

**SKRIPSI**

**ALTERASI HIDROTHERMAL DAERAH MATAJANG KABUPATEN  
BONE PROVINSI SULAWESI SELATAN**

**Disusun dan diajukan oleh**

**MUHAMMAD RIVANZA ASKHARI  
D061 18 1311**



**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2023**

**SKRIPSI**

**ALTERASI HIDROTHERMAL DAERAH MATAJANG KABUPATEN  
BONE PROVINSI SULAWESI SELATAN**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
(ST) pada Program Studi Teknik Geologi Departemen Teknik Geologi  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin*

**OLEH  
MUHAMMAD RIVANZA ASKHARI  
D061 18 1311**

**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA  
2023**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**ALTERASI HIDROTERMAL DAERAH MATAJANG KABUPATEN  
BONE PROVINSI SULAWESI SELATAN**

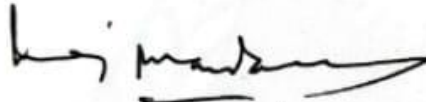
**Disusun dan diajukan oleh**

**MUHAMMAD RIVANZA ASKHARI  
D061181311**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi  
Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal 7 September 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

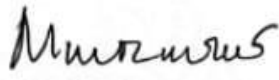
Menyetujui,

Pembimbing Utama



**Prof Dr. Eng. Adi Maulana, S.T., M.Phil**  
NIP. 19800428 200501 1 001

Pembimbing Pendamping



**Dr. Ir. Musri Ma'waleda, M.T.**  
NIP. 19611231 198903 1 019

Mengetahui

Ketua Departemen Teknik Geologi  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



**Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng**  
Nip. 19771214 200501 1 002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Rivanza Askhari

NIM : D061181311

Program Studi : Teknik Geologi

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

" Alterasi Hidrotermal Daerah Matajang Kecamatan Patimpeng Kabupaten Bone  
Provinsi Sulawesi Selatan "

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa 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 adalah hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 17 Oktober 2023

Yang menyatakan,

A handwritten signature in black ink is written over a 10000 Indonesian postage stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text '10000', 'METEKA TEMPEL', and the serial number '10367AKX709521674'. The signature is written in a cursive style across the stamp.

(Muhammad Rivanza Askhari)

## SARI

MUHAMMAD RIVANZA ASKHARI. *Alterasi Hidrotermal Daerah Matajang Kabupaten Bone Provinsi Sulawesi Selatan*. (dibimbing oleh Adi Maulana dan Musri Mawaleda)

Secara administratif lokasi penelitian terletak pada Daerah Matajang, Kecamatan Patimpeng, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan. Secara astronomis terletak pada  $120^{\circ} 07' 30''$  BT -  $120^{\circ} 09' 00''$  BT (Bujur Timur) dan  $04^{\circ} 50' 00''$  LS –  $04^{\circ} 51' 30''$  LS (Lintang Selatan).

Maksud dari penelitian ini untuk melakukan studi mengenai alterasi dan mineralisasi pada lokasi penelitian, adapun tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui karakteristik alterasi dan mineralisasi pada daerah penelitian, mengetahui paragenesa pembentukan mineral bijih dan untuk mengetahui tipe alterasi pada daerah penelitian.

Jenis analisis yang digunakan yaitu analisis petrografi dan mineragrafi. Analisis petrografi digunakan untuk mengetahui mineral alterasi serta mineral primer yang terdapat pada batuan asal sedangkan analisis mineragrafi digunakan untuk mengetahui jenis tekstur khusus dan mineralisasi.

Berdasarkan hasil penelitian maka diperoleh alterasi endapan porfiri dengan komposisi mineral sekunder meliputi: *pirit, kalkopirit, galena, bornite, serisit, chalcocite, azurite* dan mineral primer berupa *plagioklas, kuarsa, klinopiroksin* dan *opaq.* dengan tingkat intensitas alterasi sedang. Adapun zona alterasi berdasarkan himpunan mineral yaitu: zona alterasi *filik overprinting potasik.*

**Kata Kunci:** Mineral Alterasi, Filik, Potasik, intensitas alterasi, zona alterasi.

## **ABSTRACT**

**MUHAMMAD RIVANZA ASKHARI.** *Hydrothermal Alteration Area Matajang Distric Bone Regency South Sulawesi Province.* ( supervised by Adi Maulana and Musri Mawaleda)

*Administratively, the research area is located in Matajang of Patimpeng district, Bone Regency, South Sulawesi Province. Geographically, the research area is located at coordinates 120° 07' 30" BT - 120° 09' 00" East Longitude and 04° 50' 00" LS – 04° 51' 30" South Latitude.*

*The purpose of this research is to conduct a study on alteration and mineralization at the research location, while the purpose of this research is to determine the characteristics of alteration and mineralization in the study area, to determine the paragenesis of ore mineral formation and to determine the type of alteration in the study area.*

*The type of analysis used is petrographic and mineragraphic analysis. Petrographic analysis is used to determine alteration minerals and primary minerals found in the original rock, while mineragraphic analysis is used to determine the type of special texture and mineralization. Based on unofficial lithostratigraphy, the stratigraphy of the research area is divided into five rock units from the younger to the older, tufa unit, sandstone unit and limestone unit.*

*Based on the results of the study, alteration of porphyry deposits with secondary assemblage minerals is pirit, kalkopirit, galena, bornite, serisit, chalcocite, azurite and primary minerals is plagioklas, klinopiroksin, kuarsa and opaak with grade of intensity alteration is medium alteration. Alteration zone based assemblage minerals is filik overprinting potasik.*

**Keywords:** *Minerals Alteration, Filik, Potasik, Intensity Alteration, Alteration Zone.*

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nyalah sehingga penulisan skripsi yang berjudul “*Alterasi Hidrotermal Daerah Matajang Kabupaten Bone Provinsi Sulawesi Selatan*“ dapat penulis selesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membimbing, mengarahkan dan membantu penulis dalam penyusunan laporan ini, antara lain :

1. Bapak Prof. Dr. Eng. Adi Maulana. S.T., M. Phil. sebagai Pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing saya selama mengadakan penelitian dan penyusunan laporan ini.
2. Bapak Dr. Ir. Musri Ma'waleda, M.T, sebagai Pembimbing Pemetaan yang telah membimbing saya selama mengadakan penelitian dan penyusunan laporan ini. Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng sebagai Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Dr. Ir. Musri Ma'waleda, M.T, sebagai Penasehat Akademik yang telah mengarahkan dan memberikan masukan kepada saya selama ini.
5. Bapak Dr. Ir. Kaharuddin MS, M.T., selaku dosen penguji yang telah memberikan arahan dan masukan
6. Bapak Safruddim, S.T., M.Eng, selaku dosen penguji yang telah memberkan arahan dan masukan
7. Kedua Orang tua yang tanpa pamrih memberikan dukungan baik moril maupun materil.

8. Om Budi dan keluarga yang senantiasa membantu selama melakukan Pemetaan Geologi di Kabupaten Bone.
9. Kak Nur Ihsan, S.T yang senantiasa membimbing dan mengajarkan setiap kegiatan selama proses pembuatan laporan ini berjalan.
10. Muhammad Agung, Yusril Ichsan dan Rafly Pratama yang telah menemani melakukan pemetaan geologi di Kabupaten Bone selama seminggu, menjaga dan dengan sabar membantu dalam pengambilan conto batuan serta dokumentasi di lapangan.
11. Himpunan Mahasiswa Geologi FT-UH, khususnya Angkatan 2018 “XENOLITH” atas dukungan dan bantuannya.
12. Seluruh pihak yang telah membantu, terima kasih atas dukungan dan bantuannya.

Penulis menyadari bahwa dalam laporan pemetaan ini masih banyak terdapat kekurangan dalam penyusunannya, oleh karena itu penulis mengharapkan adanya masukan dari pembaca baik berupa saran maupun kritikan demi kesempurnaan tulisan selanjutnya.

Akhir kata, semoga laporan hasil pemetaan geologi ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca, khususnya bagi penulis. Amin

Gowa, Februari 2023

Penulis

Muhammad Rivanza Askhari



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>SARI</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Batasan Masalah .....	2
1.3 Maksud dan Tujuan.....	2
1.4 Alat dan Bahan .....	3
1.5 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Geologi Regional .....	5
2.1.1 Geomorfologi Regional.....	5
2.1.2 Stratigrafi Regional .....	6
2.1.3 Struktur Geologi Regional.....	6
2.1.4 Sumber Daya Mineral Dan Energi.....	7
2.2 Alterasi Hidrotermal.....	8
2.2.1 Zona Alterasi Hidrotermal.....	11
2.2.2 Endapan Hidrotermal.....	17
2.2.3 Tekstur Khusus.....	18
2.2.3.1 Mineral Sulfida.....	25

<b>BAB III METODE DAN TAHAPAN PENELITIAN</b> .....	32
3.1 Metode Penelitian.....	32
3.2 Tahapan Penelitian.....	32
3.2.1 Tahap Persiapan.....	33
3.2.2 Tahap Pengambilan Data .....	33
3.2.3 Tahap Pengolahan Data.....	33
3.2.4 Tahap Penyusunan Laporan.....	34
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	36
4.1 Geologi Daerah Matajang .....	36
4.2 Geomorfologi Daerah Matajang .....	36
4.2.1 Satuan Geomorfologi Daerah Matajang.....	36
4.3 Stratigrafi Daerah Penelitian .....	37
4.3.1 Satuan Basal.....	37
4.4 Struktur Daerah Penelitian.....	39
4.5 Hasil Penelitian.....	41
4.5.1 Analisis Petrologi.....	42
4.5.2 Analisis Petrografi Dan Mineragrafi.....	45
4.6 Pembahasan.....	56
4.6.1 Alterasi Dan Mineralisasi Daerah Penelitian.....	56
4.6.2 Intensitas Ubahan.....	57
4.6.3 Paragenesa.....	59
4.7 Genesa.....	62
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	65
8.1 Kesimpulan.....	65
8.2 Saran.....	66
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	67

