

SKRIPSI

ALTERASI DAN MINERALISASI DAERAH ERELEMBANG KECAMATAN TOMBOLO PAO, KABUPATEN GOWA, PROVINSI SULAWESI SELATAN

Disusun dan diajukan oleh :

**MUHAMMAD DWI KURNIAWAN.M
D061 18 1009**



**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**



Optimized using
trial version
www.balesio.com

**MAKASSAR
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

ALTERASI DAN MINERALISASI DAERAH ERELEMBANG
KECAMATAN TOMBOLO PAO, KABUPATEN GOWA,
PROVINSI SULAWESI SELATAN

Disusun dan diajukan oleh :

MUHAMMAD DWI KURNIAWAN.M
D061 18 1009

UNIVERSITAS HASANUDDIN

Telah dipertahankan dihadapan panitia ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi program sarjana Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan dinyatakan telah memenuhi syarat penulisan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Prof. Dr. Ir. Rohaya Langkoke, M.T.
NIP. 19581210 198601 2 001

Kifayatul Khair Masyhuda Zulkifli, S.T., M.T.
NIP. 7371140104930004

Ketua Program Studi,

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



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Dwi Kurniawan. M
NIM : D061181009
Program Studi : Teknik Geologi
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

*Alterasi dan Mineralisasi Daerah Erelembang Kecamatan Tombolo Pao Kabupaten Gowa
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

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko. Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

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

Makassar, April 2024

Yang Menyatakan



Muhammad Dwi Kurniawan. M



Optimized using
trial version
www.balesio.com

ABSTRAK

Secara administratif daerah penelitian termasuk dalam wilayah daerah Anak Sungai Erelembang, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan. Secara astronomis terletak pada koordinat $119^{\circ}52'50''$ BT - $119^{\circ}53'10''$ BT (Bujur Timur) dan $5^{\circ}10'0''$ LS - $5^{\circ}11'0''$ LS (Lintang Selatan).

Penelitian dengan judul "Alterasi dan Mineralisasi Daerah Erelembang Kecamatan Tombolo Pao, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan". Maksud penelitian ini adalah melakukan studi mengenai alterasi dan mineralisasi pada Daerah Erelembang. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui karakteristik alterasi dan mineralisasi yang terjadi serta mengetahui tipe alterasi pada Daerah Erelembang.

Metode yang digunakan pada penelitian ini ialah metode geologi lapangan serta pengolahan data meliputi pengamatan petrografi dan mineragrafi.

Mineral alterasi yang terbentuk pada daerah penelitian yaitu serisit dan mineralisasi berupa pirit, kalkopirit, sphalerit, dan kalkosit dengan tekstur khusus mineral berupa tekstur intergrowth dan replacement. Adapun tipe alterasi pada daerah penelitian yaitu tipe alterasi filik yang terbentuk pada kisaran suhu 230°C - 400°C .

Kata kunci : Mineral Alterasi, Mineralisasi, Filik.



ABSTRACT

Administratively, the research area is included in the Erelembang River Tributary area, Gowa Regency, South Sulawesi. Astronomically, it is located at coordinates 119°52'50" East Longitude - 119°53'10" East Longitude (East Longitude) and 5°10'0" South Latitude - 5°11'0" South Latitude.

Research with the title "Alteration and Mineralization in the Erelembang Region, Kuncio Pao District, Gowa Regency, South Sulawesi Province". The purpose of this research is to conduct a study on alteration and mineralization in the Erelembang Region. The aim of this research is to determine the characteristics of alteration and mineralization that occur and determine the type of alteration in the Erelembang area.

The method used in this research is field geological methods and data processing including petrographic and mineragraphic observations.

The alteration minerals formed in the research area are sericite and mineralization in the form of pyrite, chalcopyrite, sphalerite and chalcocite with special mineral textures in the form of intergrowth and replacement textures. The type of alteration in the research area is the phyllic alteration type which is formed in the temperature range of 230oC-400oC.

Keywords : Minerals Alteration, Mineralization, Filik



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT berkat rahmat dan karunia-NYA sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian yang berjudul "**Alterasi dan Mineralisasi Daerah Erelembang Kecamatan Tombolo Pao, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan**" ini bisa diselesaikan dengan sebaik-baiknya. Shalawat dan salam juga senantiasa kita kirimkan kepada Rasulullah Muhammad SAW. yang telah menjadi teladan terbaik bagi umat manusia.

Laporan penelitian ini di buat sebagai suatu langkah untuk menyelesaikan strata satu pada Deprtemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penyusunan laporan ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Rohaya Langkoke, M.T. sebagai dosen pembimbing akademik yang telah meluangkan waktu dan tenaganya dalam proses penyusunan laporan ini.
2. Bapak Kifayatul Khair Masyhuda Zulkifli, S.T., M.T sebagai dosen pembimbing tugas akhir yang telah meluangkan waktu dan tenaganya dalam proses penyusunan laporan ini.
3. Bapak Dr. Ir. Kaharuddin MS, M.T dan Bapak Prof. Dr. Adi Tonggiroh, S.T., M.T sebagai Dosen penguji yang telah memberikan arahan dan masukan demi perbaikan hasil laporan penulis kedepannya.
4. Bapak Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M. Eng. sebagai Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Unviersitas Hasanuddin
5. Bapak dan ibu dosen pada Jurusan Teknik Geologi Universitas Hasanuddin atas segala ilmu dan bimbingannya.
6. Staf Jurusan Teknik Geologi Universitas Hasanuddin atas segala bantuannya dalam pengurusan administrasi penulis.



Orang tua dan keluarga penulis yang selalu memberikan motivasi, dukungan, bantuan kepada penulis, baik bantuan moril maupun materil, serta doa restu yang menjadi sumber semangat bagi penulis selama ini.

8. Kakak penulis yang senantiasa membackup penulis dalam melengkapi perlengkapan selama penulisan laporan ini
9. Rekan-rekan mahasiswa HMG FT-UH terkhusus pada Angkatan 2018 (KOMANDAN XENOLITH18) yang telah banyak membantu selama dan memberikan dukungan kepada penulis.

Di dalam penyusunan Skripsi ini, penulis menyadari sepenuhnya bahwa Skripsi ini memiliki banyak kekurangan. Oleh karenanya, berbagai bentuk kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan. Terimakasih.

Gowa, Maret 2024

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN TUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Geologi Regional.....	4
2.1.1 Geomorfologi Regional.....	5
2.1.2 Stratigrafi Regional	6
2.1.3 Struktur Geologi Regional.....	8
2.2. Alterasi Hidrotermal.....	10
2.2.1. Tipe Alterasi	15
2.2.2. Endapan Hidrotermal.....	20
2.2.3. Endapan Epitermal	21
2.3. Tekstur Khusus Mineral Bijih	29
2.3.1. Tekstur Primer.....	29
2.3.2. Tekstur Sekunder.....	32
2.4. Paragenesa Mineral Bijih	36
BAB III METODE DAN TAHAPAN PENELITIAN.....	37
3.1 Metode Penelitian	37
Tahapan Penelitian.....	37
.1 Tahap Persiapan.....	38
.2 Tahap Pengambilan Data	38
.3 Tahap Analisis Laboratorium	39



3.2.4 Tahap Analisis dan Interpretasi Data.....	39
3.2.5 Tahap Penyusunan dan Presentasi Laporan.....	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1. Perencanaan Waktu	41
4.2. Perencanaan Biaya.....	41
BAB V PENUTUP	43
5.1. Kesimpulan	41
5.2. Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



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.

