Tahap pengambilan Sampel	17
III.2.2 Tahap preparasi Sampel	18
III.2.3 Tahap Karakterisasi Sampel	18
III.3 Bagan Alir.....	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
IV.1 Kandungan Mineral Batuan di Latuppa.....	21
IV.2 Peta Sebaran Mineral.....	23
BAB V PENUTUP.....	25
V.1 Kesimpulan	25
V.2 Saran.....	25
DAFTAR PUSTAKA	26

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Daur Batuan (Fitri dkk., 2017)	5
Gambar 2. 2 Deret Bowen (Wardoyo, 2016).....	7
Gambar 2. 3 Skema SEM (Sudradjat dan Bayuseno, 2014).....	13
Gambar 2. 4 Skema Analisis EDS (Sudradjat dan Bayuseno, 2014).	14
Gambar 3. 1 Bagan Alir.....	20
Gambar 4. 2 Hasil Citra SEM (a) Sampel 1 (b) Sampel 2 (c) Sampel 3	21
Gambar 4. 3 Grafik Hasil Analisis EDS Sampel 2.....	21
Gambar 4. 4 Grafik Hasil Analisis EDS Sampel 2.....	22
Gambar 4. 5 Grafik Hasil Analisis EDS Sampel 3.....	22
Gambar 4. 9 Peta Sebaran Senyawa Silikon dioksida (SiO ₂).....	23

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Skala kekerasan Relatif Mineral (Bonewitz, 2012).....	11
Tabel 4. 1 Hasil Analisis Metode EDS pada Sampel Batuan.....	22

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Kondisi geologi Pulau Sulawesi dan pulau-pulau kecil di sekitarnya menunjukkan kondisi yang kompleks. Lokasinya yang merupakan tempat tumbukan aktif dari tiga lempeng atau disebut juga *triple junction* menyebabkan hal tersebut. Ketiga lempeng tersebut adalah Lempeng Hindia-Australia, Lempeng Eurasia dan Lempeng Pasifik (Massinai, 2018). Berdasarkan kondisi geologi regionalnya, Pulau Sulawesi terbagi dalam beberapa mandala geologi. Salah satunya yaitu Mandala Geologi Sulawesi Barat atau yang disebut *Volcanic arc*.

Mineral adalah suatu zat anorganik dengan komposisi kimia tertentu. Mineral yang bergabung dengan mineral lainnya akan membentuk agregat padat yang disebut batuan. Setiap jenis batuan memiliki komposisi mineral dan sifat fisik serta umur yang berbeda-beda (Sultomi dkk., 2019)

Metode analisis *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) pada *Scanning Electron Microscopy* (SEM) merupakan salah satu metode untuk menganalisis dan mengetahui komposisi unsur kimia yang terkandung di dalam sampel secara kuantitatif (Oktamuliani dkk., 2015). Penelitian yang menggunakan SEM-EDS dilakukan di daerah manifestasi Panas Bumi Desa Mototompiaan Kecamatan Modayag Kabupaten Bolaang Mongondow Timur untuk mengidentifikasi komposisi mineral batuan teralterasi. Hasil identifikasi menunjukkan pada sampel 1 terdapat komposisi unsur yaitu Aluminium (Al), Silika (Si), Iron (Fe) dan pada

Sampel 2 memiliki kandungan unsur yaitu Aluminium (Al), Silika (Si), Iron (Fe) dan Cobalt (Co) (Hulungo dkk., 2022).

Dari penelitian di atas, menunjukkan bahwa metode SEM-EDS efektif digunakan untuk mengetahui mineral penyusun batuan. Berdasarkan gambaran penelitian di atas, untuk mengetahui kandungan mineral batuan, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut. Dengan demikian, maka dilakukan penelitian untuk mengetahui kandungan mineral penyusun batuan di Latuppa dengan menggunakan alat *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDS).