## **LAMPIRAN**

Peta stasiun

Peta Geologi

Peta Geomorfologi

Peta Tipe Alterasi

Peta Tipe Mineralisasi

Deskripsi Petrografi

Deskripsi Minergrafi

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Hal
1.1 Peta Tunjuk Lokasi Daerah Penelitian.....	4
2.1 Peta Geologi Regional Daerah Penelitian.....	5
2.2 Mneral Indikator Sebagai Geotermometer.....	11
2.3 Himpunan Mineral Alterasi Dalam Sistem Hidrotermal Berdasarkan Hubungan Temperatur Dan Ph Larutan (Corbett And Leach,1996).....	13
2.4 Gambar Yang Menunjukkan Beberapa Kenampakan Tekstur Pengisian (Guilbert dan Park,1986).....	21
2.5 Kenampakan Yang Menunjukkan Tekstur Penggantian (Guilbert Dan Park,1986).....	22
2.6 Kenanmpakan Tekstur Akibat Proses Pendinginan (Evans,1987).....	24
2.7 Mineral Pirit.....	25
2.8 Mineral Kalkopirit.....	27
2.9 Mineral Bornit.....	28
2.10 Mineral Azurite.....	29
2.11 Mineral Sphalerit.....	30
2.12 Mineral Kalkosit.....	31
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	35
4.1 Kenampakan Singkapan Basal Pada Daerah Matajang Pada Stasiun 04.....	38
4.2 Kenampakan Petrografi Basal Pada Stasiun 04 yang tersusun oleh mineral plagioklas (plg), piroksin (px) dan kuarsa (qz).....	39
4.3 Pengolahan Data Kekar.....	40
4.4 Kenampakan Megaskopis Basal Pada Stasiun 004.....	42

4.5	Kenampakan Megaskopis Andesit (x) dan Kenampakan pillow lava (y) pada stasiun 002.....	43
4.6	Kenampakan Megaskopis Batuan Yang Telah Teralterasi Pada Stasiun 010.....	44
4.7	Kenampakan Nikol Sejajar (a) dan Kenampakan Nikol Silang Mikroskopis Basal.....	45
4.8	Fotomikrograf Sayatan Poles ST 001 Terdiri Dari Mineral Pirit (py), kalkopirit (ccp) dan mineral kalkosit (cc).....	46
4.9	Kenampakan Nikol Sejajar (a) dan Kenampakan Nikol Silang Mikroskopis Basal Pada Stasiun 003.....	47
4.10	Kenampakan Nikol Sejajar (a) dan Kenampakan Nikol Silang Mikroskopis Basal Pada Stasiun 004.....	47
4.11	Fotomikrograf Sayatan Poles ST 004 Terdiri Dari Mineral Pirit (py), kalkopirit (ccp) dan mineral kalkosit (cc).....	48
4.12	Kenampakan Nikol Sejajar (a) dan Kenampakan Nikol Silang Mikroskopis Basal Pada Stasiun 005.....	49
4.13	Fotomikrograf Sayatan Poles ST 005 Terdiri Dari Mineral Pirit (py), dan mineral kalkosit (cc).....	49
4.14	Kenampakan Nikol Sejajar (a) dan Kenampakan Nikol Silang Mikroskopis Basal Pada Stasiun 016.....	50
4.15	Fotomikrograf Sayatan Poles ST 016 Terdiri Dari Mineral Pirit (py), dan mineral kalkosit (cc).....	50
4.16	Kenampakan Nikol Sejajar (a) dan Kenampakan Nikol Silang Mikroskopis Basal Pada Stasiun 019.....	51
4.17	Kenampakan Nikol Sejajar (a) dan Kenampakan Nikol Silang Mikroskopis Andesit Pada Stasiun 002.....	52
4.18	Kenampakan Nikol Sejajar (a) dan Kenampakan Nikol Silang Mikroskopis Andesit Pada Stasiun 018.....	53
4.19	Fotomikrograf Sayatan Poles ST 010 Terdiri Dari Mineral kalkopirit (Ccp), mineral bornite (Bn) dan mineral azurite (Az).....	54
4.20	Fotomikrograf Sayatan Poles ST 013 Terdiri Dari Mineral kalkopirit (Ccp),.....	55

- 4.21 Fotomikrograf Sayatan Poles ST 020 Terdiri Dari Mineral kalkopirit (Ccp), mineral bornite (Bn) dan mineral pirit (py).....55
- 4.22 Pengamatan Mikroskop Pada Nikol Sejajar (a) Tekstur Open Space Filling Pada Mineral Pirit (b), Tekstur Replacement Mineral Spahlerit Pada Pirit, (c), Tekstur Intergrowth Pada Mineral Bornite dan Azurit (d) Tekstur Replacment Kalkosit Pada Mineral Pirit.....59
- 4.23 Skema Endapan VMS Yang Beraosiasi Dengan Sedimen (Besshi-Type), (Goodfellow & Zierenberg,1999).....64

## DAFTAR TABEL

Tabel		Hal
2.1	Tipe-tipe alterasi berdasarkan himpunan mineralnya (Gulbbert dan Park, 1986).....	12
4.1	Hasil pengamatan petrografi dan mineragrafi .....	41
4.2	Mineral ubahan dan Intensitas Ubahan berdasarkan hasil pengamatan petrografi.....	56
4.3	Himpunan mineral alterasi (Gullbert dan Park, 1986) .....	57
4.4	Intensitas ubahan batuan (Morisson ,1995) .....	58
4.5	Mineral bijih yang teridentifikasi dari hasil pengamatan mineragrafi.....	58
4.6	Paragenesis mineral bijih.....	60
4.7	Karakteristik endapan mineral daerah matajang .....	61

# **BAB I PENDAHULUAN**

## **1.1 Latar Belakang**

Pemanfaatan sumber daya alam, khususnya sumberdaya mineral merupakan salah satu aspek yang paling menjanjikan untuk dikelola sebagai sumber pembiayaan dan pembangunan bagi daerah, akan tetapi pemanfaatan sumberdaya mineral ini memerlukan penyajian informasi geologi yang lengkap, akurat, dan informatif sehingga dapat dijadikan bahan acuan studi kelayakan dalam pengelolaannya.

Endapan hidrotermal merupakan salah satu endapan mineral yang memiliki hubungan yang sangat erat antara larutan hidrotermal dengan perubahan mineralogi pada batuan. Adanya kumpulan mineral ubahan dapat menjadi petunjuk dalam menentukan tipe alterasi dan mineralisasi pada suatu endapan mineral.

Salah satu bukti adanya alterasi hidrotermal adalah kehadiran urat yang memiliki kadar mineral logam dan juga adanya ubahan pada batuan samping. Urat merupakan daerah tempat mineralisasi bijih terjadi dan membentuk tubuh yang diskordan (memotong tubuh batuan yang ada di sekelilingnya). Kebanyakan urat-urat terbentuk pada zona-zona patahan atau mengisi rongga-rongga pada batuan atau daerah rekahan. Batuan yang telah teralterasi tentunya akan membentuk suatu tekstur khusus, dimana dari tekstur khusus tersebut dapat menunjukkan proses atau jenis endapannya. Selain itu, studi tentang alterasi juga dapat dikembangkan melalui sayatan tipis dan poles untuk mengetahui mineral ubahan dan mineral



bijih yang terkandung di dalamnya melalui analisis petrografi dan mineragrafi. Hal inilah yang mendorong penulis untuk melakukan penelitian yang lebih detail mengenai “Alterasi Hidrotermal Daerah Matajang Kecamatan Patimpeng Kabupaten Bone Provinsi Sulawesi Selatan” agar diperoleh data yang nantinya sebagai penunjang informasi geologi.

## **1.2 Batasan Masalah**

Pada penelitian yang akan dilakukan ini dibatasi pada identifikasi karakteristik alterasi dan mineralisasi daerah Matajang yaitu mengenai jenis mineral alterasi yang terbentuk, tipe alterasi pada daerah penelitian, mineral bijih yang terbentuk, tekstur khusus mineral, paragenesa mineral bijih dan tipe endapan hidrotermal daerah penelitian dengan melakukan analisis laboratorium berupa analisis petrografi dan mineragrafi,

## **1.3 Maksud Dan Tujuan**

Maksud dari penelitian ini adalah melakukan studi mengenai alterasi dan mineralisasi Daerah Matajang Kabupaten Bone Provinsi Sulawesi Selatan.

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik alterasi dan mineralisasi pada daerah penelitian.
2. Mengetahui paragenesa pembentukan mineral bijih pada daerah penelitian.
3. Mengetahui tipe endapan hidrotermal pada daerah penelitian.

