



|Research Article

Studi Alterasi dan Mineralisasi Endapan Hidrotermal di Daerah Jampea, Selayar, Sulawesi Selatan

Andi Febby Alvionita✉, Muhammad Rivaldi Amri, Irzal Nur^{ID}, Sri Widodo^{ID}

Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Hasanddin, Makassar, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received: July 25, 2025

Accepted: October 16, 2025

Published: November 27, 2025

Keywords:

alterasi
bijih
hidrotermal
mineralisasi
sulfida

Corresponding author:

Andi Febby Alvionita

Email: andifebby@unhas.ac.id

Read online:

Scan this QR code
with your smart
phone or mobile
device to read online.

Copyright © 2025 Authors

This work is
licensed under
a Creative CommonsAttribution-ShareAlike 4.0 International
License.

ABSTRAK

Mineralisasi sulfida di setiap lokasi memiliki karakteristik mineralisasi dan alterasi yang berbeda-beda tergantung pada genesis pembentukannya serta aspek yang belum dilakukan peneliti sebelumnya. Termasuk lokasi penelitian yaitu Pulau Jampea perlu identifikasi lanjutan pada beberapa aspek terkait mineralisasi sulfida seperti karakteristik alterasi hidrotermal, himpunan mineral bijih dan gangue, tipe mineralisasi, serta kisaran temperatur pembentukan, dan pH fluida hidrotermal yang membentuknya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis himpunan mineral bijih beserta urutan pembentukannya, menentukan tipe alterasi di daerah penelitian, dan menentukan model genetik mineralisasi sulfida di daerah penelitian. Penelitian dibagi dalam beberapa tahap yakni pengambilan data lapangan (sampel, plot lokasi, dan dokumentasi), preparasi sampel yang selanjutnya dilakukan pengolahan data berupa analisis laboratorium yang terdiri atas analisis petrografi, mineragrafi, dan XRD (X-Ray Diffraction). Hasil penelitian menunjukkan granit dan diorit sebagai *host rock* mineralisasi daerah penelitian. Himpunan mineral alterasi yang berasosiasi dengan mineralisasi di daerah penelitian yaitu kuarsa, serisit, kalsit, klorit, alkali feldspar, epidot, dan dolomit. Terdapat tiga zona alterasi yaitu propilik, filik, dan potasik. Mineralisasi di daerah penelitian terbentuk pada kisaran temperatur 200–320°C dengan pH fluida hidrotermal asam sampai netral. Himpunan bijih mineral bijih yang terbentuk terdiri dari dua jenis yaitu hipogen dan supergen dengan himpunan mineral berupa: pirit, kalkopirit, bornit, magnetit, kalkosit dan kovelit.

ABSTRACT

The sulfide mineralization at each location has distinct mineralization and alteration characteristics depending on its genesis and aspects not previously studied by researchers. This includes the research location, Jampea Island, which requires further identification of several aspects related to sulfide mineralization, such as hydrothermal alteration characteristics, ore and gangue mineral assemblages, mineralization types, and the range of formation temperatures and pH of the hydrothermal fluids that formed them. This study aims to analyze the ore mineral assemblages along with their formation sequence, determine the types of alteration in the research area, and establish a genetic model of sulfide mineralization in the research area. The research was conducted in several stages, including field data collection (samples, location plotting, and documentation), sample preparation, followed by data processing through laboratory analyses consisting of petrographic analysis, mineragraphic analysis, and XRD (X-Ray Diffraction). The results indicate that granite and diorite act as the host rocks for mineralization in the research area. The alteration mineral assemblages associated with mineralization in the research area include quartz, sericite, calcite, chlorite, alkali feldspar, epidote, and dolomite. There are three alteration zones: propylitic, phyllic, and potassic. Mineralization in the research area formed within a temperature range of 200–320°C, with hydrothermal fluid pH ranging from acidic to neutral. The resulting ore mineral assemblages consist of two types: hypogene and supergene, with the minerals including: pyrite, chalcopyrite, bornite, magnetite, chalcocite, and covellite.