I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa saja kandungan mineral penyusun batuan?
2. Bagaimana sebaran mineral batuan di daerah?

I.3 Ruang Lingkup Penelitian

Pengambilan sampel batuan dilakukan pada 3 titik pengambilan sampel yang berbeda. Selanjutnya dilakukan pengujian sampel menggunakan alat *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDS) untuk mengetahui kandungan mineral dari sampel. Hasil dari penelitian ini merupakan peta sebaran kandungan mineral. Hasil dari penelitian ini diharapkan bisa menjadi referensi dan informasi guna pengembangan serta pemanfaatan sumber daya alam sekitar daerah penelitian.

I.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui kandungan mineral penyusun batuan.
2. Mengetahui sebaran mineral batuan.

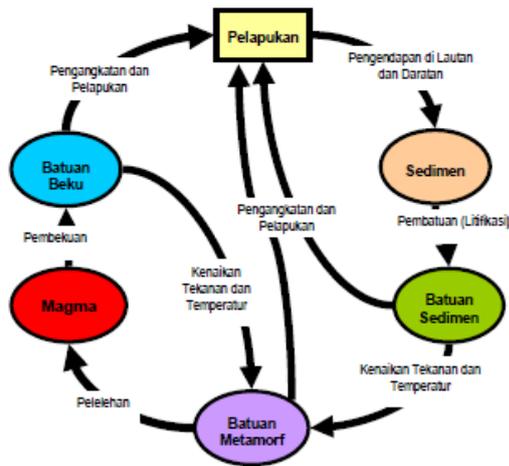
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Batuan

Pengetahuan atau ilmu geologi didasarkan studi terhadap batuan. Batuan adalah sebuah padatan yang terbentuk secara alami yang tersusun dari mineral dan mineraloid. Berdasarkan proses terbentuknya ada tiga kelompok batuan, yaitu batuan beku, batuan sedimen dan batuan metamorf. Akibat pengaruh waktu dan perubahan keadaan, terjadi perubahan-perubahan terhadap batuan yang disertai pembentukan kelompok batuan yang lainnya. Siklus perubahan satu kelompok batuan ke kelompok batuan lainnya disebut daur batuan. Berdasarkan sejarah terbentuknya bumi, tergambar bahwa awalnya permukaan bumi terdiri dari batuan beku (Fitri dkk., 2017). Batuan beku merupakan batuan yang terbentuk akibat dari pendinginan magma hingga membeku atau mengkristal di bawah permukaan bumi ataupun di permukaan bumi. Terbentuknya batuan beku terdiri dari magma cair yang mengandung cairan, gas dan kristal (Sari dkk., 2018)

Proses selanjutnya adalah batuan akan mengalami pelapukan dan erosi. Pelapukan yang terjadi karena akibat proses kimiawi dan fisik (Sari dkk., 2018). Kemudian hasil pelapukannya diangkut oleh udara dan air yang selanjutnya di endapkan dan berakumulasi di dalam cekungan pengendapan sehingga membentuk sedimen. Material-material sedimen tersebut kemudian terkompaksi, mengeras dan mengalami litifikasi sehingga terbentuk batuan sedimen. Daur batuan dapat digambarkan secara sederhana seperti pada gambar berikut (Fitri dkk., 2017).



Gambar 2. 1 Daur Batuan (Fitri dkk., 2017)

Batuan metamorf adalah batuan yang terbentuk akibat adanya perubahan suhu dan tekanan sekitar lingkungan. Batuan beku dan batuan sedimen akan menerima pengaruh tekanan dan temperatur yang tinggi sehingga mengalami transformasi dan perubahan fisik serta kandungan mineralnya. Metamorfisme batuan juga diartikan sebagai proses alterasi batuan akan tetapi tanpa melalui perubahan bentuk menjadi cair. Batuan akan selalu berubah agar mampu sesuai dengan keadaan sekitar lingkungan (Sari dkk., 2018).