#### 1.4 Alat dan Bahan

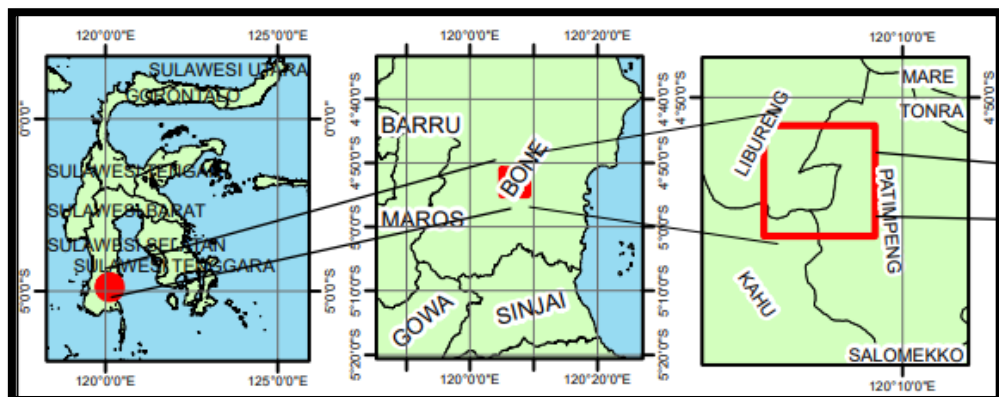
Adapun alat dan bahan yang digunakan selama penelitian berlangsung adalah sebagai berikut :

1. Peta Topografi berskala 1 : 25.000 yang merupakan hasil pembesaran dari peta rupa bumi skala 1 : 50.000 terbitan Bakosurtanal.
2. Kompas Geologi
3. Palu Geologi
4. *Global Positioning System (GPS)*
5. Loupe dengan pembesaran 10 x
6. Komparator
7. Pita Meter
8. Buku catatan lapangan
9. Kantong sampel
10. Larutan HCl (0,1 M)
11. Kamera digital
12. Alat tulis menulis
13. *Clipboard*
14. Ransel lapangan
15. Busur dan Penggaris
16. Perlengkapan pribadi

## 1.5 Lokasi Dan Waktu Penelitian

Secara administratif daerah penelitian termasuk dalam Daerah Matajang Kecamatan Patimpeng Kabupaten Bone Provinsi Sulawesi Selatan. Secara astronomis daerah penelitian terletak pada pada koordinat  $120^{\circ}07'30''$  BT -  $120^{\circ}09'00''$  BT (Bujur Timur) dan  $4^{\circ}50'00''$  LS -  $4^{\circ}51'30''$  LS (Lintang Selatan)

Daerah penelitian termasuk dalam Lembar Camming, nomor 2111-11 Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1 : 50.000 yang diterbitkan Bakosurtanal edisi I tahun 1991 (Cibinong, Bogor) Daerah penelitian berjarak  $\pm$  145 Km dari Kabupaten Gowa Menuju lokasi penelitian selama  $\pm$  3.5 jam, dengan menggunakan kendaraan darat.

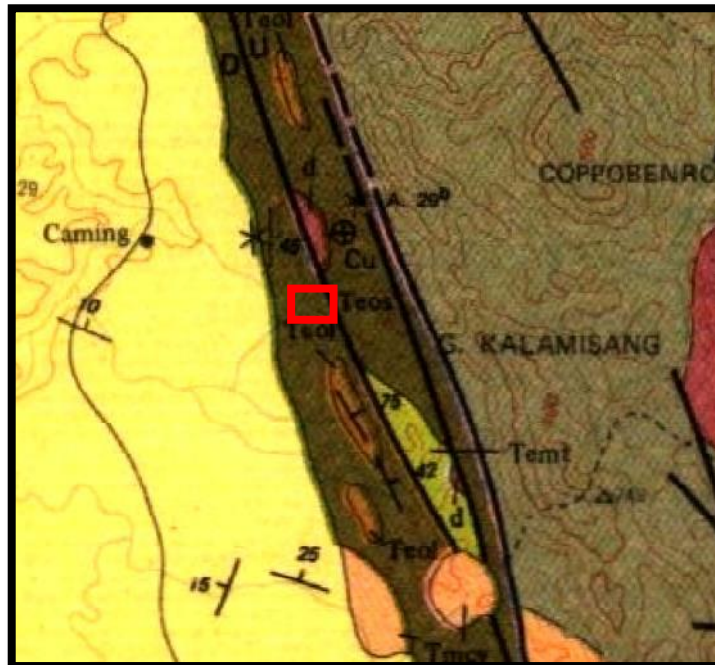


**Gambar 1.1** Peta tunjuk lokasi daerah penelitian

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Geologi Regional

Secara Regional, geologi daerah penelitian termasuk ke dalam Formasi Salo Kalupang. ( Lampiran Peta Geologi ). Adapun litologi yang dijumpai pada lokasi penelitian yaitu batuan basal dan andesit.



**Gambar 2.1** Peta Geologi Regional Daerah Penelitian

#### 2.1.1 Geomorfologi Regional

Peta Geologi Regional Lembar Pangkajene dan Watampone bagian Barat (Rab. Sukanto dan Supriatna S, 1982) Ditinjau dari geomorfologi regional, daerah penelitian terdapat dua baris pegunungan yang memanjang hamper sejajar pada arah utara-barat laut dan terpisahkan oleh lembah sungai Walane. Pegunungan yang barat menempati hamper setengah luas daerah, melebar di

bagian selatan (50 Km) dan menyempit di bagian utara (22 Km). puncak tertingginya 1694 m, sedangkan ketinggian rata-ratanya 1500 m, pembentuknya sebagian besar batuan gunungapi. Di lereng barat dan di beberapa tempat di lereng timur terdapat topografi kras, pencerminan adanya batugamping. Di antara topografi kras di lereng barat terdapat daerah perbukitan yang di bentuk oleh batuan Pra-Tersier. Pegunungan ini di baratdaya dibatasi oleh dataran Pangkajene-Maros yang luas sebagai lanjutan dari dataran di selatannya.

### **2.1.2 Stratigrafi Regional**

Stratigrafi regional daerah penelitian dalam Peta Geologi Regional Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat (Rab. Sukanto dan Supriatna S., 1982) sesuai dengan yang dijumpai di daerah penelitian sebagai berikut :

Teos FORMASI SALO KALUPANG: batupasir, serpih dan batulempung berselingan dengan konglomerat gunungapi, breksi dan tufa bersisipan lava, batugamping dan napal, batulempung, serpih dan batupasir di beberapa tempat tercirikan oleh warna merah, coklat, kelabu dan hitam; setempat mengandung fosil moluska dan foraminifera, terutama di dalam lapisan batugamping dan napal pada umumnya gampingan. Padat dan sebagian dengan urat kalsit, sebagian serpihnya sabakan. Berdasarkan fosil foraminifera menunjukkan kisaran umur Eosen Awal- Oligosen Akhir.

### **2.1.3 Struktur Geologi Regional**

Batuan tua yang masih dapat diketahui kedudukan stratigrafi dan tektonikanya adalah sedimen flych Formasi Balangbaru dan Formasi Marada,

bagian bawah tak selaras menindih satuan yang lebih tua dan bagian atasnya ditindih takselaras oleh batuan yang lebih muda. Batuan yang lebih tua merupakan masa yang terimbrikasi melalui sejumlah sesar sungkup, terbreksikan, tergerus terdaunkan dan sebagian tercampur menjadi melange. Oleh karena itu kompleks batuan ini dinamakan Komplek Tektonik Bantimala. Sesar utama yang berarah utara-baratlaut, terjadi sejak Miosen Tengah dan tumbuh sampai setelah Pliosen, perlipatan besar yang berarah hampir sejajar dengan sesar utama diperkirakan terbentuk sehubungan dengan adanya, tekanan mendatar berarah kira-kira timur-barat pada waktu sebelum akhir Pliosen. Tekanan ini mengakibatkan pula adanya sesar sungkup lokal yang menyasarkan batuan pra-kapur Akhir di Daerah Bantimala yang kemudian tertekan batuan tersier.

Penyesaran yang relatif lebih kecil di bagian timur Lembar Walanae dan bagian barat pegunungan barat yang berarah baratlaut-tenggara dan merencong, kemungkinan besar terjadi oleh gerakan mendatar ke kanan sepanjang sesar besar.

#### **2.1.4 Sumber Daya Mineral Dan Energi**

Gejala mineralisasi yang didapatkan di daerah Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat ialah sebagai berikut :

Sebuah urat kuarsa yang mengandung sulfida tembaga dan malasit tersingkap pada sentuhan retas diorite di dalam batuan klastika Teos kira-kira 30 km sebelah timurlaut Camba. Hasil analisis oleh Direktorat Geologi (197) memperlihatkan kandungan Cu, 11,19% dan Zn 1,58%. Kromit ditemukan dalam batuan ultrabasa di timur Barru dan di timurlaut Pangkajene, terutama pada bagian yang berlapis berupa lensa atau buncak. Lapisan batubara ditemukan di beberapa tempat di

dalam Formasi Malawa.

## 2.2 Alterasi Hidrotermal

Alterasi hidrotermal adalah perubahan komposisi mineral dari suatu batuan akibat adanya interaksi antara larutan hidrotermal dengan batuan yang dilewatinya. Proses alterasi akan menyebabkan berubahnya mineral primer menjadi mineral sekunder yang kemudian disebut dengan mineral yang teralterasi (*alteration minerals*). Alterasi hidrotermal merupakan proses yang kompleks, meliputi perubahan secara mineralogi, kimia dan tekstur yang dihasilkan dari interaksi larutan hidrotermal dengan batuan sampling (*wall rock*) yang dilaluinya pada kondisi kimia-fisika tertentu (Pirajno, 1992).

Banyak variabel yang mempengaruhi formasi mineral alterasi dalam sistem hidrotermal. Menurut Corbett and Leach (1996), ada 6 (enam) faktor utama yang mempengaruhi mineral alterasi, yaitu :

### 1. Temperatur

Temperatur yang meningkat akan mempengaruhi stabilitas dan akan membentuk mineral yang lebih sedikit kandungan airnya. Ini khususnya terlihat pada mineralogi silika lempung yang pada temperatur yang lebih tinggi akan membentuk urutan mineral-mineral seperti smektit, smektit-illit, illit-smektit, illit dan mika putih. Temperatur juga mempengaruhi tingkat kristalisasi suatu mineral. Temperatur yang lebih tinggi akan membentuk fase yang lebih kristalin. Contohnya kaolin dengan bentuk yang tidak teratur terbentuk pada suhu yang rendah, pada suhu yang lebih tinggi akan terbentuk mineral dengan bentuk kristal yang baik.

## 2. Komposisi kimia fluida

Komposisi fluida sangat mempengaruhi mineralogi alterasi, dengan temperatur yang akan mempengaruhi posisi batas fase. Yang lebih penting dari konsentrasi absolut adalah perbandingan unsur utama seperti  $a\text{Na}^+/a\text{H}^+$ ,  $a\text{K}^+/a\text{H}^+$ .

## 3. Konsentrasi/kepekatan

Konsentrasi absolut pada fluida hidrotermal berpengaruh pada tipe mineralogi alterasi, karena ini mempengaruhi derajat kejenuhan yang berkenaan dengan mineral-mineral tertentu.