How to cite: Alvionita, A. F., Amri, M. R., Nur, I., Widodo, S. (2025). Studi Alterasi dan Mineralisasi Endapan Hidrotermal di Daerah Jampea, Selayar, Sulawesi Selatan. *OPHIOLITE: Jurnal Geologi Terapan*, 7(2), pp. 104-111. <https://doi.org/10.56099/ophi.v7i2.p104-111>

1 Pendahuluan

Indonesia merupakan wilayah yang kaya dengan aktivitas geologi kompleks akibat interaksi berbagai lempeng tektonik, yang sangat kondusif bagi pembentukan endapan mineral hidrotermal. Salah satu proses utama dalam pembentukan endapan mineral ini adalah alterasi hidrotermal, yaitu perubahan komposisi mineralogi dan tekstur batuan akibat interaksi dengan fluida panas yang bergerak melalui rekahan atau pori-pori batuan induk (Pirajno, 2009). Alterasi hidrotermal menghasilkan zona-zona alterasi yang khas, seperti propilitik, argilik, dan silisikasi (Corbett dan Leach, 1998), dimana masing-masing zona menunjukkan mineral-mineral penanda tertentu yang berasosiasi dengan mineralisasi logam ekonomis seperti emas, tembaga, dan seng (Schwenzer dan Kring, 2013).

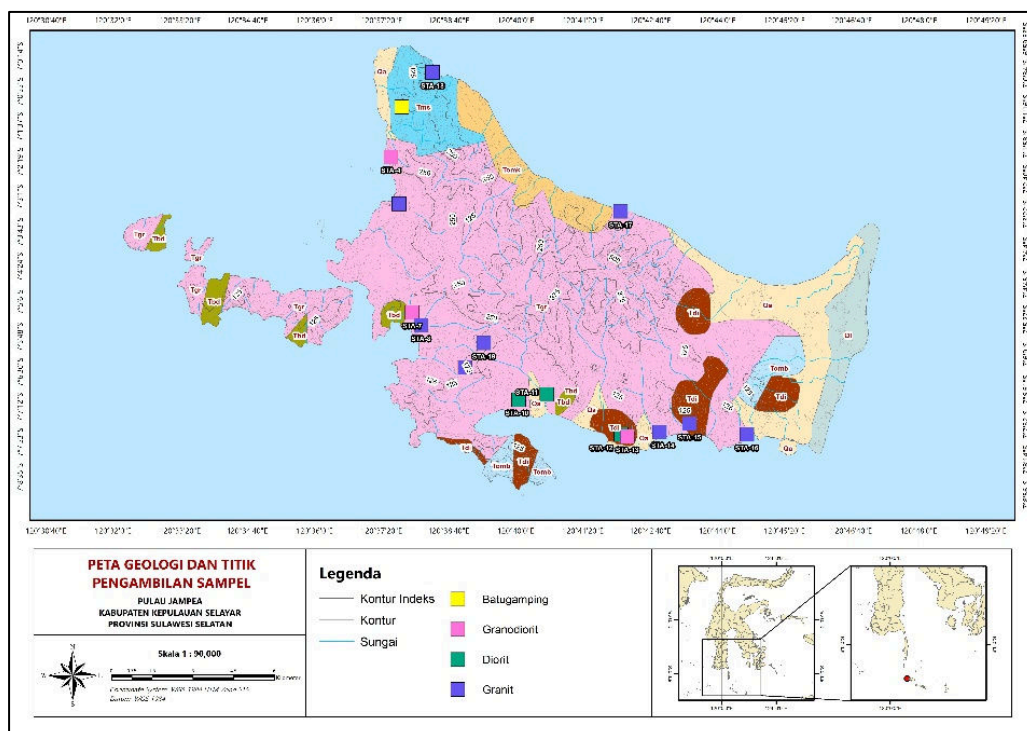
Alterasi hidrotermal merupakan proses perubahan mineralogi batuan akibat interaksi dengan fluida panas (hidrotermal) yang mengalir melalui rekahan dan struktur geologi pada batuan induk. Proses ini menyebabkan konversi mineral primer menjadi mineral sekunder yang khas, membentuk zona alterasi seperti argilik, propilitik, dan silisikasi yang dapat memberikan petunjuk mengenai kondisi fisiko-kimia dan lingkungan pembentukan mineralisasi (Kandora dkk., 2022). Mineralisasi hidrotermal terjadi bersamaan dengan atau setelah proses alterasi, di mana fluida hidrotermal membawa dan mengendapkan logam-logam ekonomis seperti emas,