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

Salah satu daerah keterdapatan endapan mineral sulfida yang ada di Indonesia yang sangat menarik untuk dilakukan penelitian tentang endapan mineralnya yaitu pada Daerah Erelembang yang terletak di Kecamatan Tombolo Pao, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi.

Hal inilah yang mendorong penulis untuk melakukan penelitian yang lebih detail mengenai *“Alterasi dan Mineralisasi Daerah Erelembang Kecamatan Tombolo Pao, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi”* agar diperoleh data yang nantinya sebagai penunjang informasi geologi untuk mengetahui potensi yang terdapat pada daerah tersebut demi pengembangan daerah kearah yang lebih maju di masa yang akan datang.



Rumusan Masalah

dapun rumusan masalah pada daerah penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik alterasi dan mineralisasi pada daerah Erelembang?
2. Bagaimana paragenesa pembentukan mineral bijih pada daerah Erelembang?
3. Apa tipe endapan hidrotermal pada daerah Erelembang?

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk melakukan studi mengenai alterasi dan mineralisasi pada Daerah Erelembang yang terletak di Kecamatan Tombolo Pao, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi.

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu sebagai berikut :

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

1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian yang akan dilakukan ini dibatasi pada identifikasi karakteristik alterasi dan mineralisasi daerah Erelembang 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.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat pada penelitian ini yakni memberikan pengembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang ilmu geologi yang berkaitan dengan alterasi dan mineralisasi pada batuan.

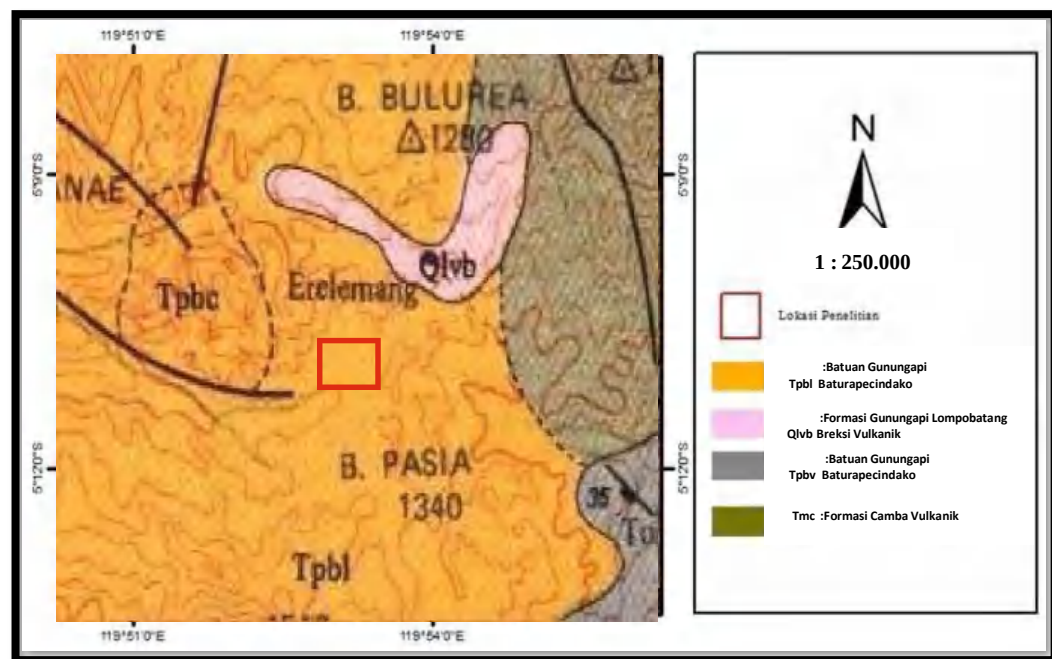


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional

Daerah Erelemang Kecamatan Tombolo Pao Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan secara regional termasuk dalam Lembar Ujung Pandang Benteng dan Sinjai yang dipetakan oleh Sukamto dan Supriatna (1982).



Gambar 1. Peta geologi regional daerah penelitian (Sukamto dan Supriatna, 1982)

2.1.1 Geomorfologi Regional

Menurut Sukamto & Supriatna (1982), bentuk morfologi yang menonjol pada daerah lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai adalah kerucut gunungapi Lompobattang yang menjulang mencapai ketinggian 2.876 meter di atas permukaan laut. Kerucut gunungapi Lompobattang tersusun oleh batuan gunungapi berumur Plistosen. Dua buah bentuk kerucut tererosi terdapat di sebelah barat dan sebelah utara Gunung Lompobattang. Disebelah barat Gunung Lompobattang terdapat Gunung Baturape, mencapai ketinggian 1.124 meter di atas permukaan laut dan di sebelah utara terdapat Gunung Cindako, mencapai ketinggian 1.500 meter di atas permukaan laut.



Daerah sebelah barat Gunung Cindako dan sebelah utara Gunung Baturape merupakan daerah berbukit. Bagian timur berbukit kasar yang tersusun oleh

batuan klastika gunungapi yang berumur Miosen yang mencapai ketinggian kira-kira 500 meter di atas permukaan laut. Bagian barat berbukit halus yang tersusun oleh batuan klastika gunungapi berumur Miosen dan Pliosen dengan ketinggian kurang dari 50 meter di atas permukaan laut dan hampir merupakan suatu daratan.

2.1.2 Stratigrafi Regional

Stratigrafi regional daerah penelitian disusun oleh berbagai jenis litologi dari berbagai formasi yang tergolong dalam satuan batuan tertentu, berikut pembahasan mengenai stratigrafi regional daerah penelitian berdasarkan batuan tertua ke yang termuda :

Tpbv BATUAN GUNUNGAPI BATURAPE CINDAKO: lava dan breksi, dengan sisipan sedikit tufa dan konglomerat. Bersusunan basal, sebagian besar porfiri dengan fenokris piroksen besar-besar sampai 1 cm dan sebagian kecil tansatmata, kelabu tua kehijauan hingga hitam warnanya; lava sebagian berkekar maniang dan sebagian berkekar lapis, pada umumnya breksi berkomponen kasar, dari 15 cm sampai 60 cm, terutama basal dan sedikit andesit, dengan semen tufa berbutir kasar sampai lapili, banyak mengandung pecahan piroksen.

Komplek terobosan diorit berupa stok dan retas di Baturape dan Cindako diperkirakan merupakan bekas pusat erupsi (*Tpbc*); batuan di sekitarnya terubah kuat, amigdaloidal dengan mineral sekunder zeolit dan kalsit; mineral galena di Baturape kemungkinan berhubungan dengan terobosan diorit ini; daerah sekitar Baturape dan Cindako batuanannya didominasi oleh lava *Tpbl*. Satuan ini tidak kurang dari 1250 m tebalnya dan berdasarkan posisi stratigrafinya kira-kira berumur Pliosen Akhir.

Qlv: BATUAN GUNUNGAPI LOMPOBATANG: aglomerat, lava, breksi, endapan lahar dan tufa. Membentuk kerucut gunungapi strato dengan puncak tertinggi 2950 m di atas muka laut; batuanannya sebagian besar berkomposisi andesit dan sebagian basal, lavanya ada yang berlubang - lubang seperti yang disebelah barat Sinjai dan ada yang berlapis; lava yang terdapat kira-



km sebelah utara Bantaeng berstruktur bantal; setempat breksi dan mengandung banyak biotit. Bentuk morfologi tubuh gunungapi masih pat dilihat pada potret udara: (*Qlvc*) adalah pusat erupsi yang hatkan bentuk kubah lava; bentuk kerucut parasit memperlihatkan paling la 2 perioda kegiatan erupsi, yaitu *Qlvpl* dan *Qlv2*. Di daerah sekitar

pusat erupsi batuanannya terutama terdiri dari lava dan aglomerat (Qlv), dan di daerah yang agak jauh terdiri terutama dari breksi, endapan lahar dan tufa (Qlvb). Berdasarkan posisi stratigrafinya diperkirakan batuan gunungapi ini berumur Plistosen.