## 4. Komposisi batuan induk

Komposisi batuan induk juga berpengaruh sangat luas pada tipe mineralogi alterasi. Mineralogi skarn terbentuk pada batuan induk calcareous/gamping. Adularia sebagai bentuk sekunder dari K-feldspar akan dijumpai pada batuan induk yang kaya potasium (contoh riolit atau monzonit). Paragonit (Na-mika) pada kondisi tertentu merupakan produk alterasi dari albit, seperti juga monzonit yang terbentuk dari alterasi feldspar potasik.

## 5. Lama aktivitas atau derajat kesetimbangan

Durasi dari sistem hidrotermal, atau waktu selama permeabilitas masih terbuka menentukan apakah kesetimbangan telah tercapai antara sirkulasi fluida dan batuan induk.

## 6. Permeabilitas

Permeabilitas memiliki pengaruh yang nyata yang membuat batuan induk berhubungan langsung dengan sirkulasi fluida hidrotermal. Alterasi filik dan argilik biasanya berbatasan langsung dengan struktur utama atau dengan sistem

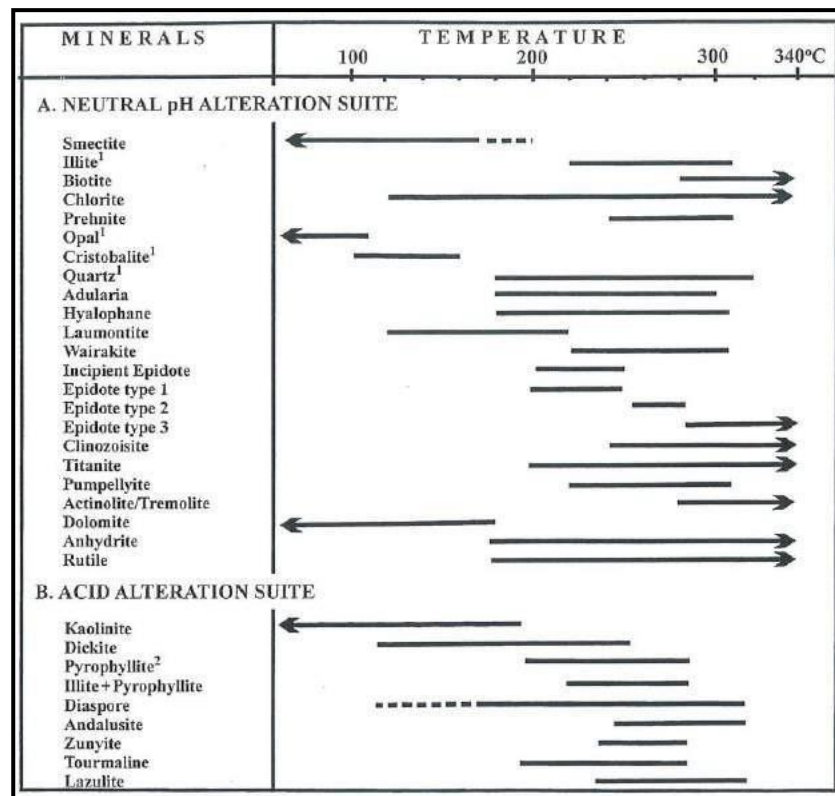


vein dimana fluida memiliki pH di bawah normal dikarenakan gas-gas yang larut, sedangkan alterasi propilitik biasanya terdapat pada batuan induk dengan permeabilitas rendah dan jauh dari jalur fluida utama.

Walaupun faktor-faktor di atas saling terkait, tetapi temperatur dan kimia fluida kemungkinan merupakan faktor yang paling berpengaruh pada proses alterasi hidrotermal (Corbett and Leach, 1996). Henley dan Ellis (1983) dalam Sutarto (2002) mempercayai bahwa alterasi hidrotermal pada sistem epitermal tidak banyak bergantung pada komposisi batuan dinding, akan tetapi lebih dikontrol oleh kelulusan batuan, temperatur, dan komposisi fluida. tidak banyak bergantung pada komposisi batuan dinding, akan tetapi lebih dikontrol oleh kelulusan batuan, temperatur, dan komposisi fluida.

Dalam beberapa sistem hidrotermal, pembagian mineral alterasi juga dilakukan berdasarkan kehadiran mineral lempung dan kalk-silika. Pengelompokan mineral penciri temperatur berdasarkan kehadiran mineral lempung ini didasari pengertian bahwa mineral yang sangat sensitif terhadap perubahan temperatur adalah mineral dengan kandungan gugus OH dan H<sub>2</sub>O, mineral tersebut meliputi mineral-mineral lempung dan zeolit. Alterasi hidrotermal merupakan konversi dari gabungan beberapa mineral membentuk mineral baru yang lebih stabil di dalam kondisi temperatur, tekanan dan komposisi hidrotermal tertentu (Reyes, 1990). Mineralogi batuan alterasi dapat mengindikasikan komposisi atau pH fluida hidrotermal (Henley dkk., 1984 dalam Hedenquist, 1994). Kehadiran mineral-mineral hasil dari proses alterasi juga sangat bermanfaat dalam memberikan petunjuk tentang kondisi suhu dan tekanan

dimana mereka terbentuk dibawah permukaan. Berikut merupakan klasifikasi yang dijadikan petunjuk untuk menentukan kondisi suhu pembentukan mineral alterasi hidrotermal.



**Gambar 2.2** Mineral Indikator sebagai Geotermometer (Reyes, 1990)

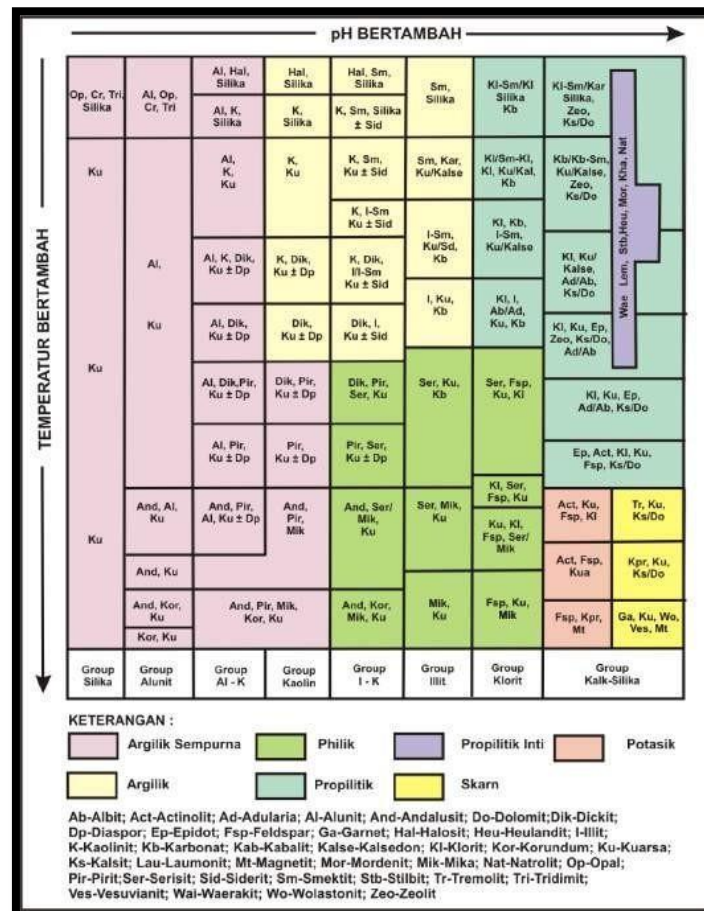
### 2.2.1 Zona Alterasi Hidrotermal

Umumnya pengelompokkan tipe alterasi didasarkan pada keberadaan himpunan mineral-mineral tertentu yang dijumpai pada suatu endapan. Suatu daerah yang memperlihatkan penyebaran kesamaan himpunan mineral alterasi disebut dengan zona alterasi (Guilbert and Park, 1986). Berikut tabel pembagian tipe alterasi berdasarkan himpunan mineralnya oleh Guilbert and Park (1986)

**Tabel 2.1** Tipe-tipe alterasi berdasarkan himpunan mineralnya (Guilbert and Park, 1986)

Tipe	Mineral Kunci	Mineral Asesoris	Keterangan
Propilitik	Klorit Epidot Karbonat	Albit Kuarsa Kalsit Pirit Lempung/illit Oksida besi	Temperatur 200 – 300°C , Salinitas beragam, PH mendekati netral , Daerah dengan permeabilitas rendah
Argilik	Smektit Montmorilonit Illit-smektit Kaolinit	Pirit Klorit Kalsit Kuarsa	Temperatur 100 – 300°C, Salinitas rendah, PH asam – netral .
Argilik lanjut (temperatur rendah)	Kaolinit Alunit	Kalsedon Kristobalit Kuarsa Pirit	Temperatur 180°C PH asam
Argilik lanjut (temperatur tinggi)	Pirofilit Diaspor Andalusit	Kuarsa Tourmalin Enargit Luzonit	Temperatur 250 – 350°C, PH asam
Potasik	Adularia Biotit Kuarsa	Klorit Epidot Pirit Illit-serisit	Temperatur > 300°C, Salinitas tinggi, Dekat dengan batuan intrusi .
Filik	Kuarsa Serisit Pirit	Anhidrit Pirit Kalsit Rutil	Temperatur 230 – 400°C, Salinitas beragam, PH asam – netral, Zona tembus air pada batas urat .
Serisitik	Serisit (illit) Kuarsa Muskovit	Pirit Illit-serisit	-
Silisifikasi	Kuarsa	Pirit Illit-serisit Adularia	-

Gambar 2.3 memperlihatkan zona alterasi yang ditunjukkan oleh himpunan mineral tertentu berdasarkan hubungan temperature dan pH larutan yang dibuat oleh Corbett and Leach (1996).