II.2 Batuan Beku

Batuan beku atau batuan *igneus* (dari bahas latin: *ignis* yang berarti api) merupakan batuan yang terbentuk dari kristalisasi larutan magma yang mendingin. Larutan magma adalah larutan silikat pijar yang terbentuk secara alamiah dan bersifat mudah bergerak (Kristanto dkk., 2020). 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. 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.2.1 Magmatisme

Menurut Pranata dkk. (2018), dalam penelitian petrogenesis batuan beku dan karakteristik kekar tiang, terdapat tiga proses utama yang mempengaruhi komposisi primer magma hingga menjadi batuan. Adapun proses-proses yang terjadi adalah sebagai berikut:

1. Fraksinasi kristal

Fraksinasi kristal merupakan proses pemisahan kristal dalam fase cair yang menyebabkan beberapa kristal terbentuk lebih dahulu karena adanya perbedaan kondisi yang diperlukan untuk membentuknya.

2. Asimilasi

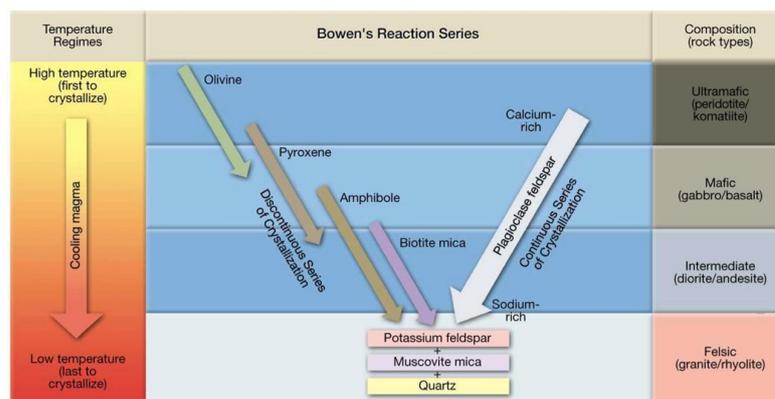
Asimilasi merupakan proses peleburan magma dengan lempengan yang terjadi saat magma bergerak dari dapur menuju permukaan. Jika magma granitik menembus batuan gabro (mineral augit & labradorite) maka magma tidak akan mampu mencairkan lapisan tersebut. Lain halnya apabila magma bersifat lebih basa dibanding lapisan batuan yang diterobos, maka magma akan mampu mencairkannya sehingga terbentuk magma yang bersifat menengah atau batuan *hybrid*.

3. Magma *mixing*

Magma *mixing* atau pencampuran magma terjadi apabila magma primitif masuk ke dalam tubuh magma, panasnya akan berpindah secara perlahan pada bagian yang terjadi kontak langsung tanpa perubahan yang terjadi secara tiba-tiba. Bagian paling bawah yang tidak terkontaminasi langsung akan mengalami fraksinasi dan bagian yang terkena kontak langsung akan mengalami perubahan secara perlahan.

II.2.2 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. 2 Deret Bowen (Wardoyo, 2016)

Menurut Abidin dan Palili (2011), dalam penelitian penentuan mineral bawah permukaan, mineral 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). 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., 2021).

II.3 Mineral

Mineral merupakan suatu benda padat homogen yang terbentuk secara anorganik di alam dengan komposisi kimia pada batas tertentu dan memiliki susunan atom teratur. Meskipun demikian ada beberapa jenis mineral yang terbentuk akibat penguraian atau perubahan residu sisa-sisa tanaman dan binatang, secara alamiah juga digolongkan ke dalam mineral, seperti batubara dan tanah diatom. Mineral umumnya berbentuk kristalin dengan sifat fisik dan kimia masing masing (Valentino dkk., 2019). Proses pembentukan mineral atau sering disebut proses mineralisasi pada batuan terbagi atas beberapa proses yang menghasilkan jenis mineral tertentu diantaranya yaitu proses magmatis, pegmatis, pneumatolisis, hidrotermal, *replacement*, sedimenter, evaporasi, konsentrasi residu mekanik dan *supergen enrichment* (Sukron, 2021).