2.1.3 Struktur Geologi Regional

Akhir dari pada kegiatan gunungapi Eosen Awal diikuti oleh tektonik yang menyebabkan terjadinya pemulaan terban Walanae, yang kemudian menjadi cekungan di mana Formasi Walanae terbentuk. Peristiwa ini kemungkinan besar berlangsung sejak awal Miosen Tengah dan menurun perlahan selama sedimentasi sampai kala Pliosen.

Menurunnya cekungan Walanae dibarengi oleh kegiatan gunungapi yang terjadi secara luas di sebelah baratnya dan mungkin secara lokal di sebelah timurnya. Peristiwa ini terjadi selama Miosen Tengah sampai Pliosen. Semula gunungapinya terjadi di bawah muka laut, dan kemungkinan sebagian muncul di permukaan pada kala Pliosen. Kegiatan gunungapi selama Miosen menghasilkan Formasi Camba, dan selama Pliosen menghasilkan Batuan Gunungapi Baturape-Cindako. Kelompok retas basal berbentuk radier memusat ke G. Cindako dan G. Baturape, terjadinya mungkin berhubungan dengan gerakan mengkubah pada kala Pliosen.

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 di kimia-fisika tertentu (Pirajno, 1992).

anyak variabel yang mempengaruhi formasi mineral alterasi dalam hidrotermal. Menurut Corbett and Leach, (1996), ada 6 (enam) faktor 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 sebagai berikut 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 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 di dalam batuan induk.

Permeabilitas

Permeabilitas memiliki pengaruh yang nyata yang membuat batuan induk berinteraksi 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.

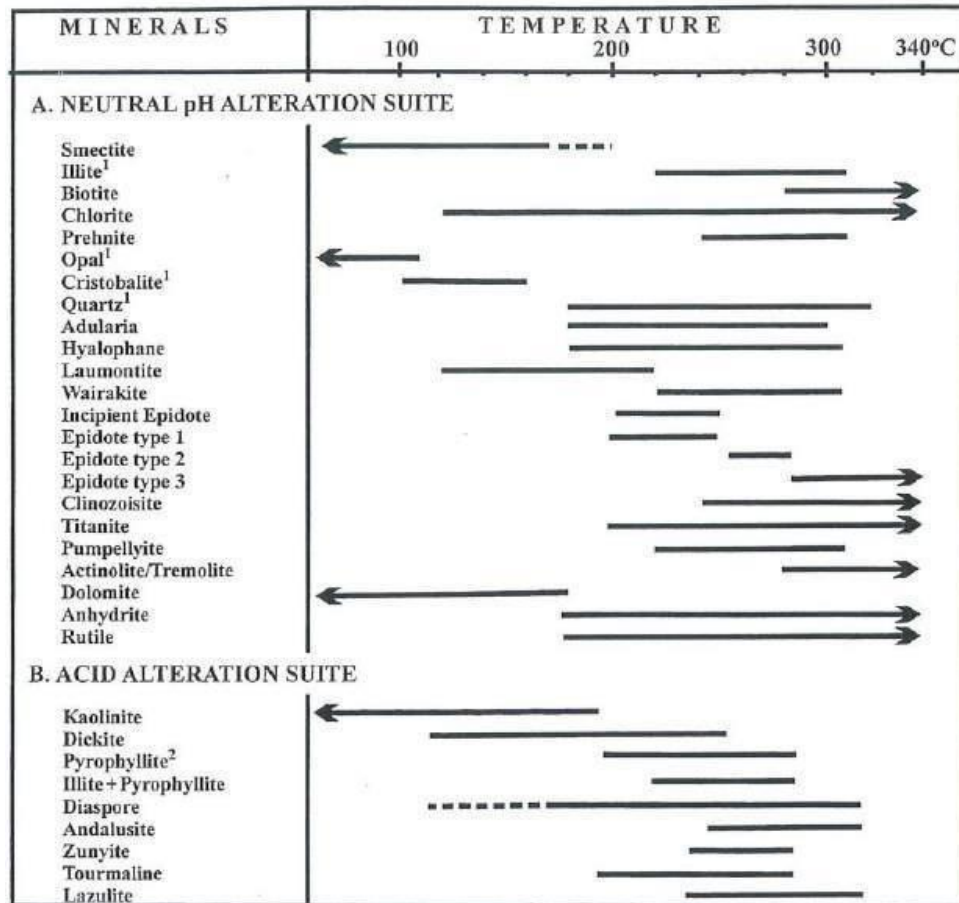
Proses alterasi hidrotermal juga merupakan perubahan mineral pada batuan yang disebabkan oleh adanya perubahan temperatur dan fluida. Fluida melalui pori-pori batuan atau rekahan-rekahan batuan akan merubah batuan samping baik secara kimiawi, mineralogi dan tekstur. Fluida yang mengakibatkan terjadinya alterasi ini pada umumnya merupakan sistem hidrotermal.

Walaupun faktor-faktor di atas saling terkait, tetapi temperatur dan kimia fluida kemungkinan merupakan faktor yang paling berpengaruh pada proses alterasi hidrotermal (Corbett dan Leach, 1996 dalam Sutarto, 2002). 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.

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 H₂O, 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 (Barnes, 1979; Reyes, 1990 dalam Hedenquist, 1994). Mineralogi batuan alterasi dapat mengindikasikan komposisi atau pH fluida hidrotermal (Henley et al., 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





Gambar 2. Mineral Indikator sebagai Geotermometer (Reyes, 1990)

2.2.1. Tipe Alterasi

Umumnya pengelompokan 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 dan Park, 1986). Berikut tabel pembagian tipe alterasi berdasarkan himpunan mineralnya oleh Guilbert dan Park (1986):