**Gambar 2.3** Himpunan mineral alterasi dalam sistem hidrotermal berdasarkan hubungan temperatur dan pH larutan (Corbett and Leach, 1996)

Adapun macam-macam tipe alterasi yang umumnya dijumpai pada endapan hidrotermal yaitu antara lain :

1. Propilitik

Dicirikan oleh kehadiran klorit disertai dengan beberapa mineral epidot, illit/serisit, kalsit, albit, dan anhidrit. Terbentuk pada temperatur 2000-3000C pada pH mendekati netral, dengan salinitas beragam, umumnya pada daerah yang mempunyai permeabilitas rendah. Menurut Creasey (1966) dalam Sutarto (2002),

terdapat empat kecenderungan himpunan mineral yang hadir pada tipe propilitik, yaitu : a). klorit – kalsit – kaolinit, b). klorit – kalsit – talk, c). klorit – epidot – kalsit, d). klorit – epidot.

## 2. Argilik

Pada tipe argilik terdapat dua kemungkinan himpunan mineral, yaitu muskovit-kaolinit-monmorilonit dan muskovit-klorit-monmorilonit. Himpunan mineral pada tipe argilik terbentuk pada temperatur 1000-3000C (Pirajno, 1992) fluida asam-netral, dan salinitas rendah.

## 3. Potasik

Zona potasik merupakan zona alterasi yang berada pada bagian dalam suatu sistem hidrotermal dengan kedalaman bervariasi yang umumnya lebih dari beberapa ratus meter. Zona alterasi ini dicirikan oleh mineral ubahan berupa biotit sekunder, K Feldspar, kuarsa, serisit dan magnetit. Pembentukan biotit sekunder ini dapat terbentuk akibat reaksi antara mineral mafik terutama hornblend dengan larutan hidrotermal yang kemudian menghasilkan biotit, feldspar maupun piroksin. Dicirikan oleh melimpahnya himpunan muskovit-biotit-alkali feldspar-magnetit. Anhidrit sering hadir sebagai aksesoris, serta sejumlah kecil albit, dan titanit(sphene) atau rutil kadang terbentuk. Alterasi potasik terbentuk pada daerah yang dekat batuan beku intrusif yang terkait, fluida yang panas (>3000C), salinitas tinggi, dan dengan karakter magmatik yang kuat.

## 4. Filik

Zona alterasi ini biasanya terletak pada bagian luar dari zona potasik. Batas zona alterasi ini berbentuk circular yang mengelilingi zona potasik yang

berkembang pada intrusi. Zona ini dicirikan oleh kumpulan mineral serisit dan kuarsa sebagai mineral utama dengan mineral pirit yang melimpah serta sejumlah anhidrit. Mineral serisit terbentuk pada proses hidrogen metasomatis yang merupakan dasar dari alterasi serisit yang menyebabkan mineral feldspar yang stabil menjadi rusak dan teralterasi menjadi serisit dengan penambahan unsur H<sup>+</sup>, menjadi mineral phylosilikat atau kuarsa. Zona ini tersusun oleh himpunan mineral kuarsa-serisit-pirit, yang umumnya tidak mengandung mineral-mineral lempung atau alkali feldspar. Kadang mengandung sedikit anhidrit, klorit, kalsit, dan rutil. Terbentuk pada temperatur sedang-tinggi (2300-4000C), fluida asam-netral, salinitas beragam, pada zona permeabel, dan pada batas dengan urat.

5. Propilitik dalam ( *inner propylitic* )

Zona alterasi pada sistem epitermal sulfidasi rendah (fluida kaya klorida, pH mendekati netral) umumnya menunjukkan zona alterasi seperti pada sistem porfiri, tetapi menambahkan istilah *inner propylitic* untuk zona pada bagian yang bertemperatur tinggi (>3000C), yang dicirikan oleh kehadiran epidot, aktinolit, klorit, dan illit (Sutarto, 2002).

6. Argilik lanjut ( *advanced argilic* )

Untuk sistem epitermal sulfidasi tinggi (fluida kaya asam sulfat), ditambahkan istilah *advanced argilic* yang dicirikan oleh kehadiran himpunan mineral pirofilit + diaspor + andalusit + kuarsa + turmalin + enargit-luzonit (untuk temperatur tinggi, 2500-3500C), atau himpunan mineral kaolinit + alunit + kalsedon + kuarsa + pirit (untuk temperatur rendah, < 1800C) (Sutarto, 2002)

## 7. Skarn

Alterasi ini terbentuk akibat kontak antara batuan sumber dengan batuan karbonat, zona ini sangat dipengaruhi oleh komposisi batuan yang kaya akan kandungan mineral karbonat. Pada kondisi yang kurang akan air, zona ini dicirikan oleh pembentukan mineral garnet, klinopiroksen dan wollastonit serta mineral magnetit dalam jumlah yang cukup besar, sedangkan pada kondisi yang kaya akan air, zona ini dicirikan oleh mineral klorit, tremolit – aktinolit dan kalsit dan larutan hidrotermal. Garnet-piroksen-karbonat adalah kumpulan yang paling umum dijumpai pada batuan induk karbonat yang orisinil (Taylor, 1996 dalam Sutarto, 2002). Amfibol umumnya hadir pada skarn sebagai mineral tahap akhir yang menutupi mineral-mineral tahap awal. Aktinolit (CaFe) dan tremolit (CaMg) adalah mineral amfibol yang paling umum hadir pada skarn. Jenis piroksen yang sering hadir adalah diopsid (CaMg) dan hedenbergit (CaFe).

## 8. Greisen

Himpunan mineral pada greisen adalah kuarsa-muskovit (atau lipidolit) dengan sejumlah mineral aksesoris seperti topas, turmalin, dan florit yang dibentuk oleh alterasi metasomatik post-magmatik granit (Best, 1982 dalam Sutarto, 2002).

## 9. Silisifikasi

Merupakan salah satu tipe alterasi hidrotermal yang paling umum dijumpai dan merupakan tipe terbaik. Bentuk yang paling umum dari silika adalah (E-quartz, atau  $\beta$ -quartz, rendah quartz, temperatur tinggi, atau tinggi kandungan kuarsanya ( $>573^{\circ}\text{C}$ ), tridimit, kristobalit, opal, kalsedon. Bentuk yang paling

umum adalah quartz rendah, kristobalit, dan tridimit kebanyakan ditemukan di batuan vulkanik. Tridimit terutama umum sebagai produk *devitrifikasi* gelas vulkanik, terbentuk bersama alkali felspar. Selama proses hidrotermal, silika mungkin didatangkan dari cairan yang bersirkulasi, atau mungkin ditinggalkan di belakang dalam bentuk silika residual setelah melepaskan (*leaching*) dari dasar. Solubilitas silika mengalami peningkatan sesuai dengan temperatur dan tekanan, dan jika larutan mengalami ekspansi adiabatik, silika mengalami presipitasi, sehingga di daerah bertekanan rendah siap mengalami pengendapan (Pirajno, 1992).

### **2.2.2 Endapan Hidrotermal**

Larutan Hidrotermal adalah larutan panas dengan suhu 50-500°C yang berasal dari sisa cairan magma yang berasal dalam bumi yang bergerak keatas dan kaya akan komponen-komponen (*kation* dan *anion*) pembentukan mineral bijih terbentuk pada tekanan yang relatif tinggi (Bateman, 1950). Larutan sisa magma ini mampu mengubah mineral yang telah ada sebelumnya dan membentuk mineral-mineral tertentu. Secara umum, cairan sisa kristalisasi magma tersebut bersifat silika yang kaya alumina, alkali, dan alkali tanah yang mengandung air dan unsur-unsur *volatil*. Larutan hidrotermal terbentuk pada bagian akhir dari siklus pembekuan magma dan umumnya terakumulasi pada litologi dengan permeabilitas tinggi atau pada zona lemah.

Endapan hidrotermal dicirikan dengan adanya endapan tipe urat atau *vein*, yang merupakan daerah tempat mineralisasi bijih terjadi dan membentuk tubuh *diskordan* (memotong tubuh batuan yang ada di sekelilingnya). Kebanyakan urat-



urat terbentuk pada zona-zona patahan atau mengisi rongga-rongga pada batuan atau daerah rekahan. Banyak endapan yang bernilai ekonomis tinggi seperti emas, tembaga, perak, logam dasar (Pb-Zn-cu) dan arsenik, merkuri dan mineral-mineral logam ekonomis lainnya yang berasosiasi dengan mineral-mineral pengotor (*gangue mineral*), seperti kuarsa dan kalsit pada batuan sampingnya dalam bentuk struktur urat. Kehadiran urat-urat ini merupakan salah satu penciri utama dari jenis endapan hidrotermal (Maulana, 2017).

### **2.2.3 Tekstur Khusus**

#### **a) Tekstur Primer**

Tekstur primer merupakan tekstur yang terbentuk bersamaan dengan pembentukan mineral. Yang termasuk ke dalam tekstur primer adalah *melt* dan *open space filling* (Guilbert and Park, 1986).