II.3.1 Sifat Kimia Mineral

Hal dasar yang mempengaruhi sifat suatu mineral adalah komposisi kimia penyusun mineral tersebut (Sambari, 2022). Sifat-sifat mineral tidak hanya dipengaruhi oleh komposisi kimianya, melainkan geometri atom, ion penyusun dan sifat elektron pengikatnya juga sangat berpengaruh (Rafferty, 2012). Ada dua prinsip kimia yang berhubungan erat dengan kimia mineral yaitu Hukum Komposisi Tetap dan Teori atom Dalton (Sambari, 2022).

Mineral dapat diidentifikasi berdasarkan komposisi kimianya atau unsur penyusunnya. Para ilmuwan telah mengidentifikasi lebih dari 4000 mineral, tetapi kurang dari 20 mineral yang umum diketahui. Berdasarkan komposisi kimia mineral penyusun batuan dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama yaitu mineral silikat dan mineral non-Silikat (Allison et al., 2006).

1. Mineral silikat

Mineral silikat adalah mineral yang mengandung unsur silikon dan oksigen. Feldspars adalah mineral silikat yang paling umum. Selain kuarsa dan feldspar, mineral ferromagnesian yang kaya akan besi dan magnesium juga termasuk dalam jenis mineral silikat. Mineral tersebut antara lain olivin, piroksen, amfibol dan biotit. Kelompok mineral silikat membentuk sekitar 96% dari kerak bumi (Allison et al., 2006).

2. Mineral Non-Silikat

Sekitar 4% dari kerak bumi tersusun dari kelompok mineral non-Silikat. Terdapat enam kelompok utama mineral nonsilikat berdasarkan komposisi kimianya diantaranya yaitu karbonat, halida, *native element*, oksida, sulfat dan sulfida (Allison dkk., 2006).

II.3.2 Sifat Fisik Mineral

Sifat fisik dari suatu mineral dapat dipengaruhi langsung oleh sifat struktural dan sifat kimia dari mineral tersebut. Beberapa sifat fisik mineral dapat ditentukan dengan melakukan tes sederhana pada sampel yang ingin diketahui. Selain itu, dapat juga dilakukan tes lainnya dengan menggunakan teknik difraksi optik dan sinar-X. Kedua tes tersebut dalam pengujiannya memerlukan peralatan khusus yang mungkin melibatkan preparasi yang cukup rumit (Rafferty, 2012).

Berikut adalah sifat-sifat fisik mineral yang dapat dikenali sebagai berikut (Bonewitz, 2012):

1. Warna

Warna mineral merupakan kenampakan langsung yang dapat dilihat, namun warna pada mineral tidak bisa dijadikan dasar dalam menentukan jenis mineral. Beberapa mineral memiliki warna yang khas sehingga memudahkan untuk diidentifikasi. Warna pada mineral disebabkan karena penyerapan atau pembiasan cahaya dengan panjang gelombang tertentu. Salah satu penyebab hal tersebut dapat terjadi karena adanya elemen jejak atom asing yang bukan komposisi dasar kimia dalam struktur kristal dari mineral. Warna pada mineral juga dapat dihasilkan karena struktur mineral tersebut tidak cacat atau dengan kata lain tidak terdapat atom asing pada kristal.

2. Kilap

Kilap pada mineral merupakan tampilan permukaan karena pantulan cahaya. Ada dua jenis kilap pada mineral, yaitu kilap logam dan non-logam. Mineral dengan kilap non-logam biasanya lebih transparan seperti kaca. Kilap logam terdapat

pada mineral dengan permukaan yang cenderung menjadi buram seperti emas, perak atau tembaga.