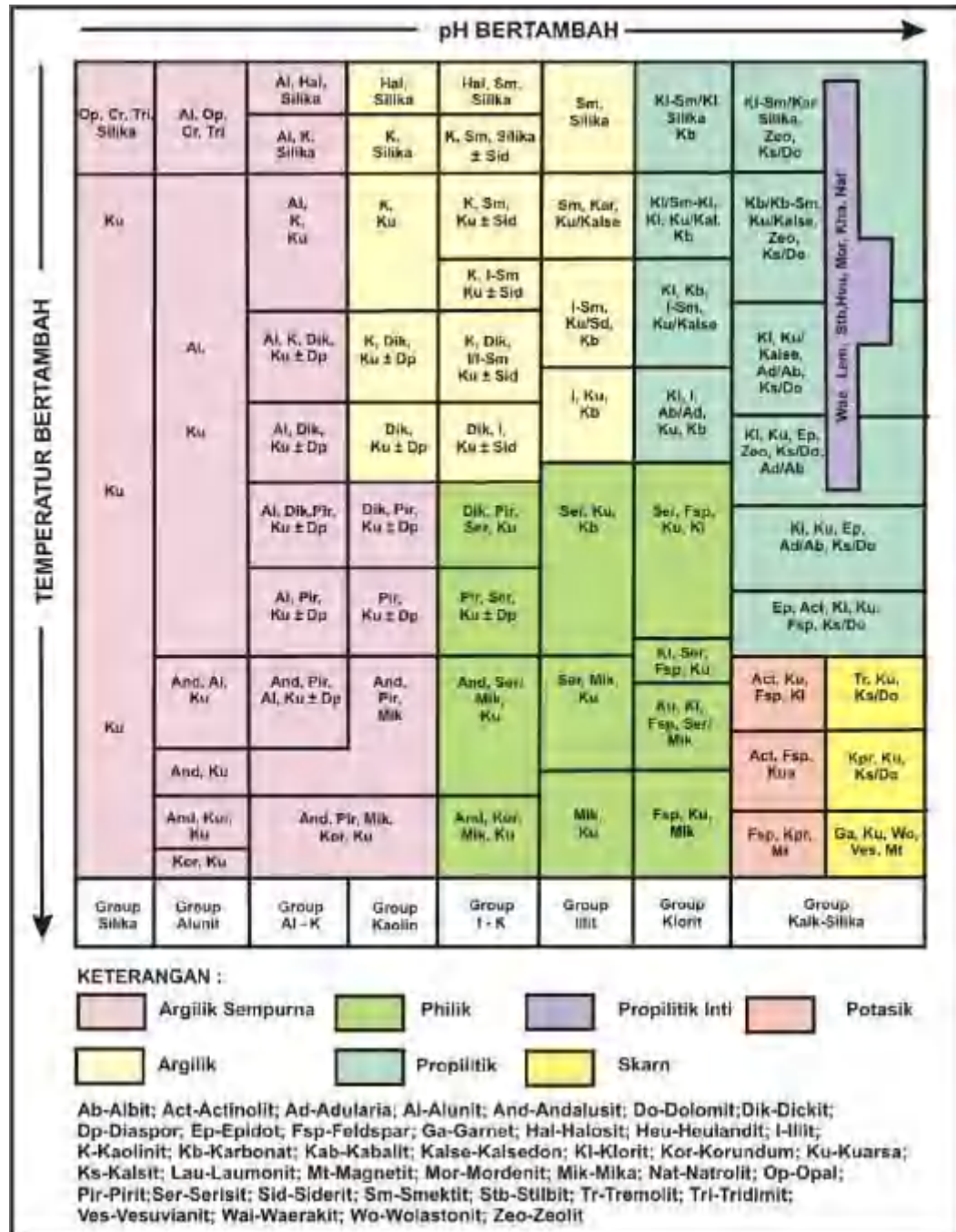


Tabel 1 Tipe-tipe alterasi berdasarkan himpunan mineralnya (Guilbert dan Park, 1986)

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	-

Berikut merupakan gambar memperlihatkan zona alterasi yang ditunjukkan oleh himpunan mineral tertentu berdasarkan hubungan temperature dan pH larutan yang dibuat oleh Corbett dan Leach (1996).





Gambar 3. Himpunan mineral alterasi dalam system hidrotermal berdasarkan hubungan temperatur dan pH larutan (Corbett dan Leach, 1996)

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

1. Propilitik



icirikan oleh kehadiran klorit disertai dengan beberapa mineral epidot, t, kalsit, albit, dan anhidrit. Terbentuk pada temperatur 200⁰-300⁰C pada lekati netral, dengan salinitas beragam, umumnya pada daerah yang yai 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 100°C - 300°C (Pirajno, 1992, dalam Sutarto, 2002), fluida asam-netral, dan salinitas rendah.

3. Potasik

Zona potasik merupakan zona alterasi yang berada pada bagian dalam suatu sistem hidrotermal dengan kedalaman 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 hornblende dengan larutan hidrotermal yang kemudian menghasilkan biotit, feldspar maupun pyroksen.

Dicirikan oleh melimpahnya himpunan muskovit-biotit-alkali feldspar-magnetit. Anhidrit sering hadir sebagai asesori, 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 ($>300^{\circ}\text{C}$), 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 pyrite 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^+ , menjadi mineral phyllosilikat atau kuarsa. Zona ini tersusun oleh

1 mineral kuarsa-serisit-pirit, yang umumnya tidak mengandung mineral-empung atau alkali feldspar. Kadang mengandung sedikit anhidrit, klorit, dan rutil. Terbentuk pada temperatur sedang-tinggi (230°C - 400°C), fluida netral, salinitas beragam, pada zona permeabel, dan pada batas dengan urat.



5. Propilitik dalam (*inner propylitic*)

Menurut Hedenquist dan Linndqvist zona alterasi pada sistem epitermal sulfidasi rendah (fluida kaya klorida, pH mendekati netral) umumnya menunjukkan zona alterasi seperti pada sistem porfir, tetapi menambahkan istilah *inner propylitic* untuk zona pada bagian yang bertemperatur tinggi ($>300^{\circ}\text{C}$), yang dicirikan oleh kehadiran epidot, aktinolit, klorit, dan illit (Sutarto, 2002).

6. Argilik lanjut (*advanced argillic*)

Sedangkan untuk sistem epitermal sulfidasi tinggi (fluida kaya asam sulfat), ditambahkan istilah *advanced argillic* yang dicirikan oleh kehadiran himpunan mineral pirofilit + diaspor $\pm$ andalusit $\pm$ kuarsa $\pm$ turmalin $\pm$ enargit-luzonit (untuk temperatur tinggi, 250°C - 350°C), atau himpunan mineral kaolinit + aluni $\pm$ kalsedon $\pm$ kuarsa $\pm$ pirit (untuk temperatur rendah, $< 180^{\circ}\text{C}$) (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, klinopiroksin 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 asesori seperti topas, turmalin, dan fluorit yang dibentuk rasi metasomatik post-magmatik granit (Best, 1982, Stempork, 1987, Sutarto, 2002).

klasifikasi

Merupakan salah satu tipe alterasi hidrotermal yang paling umum dijumpai merupakan tipe terbaik. Bentuk yang paling umum dari silika adalah (E-



quartz, atau β -*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

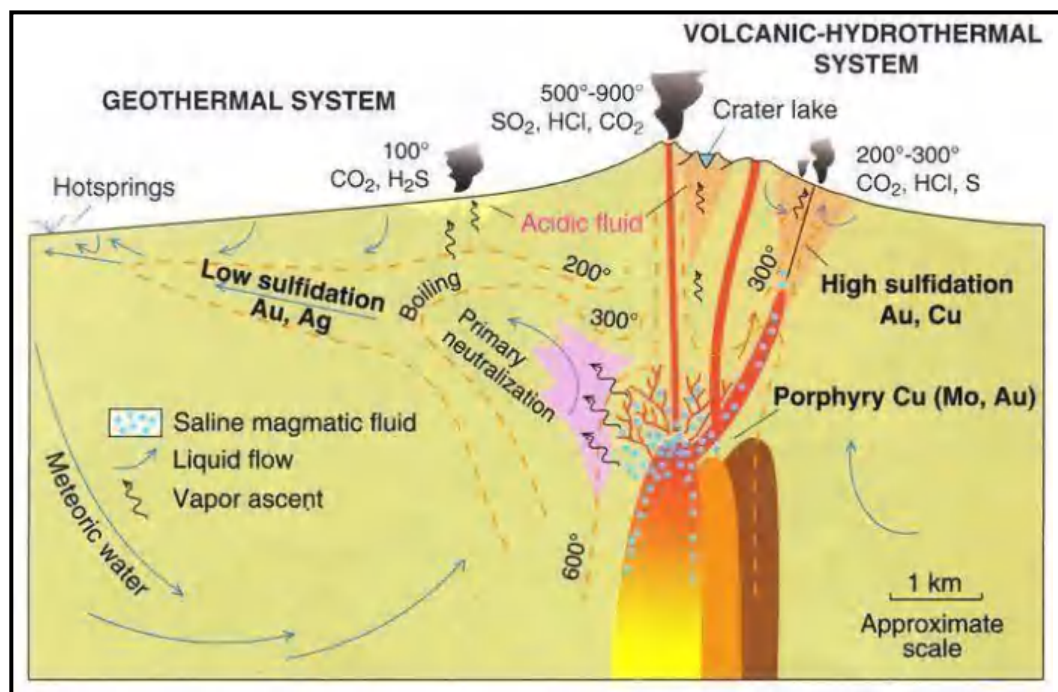
Larutan Hidrotermal adalah larutan panas dengan suhu 50° - 500° berasal dari sisa cairan magma yang berasal dalam bumi yang bergerak ke atas dan kaya akan komponen-komponen (kation dan anion) pembentukan mineral bijih terbentuk pada tekanan yang relatif tinggi (Bateman, 1950). Larutan sisa magma ini 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 mineral), seperti kuarsa dan kalsit pada batuan sampingnya dalam bentuk urat. Kehadiran urat-urat ini merupakan salah satu penciri utama dari endapan hidrotermal (Maulana, 2017).