##### **1. Tekstur Lelehan (*Melt*)**

Pertumbuhan mineral bijih dalam lelehan silikat secara umum menghasilkan pembentukan kristal euhedral-subhedral. Magnetit, ilmenit, dan platinum umumnya hadir sebagai kristal euhedral pada plagioklas, olivin, dan piroksen. Pertumbuhan tak terganggu, umumnya pada basalt yang mengalami pendinginan cepat, terkadang menghasilkan pembentukan kristal skeletal yang dapat seluruhnya/sebagian terkandung dalam gelas terpadatkan atau silikat yang mengkristal. Tekstur *poikilitik* silikat pada oksida atau *poikilitik* oksida pada silikat tidak umum hadir. Dalam lapisan kaya oksida, kristalisasi bersamaan pada kristal yang saling mengganggu mengakibatkan pembentukan kristal subhedral dengan sudut antarmuka (*interfacial angle*) yang bervariasi. Sudut antarmuka

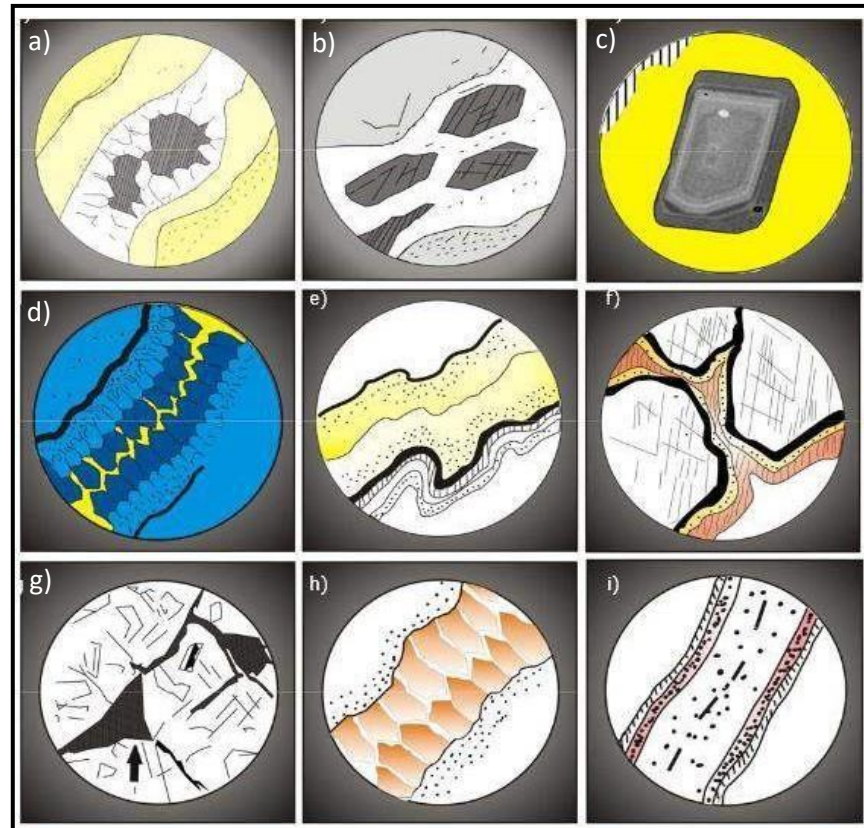
pada *triple junction* pada monomineral yang mengalami *annealing* selama pendinginan yang lambat atau selama metamorfisme umumnya mencapai 120°. Magnetit sering hadir pada proses kristalisasi, sedangkan sulfida besi umumnya mengalami pelelehan seluruhnya/sebagian, dan umumnya cenderung euhedral atau skeletal, sedangkan sulfida yang relatif tidak keras (seperti pirhotit) menunjukkan tekstur pendinginan dan *annealing*. Lelehan sulfur-besi primer (- oksigen) menghasilkan pembentukan droplet bundar kecil (< 100 µm) yang terjebak dalam basalt yang mendingin cepat dan gelas basaltik (Guilbert and Park, 1986).

## 2. Tekstur Pengisian (*Open Space Filling*)

Guilbert dan Park (1986) *Open space filling* merupakan tekstur yang penting untuk menentukan sejarah paragenesa endapan. Umumnya terbentuk pada batuan yang getas, pada daerah dengan tekanan yang pada umumnya relatif rendah, sehingga rekahan atau kekar cenderung bertahan. Tekstur pengisian dapat mencerminkan bentuk asli dari pori serta daerah tempat pergerakan fluida, serta dapat memberikan informasi struktur geologi yang mengontrolnya. Mineral-mineral yang terbentuk dapat memberikan informasi tentang komposisi fluida hidrotermal, maupun temperatur pembentukannya. Pengisian dapat terbentuk dari presipitasi leburan silikat (magma) juga dapat terbentuk dari presipitasi fluida hidrotermal. Daerah yang membentuk tekstur pengisian, pada umumnya cenderung membentuk struktur urat (*vein*), urat halus (*veinlets*), *stockwork*, dan breksiasi (Guilbert and Park, 1986). Kriteria tekstur pengisian dapat dikenali dari kenampakan sebagai berikut:

- a. Adanya *vug* atau *cavities*, sebagai rongga sisa karena pengisian yang tidak selesai.
- b. Kristal-kristal yang terbentuk pada pori terbuka pada umumnya cenderung euhedral seperti kuarsa, fluorit, feldspar, galena, sfalerit, pirit, arsenopirit, dan karbonat. Walaupun demikian, mineral pirit, arsenopirit, dan karbonat juga dapat terbentuk euhedral, walaupun pada tekstur penggantian.
- c. Adanya struktur zoning pada mineral, sebagai indikasi adanya proses pengisian, seperti mineral andradit-grosularit. Struktur zoning pada mineral sulit dikenali dengan pengamatan megaskopis.
- d. Tekstur berlapis, fluida akan sering akan membentuk kristal-kristal halus, mulai dari dinding rongga, secara berulang-ulang, yang dikenal sebagai *crustiform* atau *colloform*. Lapisan *crustiform* yang menyelimuti fragmen dikenal sebagai tekstur *cockade*. Apabila terjadi pengintian kristal yang besar maka akan terbentuk comb structure. Pada umumnya perlapisan yang dibentuk oleh pengisian akan membentuk perlapisan yang simetri.
- e. Kenampakan tekstur berlapis juga dapat terbentuk karena proses penggantian (*oolitik*, *konkresi*, *pisolitik* pada karbonat) atau proses evaporasi (*banded ironstone*), tetapi sebagian besar tekstur berlapis terbentuk karena proses pengisian.
- f. Tekstur *triangular* terbentuk apabila fluida mengendap pada pori di antara fragmen batuan yang terbreksikan. Kalau pengisian tidak penuh, akan mudah untuk mengenalinya. Pada banyak kasus, fluida hidrotermal

juga mengubah fragmen batuan secara menyeluruh.



**Gambar 2.4** Gambar yang menunjukkan beberapa kenampakan tekstur pengisian (Guilbert dan Park, 1986). a). Vug atau ronggasisa pengisian, b). Kristal euhedral, c). Kristal zoning, d). Gradasi ukuran Kristal, e).Tekstur crustiform, f).Tekstur cockade, g). Tekstur triangular, h). Comb structure, i). Pelapisan simetris.

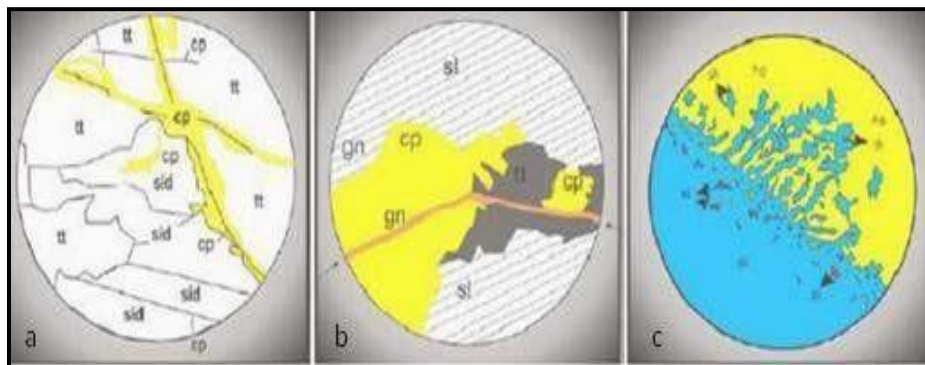
## b) Tekstur Sekunder

Tekstur sekunder merupakan tekstur yang terbentuk setelah pengendapan mineral. Adapun yang termasuk ke dalam tekstur sekunder, di antaranya tekstur *replacement*, dan tekstur akibat pendinginan.

### 1. Tekstur *Replacement*

*Replacement* mineral bijih oleh mineral lain selama pelapukan umum

ditemukan pada banyak tipe endapan bijih. *Replacement* dapat terjadi akibat proses-proses, di antaranya adalah pelarutan dan *presipitasi*, *oksidasi*, dan *difusi* fase padat (Guilbert and Park,1986). Batas di antara mineral yang diganti dan yang menganti umumnya tajam atau tidak beraturan (*careous*, atau tekstur *corroded*) atau *diffuse*. Beberapa jenis geometri *replacement* berupa rim, zonal, frontal. Tekstur *replacement* bergantung pada kondisi ketika mineral tersebut digantikan, diantaranya adalah permukaan yang tersedia untuk terjadinya reaksi, struktur kristal mineral primer dan sekunder, dan komposisi kimia mineral primer dan fluida reaktif (Guilbert and Park,1986).



**Gambar 2.5** Kenampakan yang menunjukkan tekstur penggantian (Guilbert dan Park, 1986). a).Urut kalkopirit yang saling memotong, tidak memperlihatkan pergeseran, b). Komposisi mineral yang tidak simetris pada dinding rekahan, dan c).Kenampakan tumbuh bersama yang tidak teratur pada bagian tepi mineral.