3. Bidang Belah

Bidang belah muncul karena mineral memiliki kemampuan untuk pecah secara rata pada permukaan datar. Beberapa mineral juga dapat pecah ke arah selain di sepanjang bidang belahan. Hal ini terjadi di atom ikatan yang lemah dalam struktur kristal. Dengan adanya bidang belah ini, dapat memudahkan dalam mengidentifikasi mineral.

4. Kekerasan (*Hardness*)

Kekerasan mineral merupakan nilai relatif mudah atau sulitnya terjadi goresan pada mineral tersebut. Tingkat kekerasan mineral dapat diketahui dengan melihat perbandingan kemudahan atau kesulitan suatu mineral untuk menggores mineral lainnya. Mineral yang lebih keras pastinya mampu menggores mineral yang lebih lunak, namun sebaliknya mineral yang lunak tidak mampu menggores mineral yang lebih keras. Penentuan tingkat kekerasan suatu mineral dapat menggunakan skal *mohs*. Skala *mohs* merupakan skala kekerasan relatif mineral. Secara berurutan, tingkatan skala *mohs* dari 1-10 sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Skala kekerasan Relatif Mineral (Bonewitz, 2012)

Kekerasan	Mineral
1	<i>Talc</i>
2	<i>Gypsum</i>
3	<i>Calcite</i>
4	<i>Flourite</i>
5	<i>Apatite</i>
6	<i>Orthoclase</i>
7	<i>Quartz</i>

8	<i>Topaz</i>
9	<i>Corondum</i>
10	<i>Diamond</i>

5. Indeks Bias

Mineral dapat mengubah kecepatan dan arah cahaya saat melewati mineral yang transparan. Hal tersebut dapat diukur dengan indeks bias. Indeks bias merupakan rasio kecepatan cahaya di ruang hampa dengan kecepatan cahaya dalam kristal. Indeks bias dapat dilihat dengan menggunakan cairan khusus ataupun dengan alat sederhana.

6. Cerat

Cerat merupakan warna berupa bubuk yang dihasilkan ketika suatu sampel (mineral) digoreskan pada suatu permukaan. Cerat memiliki warna yang konsisten sehingga sangat berguna dalam mengidentifikasi mineral.

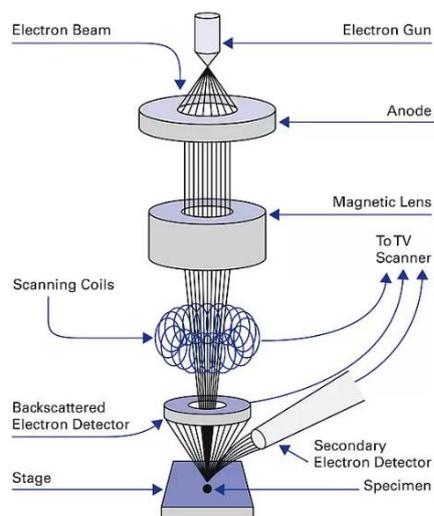
7. Berat jenis (*specific gravity*)

Setiap mineral memiliki berat jenis (*specific gravity*) (N/m^3) tertentu. Berat jenis merupakan perbandingan rasio antara massa suatu zat terhadap volume zat tersebut. Berat jenis mineral tergantung pada berat atom semua unsur penyusunnya dan cara atom tersusun bersama.