2.2.3. Endapan Epitermal

Endapan epitermal pertama kali digunakan oleh Lindgren pada 1913 untuk menjelaskan suatu endapan larutan hidrotermal yang dekat dengan permukaan (berkisar antara 50-1500 meter dari atas permukaan bumi). Tipe endapan epitermal terbentuk berkaitan erat dengan aktivitas vulkanisme pada suatu daerah. Biasanya sistem epitermal ditandai dengan munculnya manifestasi aktivitas vulkanisme dangkal di atas permukaan bumi dalam bentuk *hot spring* (mata air panas) atau *fumarole* (Maulana, 2017). Skema tipe endapan mineral epitermal dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 4. Skema tipe endapan epitermal (Hedenquist dan Lowenstern, 1994)

Berdasarkan tingkat sulfidasinya atau tingkat oksidasi sulfur didalam fluida bijihnya, endapan epitermal dibagi menjadi 2 (dua) yaitu endapan epitermal sulfidasi rendah dan endapan epitermal sulfidasi tinggi. Perbedaan tingkat sulfidasi dari endapan epitermal sangat dikontrol oleh fluida hidrotermal yang dominan dari sistem tersebut. Berdasarkan studi isotop, lingkungan endapan epitermal sulfidasi rendah sangat didominasi oleh pengaruh air meteorik, walau sistem mengandung air dan gas yang reaktif (CO₂, SO₂, HCl) yang dari pembentukan magma (Hedenquist dan Lowenstern, 1994). Adapun kedua tipe endapan ini dapat dilihat pada tabel di bawah ini.



Tabel 2. Karakteristik lapangan untuk membedakan tipe endapan epitermal (Corbett dan Leach, 1996)

	Sulfidasi Tinggi	Sulfidasi Rendah
Batuan vulkanik (terkait secara genetik)	Terutama <i>andesite-rhydacite</i>	<i>Andesite-rhydacite, rhyolite</i>
Zona alterasi	Sangat luas (umumnya beberapa km) dan menonjol secara visual	Umumnya terbatas dan visual dan visual tidak kentara
Mineral Alterasi Proksimal	<i>Crystalline alunite;Pyrophyllite</i> pada tingkat lebih dalam	<i>Sericite</i> atau <i>illite</i> ± <i>adularia roscoelite (V-mica)</i> dalam endapan yang berasosiasi dengan batuan alkali; <i>chlorite</i> dalam beberapa kasus
<i>Gangue</i> Kuarsa	Berbutir halus, masif, terutama <i>replacement</i> asal, <i>residual</i> , terak (<i>vuggy</i>) kearsa biasanya mengandung bijih	<i>Chalcedony</i> dan (atau) kuarsa menampilkan <i>crustiform, colloform, blade, cockade</i> , dan karbonat tekstur pengganti, <i>open space filling</i>
<i>Gangue</i> Karbonat	-	Dimana-mana
<i>Gangue</i> lainnya	<i>Barite</i> tersebar luas dengan bijih; belerang aslinya biasanya mengisi ruang terbuka	<i>Barite</i> dan (atau) <i>flourite</i> ada secara lokal; <i>Barite</i> umumnya berada di atas bijih
Sulfida <i>abudance</i>	10-90 vol%, terutama butir halus, sebagian dilaminasi <i>pyrite</i> 1-20 vol% tetapi biasanya <5 vol % terutama <i>pyrite</i>	<i>Sphalerite, galena, dan tetrahedrite</i> umum, Cu ada terutama sebagai <i>Chalcopryite</i>
<i>Metal Present</i>	Cu, Au, As (Ag, Pb)	Au dan (atau) Ag (Zn, Pb, Cu)
<i>Metal Present Locally</i>	Bi, Sb, Mo, Sn, Zn, Te, (Hg)	Mo, Sb, As, (Te, Se, Hg)



Tabel 3. Karakteristik endapan LS dan HS (Hedenquist dkk., 2000)

Endapan sulfidasi rendah			Endapan sulfidasi tinggi		
Secara genetik (berubungan dengan batuan vulkanik)	<i>Andesite-Rhyodacite (AR), bimodal rhyolite-basalt (RB), alkali (A)</i>		<i>Andesite-Rhyolite</i> , didominasi oleh magma <i>calc-alkalic</i>		
Kedalaman pembentukan	Dangkal	Dalam	Dangkal	Intermediet	Dalam
	0-300 m	300-800 m (jarang > 1.000 m)	<500 m	500-1.000 m	(Porfiri) >1.000 m
Letak, ciri khas <i>host-rock</i>	Kubah : batuan piroklastik dan sedimen	Kubah : <i>Diatremes</i> (AR, A); Batuan piroklastik dan sedimen	Kubah : <i>vent</i> pusat; piroklastik dan sedimen	Kubah : <i>Diatremes</i> ; Batuan vulkanik	Kubah- <i>Diatremes</i> ; Batuan porfiri, vulkanik sedimen klastik
Bentuk deposit	<i>Vein, vein swarm, stockwork, disseminated</i>	<i>Vein, breccias body, disseminated</i>	<i>Disseminated beccia</i> dan <i>veinlet</i>	Sulfida <i>veins</i> masif, <i>late vein/breccias</i>	<i>Dissemination veins</i> , breksi
Tekstur bijih	<i>Band halus, combs, crustiform</i> , breksi	<i>Band kasar</i>	<i>Vuggy quartz hosts replacement</i>	Sulfida <i>veins</i> masif, <i>late veins/breccias</i>	<i>Replacement</i>
Alterasi	<i>Alunite-kaolinite blanket, clay halo</i>	<i>Clays, sericite, carbonates, roscoelite, fluorite (A)</i>	<i>Silicic (vuggy), alunite</i> kuarsa	<i>Silicic (vuggy), alunite</i> kuarsa, <i>phyroplitic-dickite-sericite</i>	<i>Sericite, pyrophyllite</i>
Sulfida	<i>Cinnabar, stibnite, pyrite, marcasite-arsenopyrite, Au-Ag selenides, Se sulfosalts, Sphalerite</i> kaya akan Fe (RB)	<i>Pyrite-Au-Ag sulfides/sulfoalloys, variable sphalerite, galena, chalcopyrite, tetrahedrite/tennantite (AR)</i>	<i>Enargite/luzonite, covellite, pyrite</i>	<i>Enargite/luzonite, chalcopyrite, tetrahedrite/tennantite, sphalerite, late-covellite, pyrite</i>	<i>Bornite, digenite, chalcocite, covellite</i>
Logam	Au-Ag-As-Sb-Se-Hg-Tl(RB), Ag; Au rendah; 0,1-1% logam dasar	Ag-Au-Pb-Zn, Ba, Mn, Se(AR), Ag:Au tinggi; 2-10 (20+)% logam dasar	Au-Ag, Cu terluluhkan (Hg overprint)	Cu-Au-Ag-Bi-Te-Sn	Cu-Au
Fitur penting	<i>Sinter, chalcedony blanket</i>	Beberapa sulfida intermediet-state <i>veins</i> berdekatan dengan bijih sulfida tinggi	<i>Uap-heated blanket</i>	<i>Vuggy quartz host</i>	<i>Overprint pada porfiri</i>
Fluida	<1% NaCl, kaya gas, <220°C (RB)	3-10+% NaCl, 220-280°C+(AR)	<2 wt%NaCl	4-15+wt% NaCl	Bervariasi
Contoh	McLaughlin, Midas, Round, Mountain, Sleeper, Hishikari (Sulfida rendah)	Comstock, Tonopah, Creede, Fresnillo, Casapalca, Victoria (sulfida intermediet)	Yanachoca, Peubla Viejo, Pierina, La Coipa, Tambo, Pascua, Paradise Peak, Summitville, Rodalquilar, Kasuga	El Indio, Lepanto, Chinkuashih, Goldfield, Lahoca	Bisbee, MM, Chuquibambilla