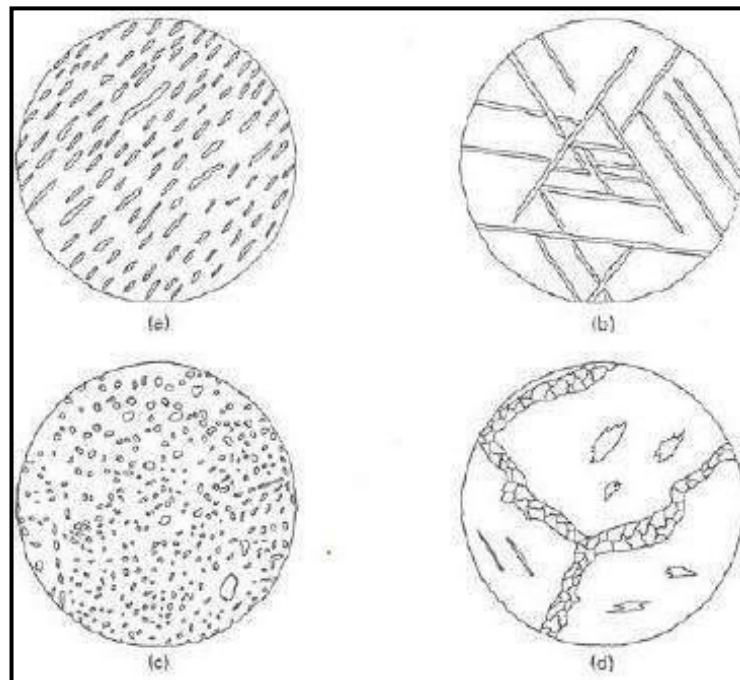
Proses ubahan dibentuk oleh penggantian sebagian atau seluruhnya tubuh mineral menjadi mineral baru. Karena pergerakan larutan selalu melewati pori, rekahan atau rongga, maka tekstur *replacement* selalu perpasangan dengan tekstur pengisian. Oleh karena itu mineralogi pada tekstur *replacement* relatif sama dengan mineralogi pada tekstur pengisian. Akan tetapi, mineralogi

pengisian cenderung berukuran lebih besar. Berikut beberapa contoh kenampakan tekstur replacement (Guilbert and Park,1986). cenderung berukuran lebih besar. Berikut beberapa contoh kenampakan tekstur *replacement* (Guilbert and Park,1986).

- a. Pseudomorf, walaupun secara komposisi sudah tergantikan menjadimineral baru, seringkali bentuk mineral asal masih belum berubah,
- b. Rim mineral pada bagian tepi mineral yang digantikan,
- c. Melebarnya urat dengan batas yang tidak tegas,
- d. Tidak adanya pergeseran urat yang saling berpotongan,
- e. Mineral pada kedua dinding rekahan tidak sama, dan
- f. Adanya mineral yang tumbuh secara tidak teratur pada batas mineral lain.

## 2. **Tekstur Akibat Proses Pendinginan (*Cooling*)**

Mineral- mineral yang terbentuk sebagai larutan padat homogen, pada saattemperatur mengalami penurunan, komponen terlarut akan memisahkan diri dari komponen pelarut, membentuk tekstur *eksolusi*. Kenampakan komponen (mineral) terlarut akan membentuk inklusi-inklusi halus pada mineral pelarutnya. Inklusi- inklusi ini kadang teratur dan sejajar, kadang berlembar, kadang tidak teratur. Adanya tekstur *eksolusi* menunjukkan adanya temperatur pembentukan yang relatif tinggi, sekitar 300o-600°C. Proses *eksolusi* terbentuk dari *difusi*, *nukleasi kristalit*, dan pertumbuhan kristalit atau kristal. Depleksi material terlarut di sekitar fragmen yang besar, dikenal dengan *seriate distribution*.



**Gambar2.6** Kenampakan tekstur akibat proses pendinginan (Evans,1987). (a) Pemilahan mineral hematit dalam ilmenit, (b)Eksolusi lembaran ilmenit dalam magnetit, (c)Eksolusi butiran kalkopirit dalam sfalerit, (d) *Rim* eksolusi pentlandit dari pirhotit

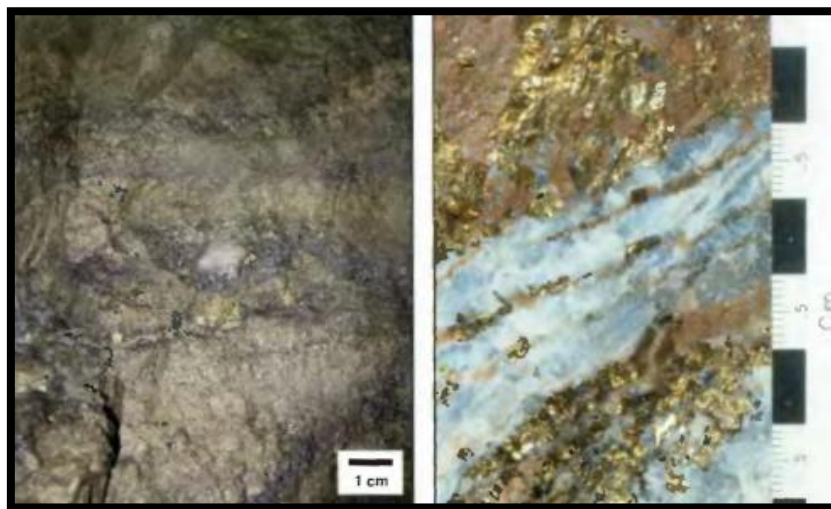
Eksolusi hematit dan ilmenit (dalam proporsi yang bervariasi) dihasilkan dari pendinginan dan secara umum ditemukan pada banyak batuan beku dan metamorf *high - grade*. *Black sands*, yang terakumulasi di banyak lingkungan sedimen biasanya mengandung proporsi *intergrowth* hematit - ilmenit yang besar. Dikebanyakan tipe endapan, sphalerit mengandung kalkopirit dalam bentuk dispersi acak atau memanjang mengikuti orientasi kristalografi, dikenal dengan tekstur *chalcopyrite disease*. Tekstur *chalcopyrite disease* merupakan tekstur eksolusi akibat pendinginan bijih setelah penempatan (Guilbert and Park,1986).

### 2.2.3.1 Mineral Sulfida

Mineral sulfida merupakan salah satu kelompok mineral dan klasifikasi mineral. Mineral ini sering dimanfaatkan sebagai mineral ekonomis. Keberadaan mineral ini erat kaitannya dengan alterasi hidrotermal. Misalnya pirit, galena, kalkopirit, kalkosit dan lain sebagainya.

Ciri-ciri mineral sulfida :

1. Mineral sulfida sebagian besar tersusun dari *unsure* logam
2. Mineral sulfida merupakan mineral pembentuk bijih(*ore*) sehingga mineral sulfida memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi
3. Mineral ini memiliki kilap logam, berat jenis tinggi dan memiliki tingkat kekerasan yang rendah
4. Memiliki sistem kristal *isometric*, *tetragonal* dan *heksagonal*
5. Kebanyakan mineral sulfida memiliki *diafanitas* opak



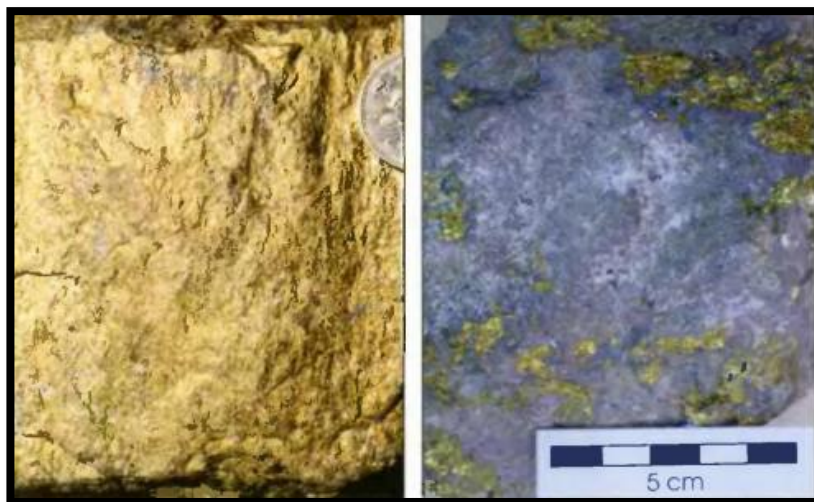
**Gambar 2.7** Mineral Pirit ( Sumber : Ore mineral atlas )



Mineral ini memiliki warna segar kuning keemasan dan warna lapuk coklat. Mineral ini ketika digores pada porselen maka akan menghasilkan cerat berwarna hitam, ketika mendapatkan cahaya akan menghasilkan kilap logam yaitu kilap seperti kilap pada logam. Belahan merupakan kenampakan belahan pada bidang mineral yang mengikuti bidang belahannya, Mineral ini memiliki belahan *indistinct* (tidak jelas). Pecahan merupakan belahan pada mineral yang tidak mengikuti arah bidang belahannya dan pecahan pada mineral ini adalah *even* yakni permukaan pecahannya kasar dan mendekati bidang datar. Mineral ini memiliki kekerasan 6 - 6.5 Skala mohs. Mineral ini memiliki berat jenis  $5 - 5.2 \text{ gr/cm}^3$  dan memiliki sifat kemagnetan *paramagnetik* yang artinya mineral ini dapat ditarik oleh gaya magnet. Mineral ini ketika diberikan cahaya maka tidak akan menampilkan derajat kejernihan (*Opaq*), serta memiliki *tenacity* (sifat dalam) *brittle* artinya mudah hancur ketika dipukul atau rapuh. Mineral ini memiliki sistem kristal *Isometrik* dan komposisi kimia  $\text{FeS}_2$ , bentuk mineral *Cubic* yaitu seperti kubus, golongan mineral *Sulfida*. Berdasarkan ciri fisik diatas, nama mineral ini adalah **pirit**.