II. 4 Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy

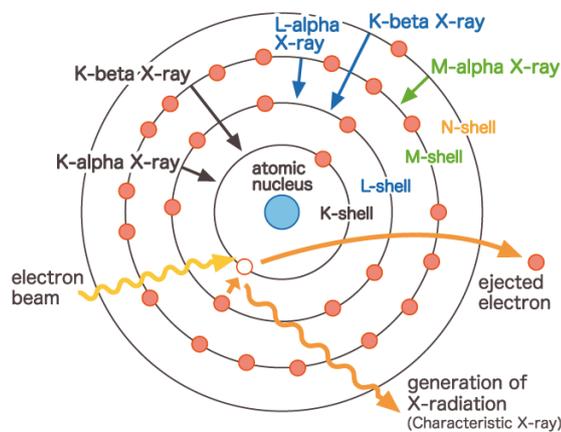
Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS) merupakan sebuah instrumen yang didasarkan pada analisis spektral radiasi sinar-X karakteristik yang dipancarkan dari atom sampel pada iradiasi

dengan berkas elektron yang difokuskan pada sampel dengan tujuan analisis kuantitatif dan kualitatif pada suatu elemen. Kemampuan alat ini untuk menginterpretasikan keberadaan mineral dan distribusinya pada sistem porositas batuan membuat alat ini umum digunakan dalam berbagai aplikasi, salah satunya yaitu untuk membedakan kandungan mineral dalam berbagai jenis batuan dari berbagai daerah di Indonesia. Penggunaan metode SEM-EDS untuk mengkarakterisasi jenis mineral pembentuk batuan merupakan penelitian awal yang dapat memberikan informasi mengenai jenis-jenis mineral yang terdapat dalam batuan dengan mengetahui kandungan unsur dan kandungan oksidanya, selain itu lewat penggunaan metode ini juga dapat mengidentifikasi sifat fisik dan kimia dari mineral tersebut. Identifikasi menggunakan alat SEM-EDS ini memiliki beberapa kelebihan, di antaranya; memberikan hasil yang lebih cepat dan akurat, metode yang digunakan juga sederhana, dan waktu penelitian yang singkat. Dalam pengukuran menggunakan metode ini, setiap sampel dianalisis dengan menggunakan analisis area (Julinawati dkk., 2015).



Gambar 2. 3 Skema SEM (Sudradjat dan Bayuseno, 2014).

Prinsip kerja alat ini dimulai dengan elektron *gun* akan menghasilkan sinar elektron yang dilengkapi dengan katoda filamen tungsten hingga mengenai sampel, kemudian difokuskan menggunakan elektron optik *columb* sebelum sinar elektron mengenai sampel. Sinar kemudian melewati *scanning coil* atau sepasang pelat deflektor. Pada saat sinar elektron primer berinteraksi dengan sampel, elektron akan kehilangan energi akibat hamburan acak yang berulang dan volume interaksi atau disebut penyerapan dari sampel yang membentang sekitar 100 nm hingga 5µm ke permukaan (Sudradjat dan Bayuseno, 2014).



Gambar 2. 4 Skema Analisis EDS (Sudradjat dan Bayuseno, 2014).

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 et al., 2021).

$$H = 0.033 \frac{A(E_0^{1.7} - E_C^{1.7})}{Z\rho} \quad (2.1)$$

Dengan,

H : Kedalaman penetrasi

A : Massa atom

E_0 : Percepatan tegangan (kV)

E_C : Tegangan percepatan minimum (keV)

ρ : *Density* (kg/m^3)

Z : Nomor atom

II. 5 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 (Hadi, 2013). Dalam pemetaan, interpolasi adalah proses estimasi nilai pada wilayah yang tidak diukur, sehingga terbentuk peta atau sebaran nilai pada seluruh wilayah (Pranomo, 2008). Salah satu metode interpolasi yang disediakan perangkat lunak SIG 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 dkk., 2018):

$$u(X) = \frac{\sum_{i=1}^N w_i(X)U_i}{\sum_{j=1}^N w_j(X)} \quad (2.2)$$

$$w_i(X) = \frac{1}{d(X,X_1)^p} \quad (2.3)$$

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.. Faktor faktor yang mempengaruhi akurasi hasil interpolasi IDW adalah nilai *power*, jarak sampel terhadap titik target yang ditaksir dan jumlah sampel atau data yang diikuti dalam perhitungan (Purnomo dan Wijaya, 2022).