2.2.3.1. Endapan Epitermal Sulfidasi Tinggi

Endapan *high sulphidation system* dibentuk oleh adanya reaksi antara larutan panas yang berasal dari magma dengan air meteorik yang kemudian membentuk larutan bersifat sangat asam dan dalam kondisi oksidasi. Di situ, S hadir dalam bentuk SO_2 , HCl , H_2S . SO_2 dan H_2S teroksidasi dan bereaksi dengan H_2O membentuk asam sulfur (H_2SO_4) (Maulana, 2017).

Asam sulfur ini merupakan larutan yang sangat aktif dan akan menyebabkan terjadinya *leaching* atau pencucian pada batuan sampling dan menghasilkan alterasi argilik lanjut (*advanced argillic*). Suhu dari larutan berkisar antara 200–300°C dengan pH 0–2 dan salinitas 2–5wt% setara NaCl.

Kelompok mineral yang umum dijumpai yaitu silika dengan tekstur *vuggy*, silika-alunit, *pyrophyllite-diaspore* dan dickite-kaolin. Endapan emas HS di daerah barat daya Pasifik umumnya berasosiasi dengan *energite-pyrite-barite-alunite* (Corbett, 2012).

Fluida pembawa bijih terbagi menjadi dua, yaitu *volatile-rich phase* yang bergerak cepat dan *liquid-rich phase* yang bergerak agak lambat. Endapan ini juga dicirikan oleh kehadiran luzonit dan energit yang berasal dari *liquid-rich phase*. Selain itu, di beberapa tempat endapan jenis ini juga dicirikan dengan kehadiran mineral *vianciennite* sebagai indikasi *high sulfur fugacity* seperti pada endapan Radka di Bulgaria.

Endapan ini dapat dijumpai berada pada batuan beku maupun pada *basement* yang mengindikasikan adanya proses *uplift* atau pengangkatan yang diakibatkan oleh kompresi. Endapannya sendiri terletak pada zona alterasi *advanced argillic* dengan volume yang besar terbentuk oleh percampuran uap magma asam dan air tanah di atas zona intrusi porfiri yang termineralisasi (Hedenquist, dkk., 1998; Hedenquist, dkk., 2000). Biasanya zona alterasi *advanced argillic* tersebut memperlihatkan kenampakan adanya zoning dari bagian proximal *vuggy silica* sampai dengan kumpulan mineral penciri *advanced argillic* seperti alunit, *pyrophyllite*, dickite dan kaolinite sampai dengan bagian distal dijumpainya alterasi *argillic* (Maulana, 2017).

Endapan Epitermal Sulfidasi Rendah

Endapan sistem sulfidasi rendah atau *low sulphidation system* dicirikan oleh larutan yang bersifat netral dalam kondisi reduksi yang mengandung S dan



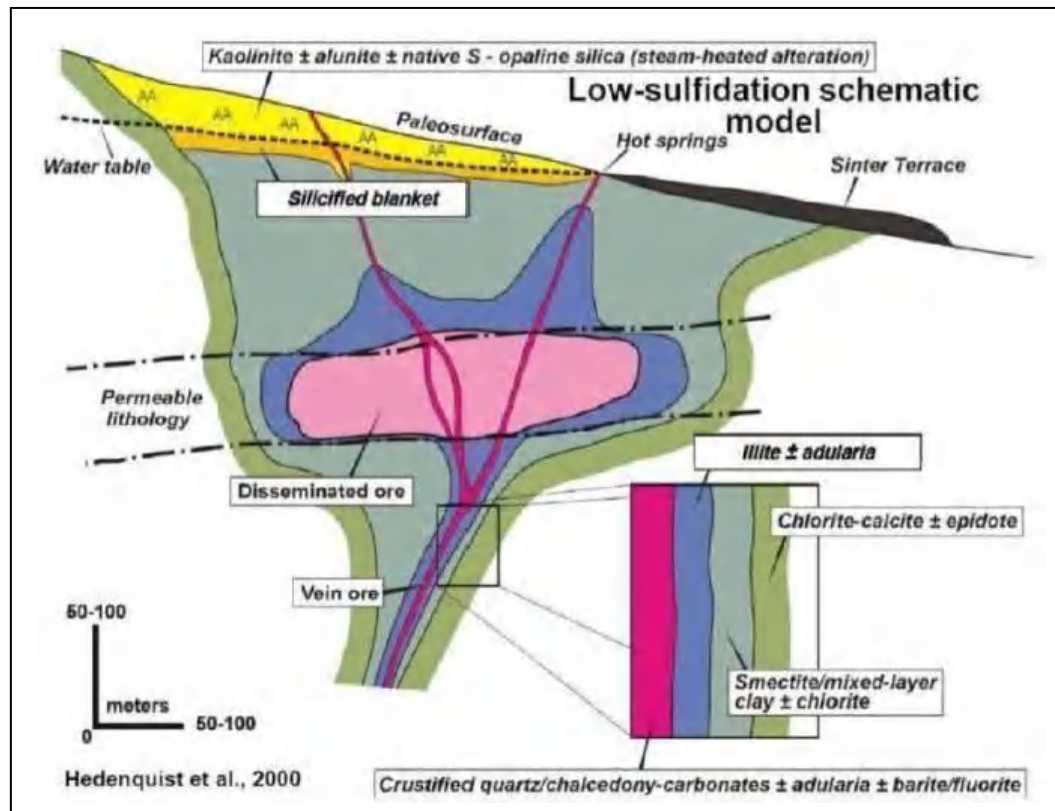
H₂S dan memperlihatkan adanya interaksi antara komponen air meteorik dan air magmatik. Pada tipe sulfidasi rendah, pengendapan mineral bijih, terutama emas dikontrol oleh adanya proses *boiling* yang disebabkan oleh adanya penurunan tekanan dari larutan yang mencapai permukaan. Proses *boiling* biasa diindikasikan dengan adanya kristal silika yang berbentuk pipih yang menggantikan kalsit (Maulana, 2017).

Ketika mencapai permukaan larutan akan keluar dan mengkristal, mengakibatkan silika terendapkan dan membentuk undak-undak silika yang disebut dengan *silica sinter terrace*. Urat-urat yang dibentuk oleh endapan LS biasanya memperlihatkan perlapisan yang bagus, sering dijumpai terjadi perulangan antara silika dan karbonat serta memperlihatkan tekstur pengisian rekahan (*open-space filling*) (Maulana, 2017).