Genesa Pembentukan mineral ini berasal dari proses hidrotermal pada SEDEX (*sedimentary exhalative*) adalah suatu jenis endapan sulfida masif yang berasosiasi dengan batuan sedimen. Sulfida masif terbentuk dari hasil presipitasi larutan hidrotermal yang dialirkan ke dasar laut melalui suatu saluran ("*vent*"). Saluran ini berupa zona yang memotong bagian bawah perlapisan batuan sedimen ("*footwall*") dan memasuki horizon sulfida massif diatasnya. Selain itu *pyrite* juga terbentuk pada endapan *volcanogenic massif sulfide* (VMS), Pada umumnya VMS

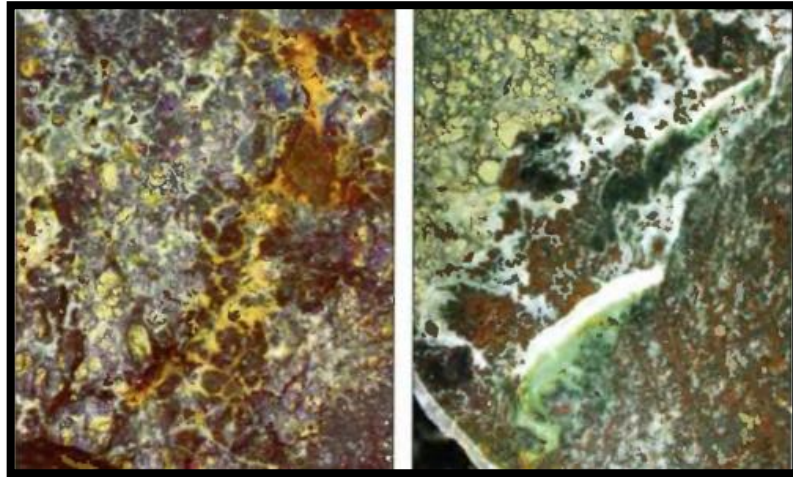
membentuk zonasi logam disekitar endapannya, yang dihasilkan dari adanya perubahan lingkungan secara fisika dan kimia dari larutan hidrotermal yang bersirkulasi. Secara ideal, akan terbentuk *pyrite* yang massif, dan kalkopirit disekitar sistem rongga *vent* dari gabungan antara *chalcopyrite-sphalerite-pyrite* bergradasi menjadi fasies *sphalerite-galena* dan *galena-manganese* dan akhirnya fasies *chert-manganese-hematite*. *Pyrite* dapat terbentuk pada vms baik pada *low sulfidation* maupun *high sulfidation*. *Pyrite* biasa berasosiasi dengan mineral lain seperti *Sphalerite*, *chalcopyrite*, *malachite*, *galena*, *tetrahedrite*, *Quartz*, *latecovellite* dan *arsenopyrite*.



**Gambar 2.8** Mineral Kalkopirit ( Sumber : [Ore mineral atlas](#) )

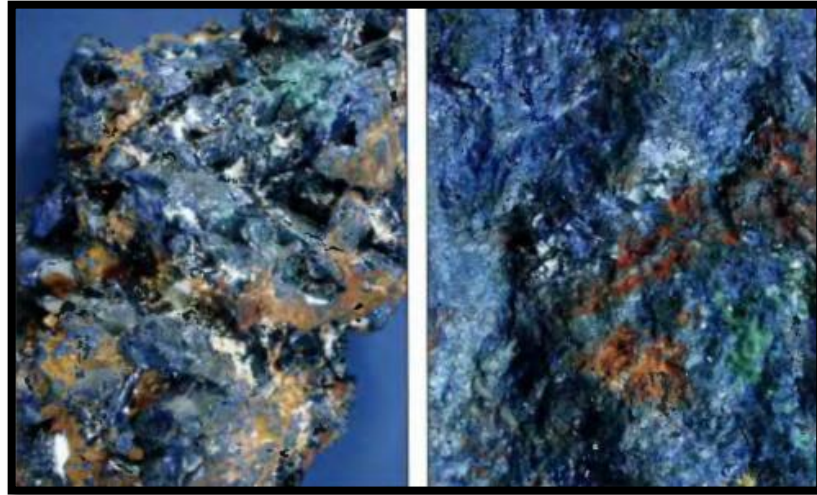
Mineral ini memiliki warna segar kuning kehijauan dan warna lapuk coklat. Mineral ini ketika digores pada porselen maka akan menghasilkan cerat berwarna hitam kehijauan, ketika mendapatkan cahaya akan menghasilkan kilap logam yaitu kilap seperti kilap pada logam. Belahan merupakan kenampakan belahan pada bidang mineral yang mengikuti bidang belahannya, Mineral ini memiliki belahan *indistinct* (tidak jelas). Pecahan merupakan belahan pada

mineral yang tidak mengikuti arah bidang belahannya dan pecahan pada mineral ini adalah *ireguler*. Mineral ini memiliki kekerasan 3,5 - 4 Skala mohs. Nama mineral ini kalkopirit.



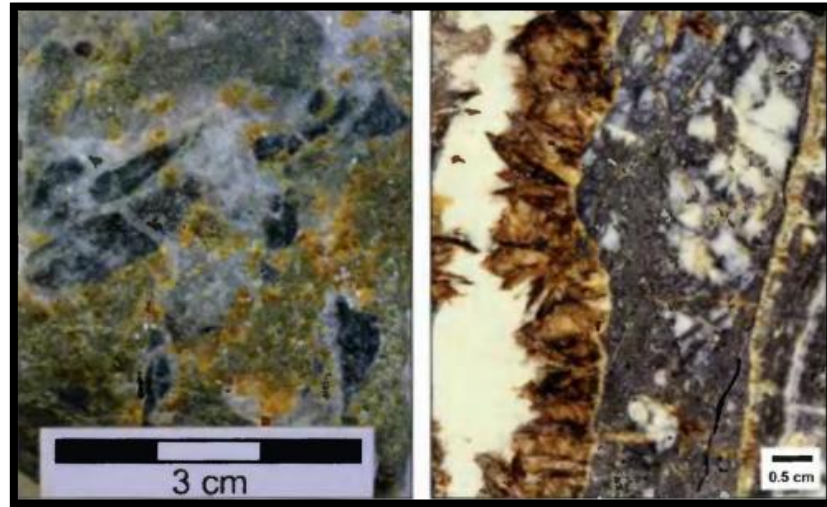
**Gambar 2.9** Mineral Bornite ( Sumber : Ore mineral atlas)

Mineral ini memiliki warna segar coklat kehitaman dan warna lapuk coklat. Mineral ini ketika digores pada porselen maka akan menghasilkan cerat berwarna abu hitam, ketika mendapatkan cahaya akan menghasilkan kilap logam yaitu kilap seperti kilap pada logam. Belahan merupakan kenampakan belahan pada bidang mineral yang mengikuti bidang belahannya, Mineral ini memiliki belahan *indistinct* (tidak jelas). Pecahan merupakan belahan pada mineral yang tidak mengikuti arah bidang belahannya dan pecahan pada mineral ini adalah *conchoidal*. Mineral ini memiliki kekerasan 3 Skala mohs. Nama mineral ini bornite



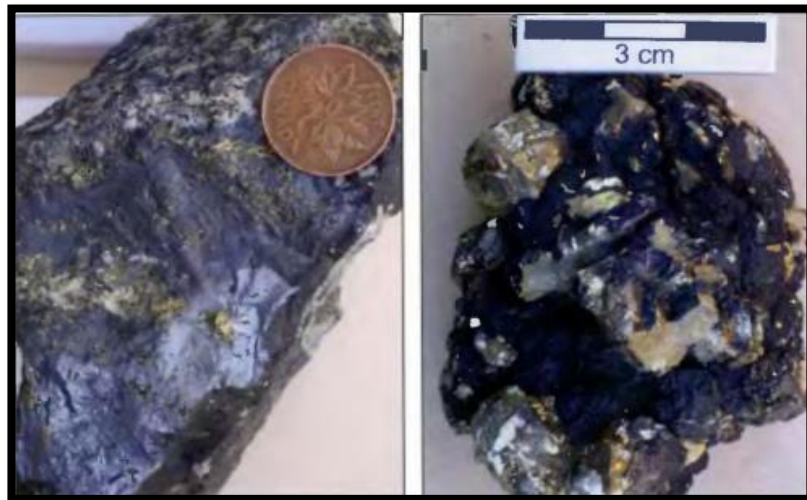
**Gambar 2.10** Mineral Azurit ( Sumber : [Ore mineral atlas](#) )

Mineral ini memiliki warna segar biru tua dan warna lapuk biru coklat. Mineral ini ketika digores pada porselen maka akan menghasilkan cerat berwarna biru muda, ketika mendapatkan cahaya akan menghasilkan kilap kaca yaitu kilap seperti kilap pada kaca. Belahan merupakan kenampakan belahan pada bidang mineral yang mengikuti bidang belahannya, Mineral ini memiliki belahan sempurna. Pecahan merupakan belahan pada mineral yang tidak mengikuti arah bidang belahannya dan pecahan pada mineral ini adalah *conchoidal*. Mineral ini memiliki kekerasan 3,5 - 4 Skala mohs. Nama mineral ini azurite.



**Gambar 2.11** Mineral Sphalerit( Sumber : [Ore mineral atlas](#) )

Mineral ini memiliki warna segar hitam dan warna lapuk hitam cokelat. Mineral ini ketika digores pada porselen maka akan menghasilkan cerat berwarna abu-abu, ketika mendapatkan cahaya akan menghasilkan kilap logam yaitu kilap seperti kilap pada logam. Belahan merupakan kenampakan belahan pada bidang mineral yang mengikuti bidang belahannya, Mineral ini memiliki belahan sempurna. Pecahan merupakan belahan pada mineral yang tidak mengikuti arah bidang belahannya dan pecahan pada mineral ini adalah *conchoidal*. Memiliki system kristal hexagonal. Mineral ini memiliki kekerasan 2,7 Skala mohs. Nama mineral ini galena.



**Gambar 2.12** Mineral Kalkosit ( Sumber : [Ore mineral atlas](#) )

Mineral ini memiliki warna segar hitam keabu-abuan dan warna lapuk hitam coklat. Mineral ini ketika digores pada porselen maka akan menghasilkan cerat berwarna hitam, ketika mendapatkan cahaya akan menghasilkan kilap logam yaitukilap seperti kilap pada logam. Belahan merupakan kenampakan belahan pada bidang mineral yang mengikuti bidang belahannya, Mineral ini memiliki belahan tidak jelas. Pecahan merupakan belahan pada mineral yang tidak mengikuti arah bidang belahannya dan pecahan pada mineral ini adalah *conchoidal*. Memiliki system kristal monoklin hingga prismatic. Mineral ini memiliki kekerasan 2,5-3 Skala mohs. Nama mineral ini chalcocite.