Pola alterasi yang ditunjukkan oleh endapan ini tidak terlalu intensif seperti yang ditunjukkan oleh endapan HS, kecuali pada batuan samping yang relatif permeable (Maulana, 2017).

Pada skala kecil, endapan LS umumnya dijumpai di dalam batuan vulkanik, tetapi juga bisa dijumpai pada batuan *basement*-nya. Pola alterasi pada endapan LS memperlihatkan zonasi secara lateral dari proksimal yang dicirikan oleh kuarsa-kalsedon-adularia pada urat-urat yang termineralisasi yang pada umumnya akan memperlihatkan *curstiform-collofrom banding* dan *platy*, kuarsa dengan *lattice-texture* yang mengindikasikan proses *boiling*, sampai dengan kumpulan *illite-pyrite* dan pada bagian distal berupa kumpulan alterasi propilitik. Kehadiran illit mengindikasikan pH larutan yang cenderung normal. Ciri lain yang sangat khas pada system endapan ini yaitu banyaknya dijumpai *stockwork*, yaitu urat-urat halus yang memotong *host-rock* (Maulana, 2017).





Gambar 5. Model skematik endapan epitermal sulfidasi rendah (Hedenquist dkk, 2000).

Tabel 4. Tipe alterasi untuk endapan epitermal sulfidasi rendah (*low sulphidation*)

Tipe Alterasi	Zona (Himpunan Mineral)
Silisik	Kuarsa, kalsedon, opal, pirit, hematit
Adularia	Ortoklas (adularia), kuarsa, serisit-illit, pirit
Serisitik, Argillik	Serisit (muskovit), illit-smektit, montmorillonit kaolinit, kuarsa, kalsit, dolomit, pirit
Argillik lanjut - Asam sulfat	Kaolinit, alunite, kristobalit (opal, kalsedon), sulfur, jarosit, pirit
Silika – Karbonat	Kuarsa, kalsit
Propilitik, Alterasi Zeolitik	Kalsit, epidot, wairakit, klorit, albit, illit-smektit, monmorillonit, pirit



2.3. Tekstur Khusus Mineral Bijih

2.3.1. Tekstur Primer

Tekstur primer merupakan tekstur yang terbentuk bersamaan dengan pembentukan endapan bijih. Yang termasuk ke dalam tekstur primer adalah *melt* dan *open space filling* (Guilbert dan 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°. Lelehan besi (nikel, tembaga)-sulfur (-oksigen), dari bijih besi/nikel/tembaga umumnya mengkristal kemudian setelah silikat. 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) dan juga menghasilkan pembentukan *droplet* bundar kecil ($< 100 \mu\text{m}$) yang terjebak dalam basalt yang mendingin cepat dan gelas basaltic (Guilbert dan Park, 1986).

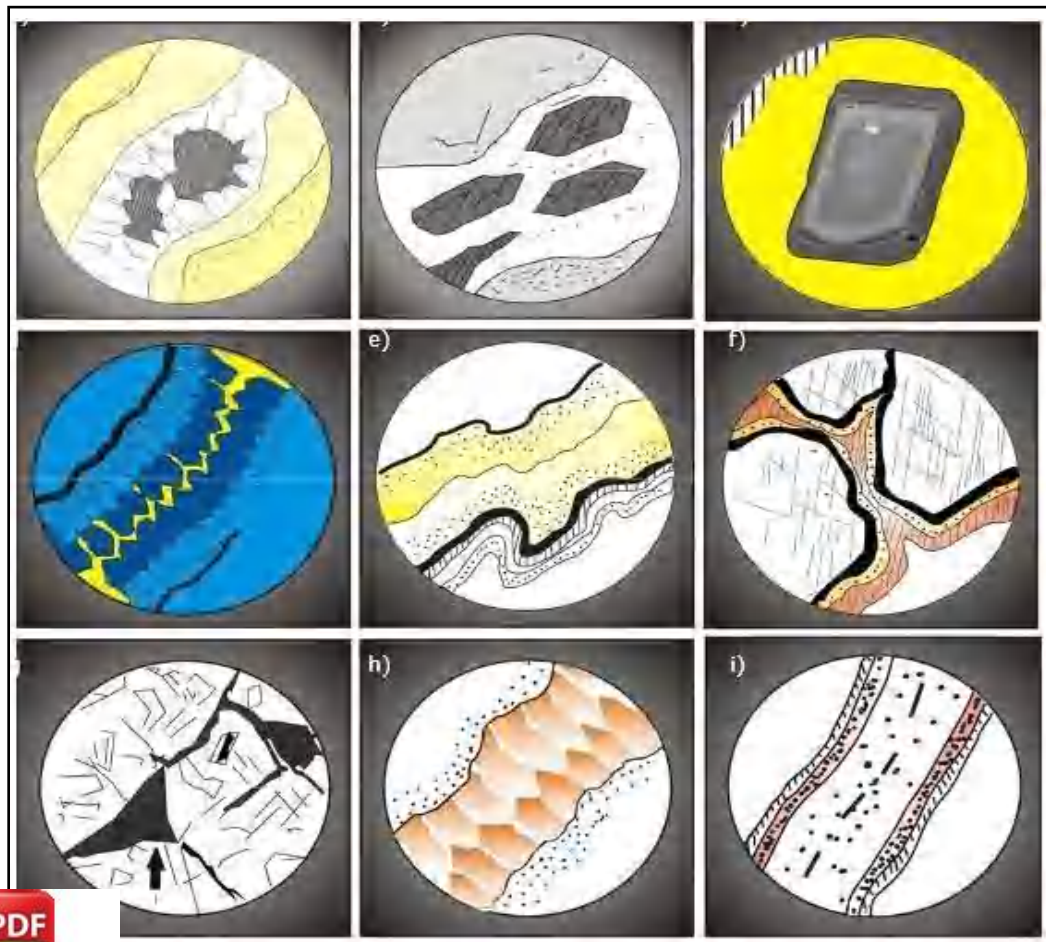
2. Tekstur Pengisian (*Open Space Filling*)

Guilbert dan Park (1986) *Open space filling* merupakan tekstur yang ntuk menentukan sejarah paragenesa endapan. Umumnya terbentuk pada ang getas, pada daerah dengan tekanan pada umumnya relatif rendah, rekahan atau kekar cenderung bertahan. Tekstur pengisian dapat inkan bentuk asli dari pori serta daerah tempat pergerakan fluida, serta mberikan 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. Kriteria tekstur pengisian dapat dikenali dari kenampakan:

- Adanya *vug* atau *cavities*, sebagai rongga sisa karena pengisian yang tidak selesai.
- 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.
- Adanya struktur *zoning* pada mineral, sebagai indikasi adanya proses pengisian, seperti mineral andradit-grosularit. Struktur *zoning* pada mineral sulit dikenali dengan pengamatan megaskopis.



- Gambar yang menunjukkan beberapa kenampakan tekstur pengisian (Guilbert dan Park, 1986). a). Vuggy atau rongga sisa pengisian, b). Kristal euhedral, c). Kristal zoning, d). Gradasi ukuran Kristal, e). Tekstur crinoidal, f). Tekstur cockade, g). Tekstur triangular, h). Comb structure, i). Pelapisan simetris.



- a. 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.
- b. 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.
- c. 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.

Untuk mengenali tekstur pengendapan, dibutuhkan pemahaman geologi terkait dengan ditempat mana fokus kita diarahkan. Hal yang utama adalah memperkirakan akses fluida dalam suatu batuan dinding yang terubah. Fluida akan bergerak melalui daerah yang mempunyai permeabilitas yang besar yang biasanya sebagai ruang terbuka.. Daerah yang membentuk tekstur pengisian, pada umumnya cenderung membentuk struktur urat (*vein*), urat halus (*veinlets*), *stockwork*, dan breksiasi (Guilbert dan Park,1986).

2.3.2. Tekstur Sekunder

Tekstur sekunder merupakan tekstur bijih yang terbentuk setelah pengendapan bijih. 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 (Guilbert dan Park,1986).

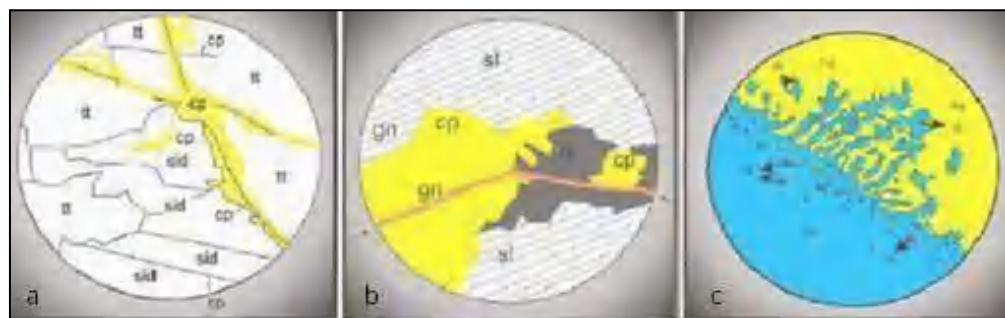
Salah satu di antara mineral yang diganti dan yang mengganti umumnya tajam & beraturan (*careous*, atau tekstur *corroded*) atau *diffuse*. Beberapa jenis *replacement* berupa *rim*, *zonal*, *frontal*. Tekstur *replacement* bergantung



pada kondisi ketika mineral tersebut di-*replace*, diantaranya adalah permukaan yang tersedia untuk terjadinya reaksi, struktur kristal mineral primer dan sekunder, dan komposisi kimia mineral primer dan fluida reaktif (Guilbert dan Park, 1986).



Gambar 7. Kenampakan yang menunjukkan tekstur *replacement* (Guilbert dan Park, 1986). a. *Pseudomorf*, bementit mengganti sebagian kristal karbonat, b. Bornit mengganti pada bagian tepi dan rekahan kalkopirit, dan c. Digenit yang mengganti kovelit dan kalkopirit, memperlihatkan lebar yang berbeda.



Gambar 8. Kenampakan yang menunjukkan tekstur penggantian (Guilbert dan Park, 1986). a). Urat 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.

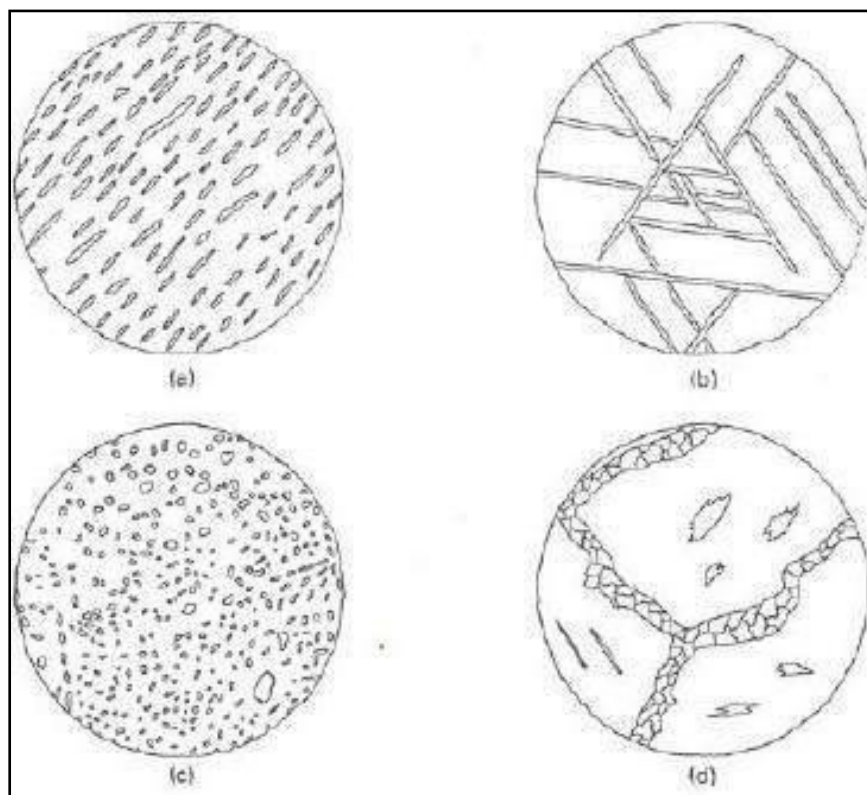
Proses ubahan dibentuk oleh penggantian sebagian atau seluruhnya tubuh mineral menjadi mineral baru. Karena pergerakan larutan selalu melewati pori, rekahan atau rongga, maka tekstur *replacement* selalu perpasangan dengan tekstur pengisian. Oleh karena itu mineralogi pada tekstur *replacement* relatif sama dengan mineralogi pada tekstur pengisian. Akan tetapi, mineralogi pengisian berukuran lebih besar. Berikut beberapa contoh kenampakan tekstur *replacement* (Guilbert dan Park, 1986).



pseudomorf, walaupun secara komposisi sudah tergantikan menjadi mineral baru, seringkali bentuk mineral asal masih belum berubah. 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
 - 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 saat temperatur 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 300°-600°C. Proses eksolusi terbentuk dari difusi, nukleasi kristalit, dan pertumbuhan kristalit atau kristal. Deplesi material terlarut di sekitar fragmen yang besar, dikenal dengan *seriate distribution*.



Gambar 9. a. Pemilahan mineral hematit dalam ilmenit b. Eksolusi lembaran ilmenit dalam magnetit c. Eksolusi butiran kalkopirit dalam sfalerit d. *Rim* eksolusi pentlandit dari pirhotit (Evans,1987).



eksolusi hematit dan ilmenit (dalam proporsi yang bervariasi) dihasilkan pendinginan dan secara umum ditemukan pada banyak batuan beku dan *high- grade. Black sands*, yang terakumulasi di banyak lingkungan

sedimen biasanya mengandung proporsi *intergrowth* hematit- ilmenit yang besar. Dikebanyakan tipe endapan, sfalerit 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 (Evans, 1987).

Mineralisasi di wilayah Erelembang, Tombolo Pao, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan merupakan salah satu tipe mineralisasi yang cukup menarik di kawasan ini. Penciri utama proses mineralisasi adalah munculnya alterasi silisifikasi, argilik-argilik lanjut, dan propilitik yang membentuk suatu zona. Kehadiran mineral alterasi spesifik yang teridentifikasi meliputi alunite, halloysite, jarosite, kaolinite, dickite, dan pyrophyllite, sebagai zona argilik-argilik lanjut, dengan luas sebarannya lebih dari 2 km², menunjukkan zona ubahan bersifat asam. Selain itu, hal lain yang menonjol adalah tekstur vuggy silica dalam zona batuan terubah karena proses pelarutan. Daerah Erelembang memiliki ciri mineralisasi berbeda dengan daerah lain di sekitarnya, seperti di daerah Talatala - Sungai Balang Makorret yang umumnya berupa tipe urat dengan ketebalan 5 cm s.d. 50 cm dan berarah relatif Barat-Timur, yang berada dalam batuan vulkanik terubah kuat dengan kumpulan mineral alterasi hidrotermal, seperti serisit, felspar (kaolin), kuarsa, pirit dan sedikit epidot (Zulkifli. MD, 2002).