tembaga, dan seng, terutama pada zona lemah dan permeabel yang dikontrol oleh struktur sesar dan kekar (Lay dan Qodri, 2023).

Secara regional, Sulawesi Selatan merupakan bagian dari Busur Sunda-Banda yang mengalami subduksi dan kolisi, membentuk struktur geologi kompleks seperti sesar dan zona vulkanik (Elburg dan Foden, 1999, Katili, 1978). Aktivitas hidrotermal di daerah Sulawesi Selatan diduga terkait dengan sejarah magmatisme Kuartar dan struktur rekahan yang menjadi jalur migrasi fluida (Soeharto, 2000). Studi pendahuluan di Jampea menunjukkan adanya indikasi mineralisasi sulfida dan alterasi argilik-propilitik yang umum pada sistem epitermal. Namun, belum ada pemetaan detail untuk mengidentifikasi tipe endapan, zonasi alterasi, serta hubungannya dengan struktur geologi setempat (Irzon, 2015).

Penelitian di daerah Jampea, Selayar, Sulawesi Selatan, perlu dilakukan mengingat wilayah Sulawesi Selatan dikenal memiliki aktivitas tektonik kompleks yang mendukung pembentukan sistem hidrotermal dan mineralisasi (Husain dkk., 2023).

Studi terdahulu di daerah sejenis di Pulau Sulawesi menunjukkan bahwa alterasi hidrotermal di daerah gunung api dan batolit terkait dengan mineralisasi tembaga dan emas yang signifikan, dengan jenis mineral alterasi yang ditemukan antara lain kuarsa, kaolinit, illit, klorit, dan pirit sebagai indikator zona alterasi yang berkembang (Lay dan Qodri, 2023).



Gambar 1 Peta geologi dan titik pengambilan sampel

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis himpunan mineral bijih beserta urutan pembentukannya, menentukan tipe alterasi di daerah penelitian, dan menentukan model genetik mineralisasi sulfida di daerah. Hasilnya diharapkan dapat menjadi basis data untuk eksplorasi mineral berkelanjutan serta memperkaya pemahaman tentang evolusi geologi regional. Selain itu, studi ini sejalan dengan prioritas pemerintah Indonesia dalam mendorong eksplorasi mineral nonlogam dan logam dasar untuk mendukung industri pertambangan nasional (Sofwan dan Dayandini, 2025).

2 Metode

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Pasimasunggu dan Pasimasunggu Timur yang memuat 19 stasiun (Gambar 1). Objek penelitian yang diamati adalah sampel batuan dengan menggunakan metode *selected sampling* dilakukan pada daerah dengan densitas singkapan dan *float* yang rapat dengan variasi litologi/mineralisasi yang kecil, dimana *sampling* dilakukan secara terpilih dan representatif.

Sebanyak 19 sampel dari lapangan, selanjutnya dikeringkan pada temperatur kamar selama kurang lebih 2-3 hari di Laboratorium Eksplorasi Mineral dan Batubara, Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin Kampus Gowa, untuk mengurangi air permukaannya, setelah proses pengurangan air permukaan, sampel dipreparasi menjadi sampel bubuk (*powder*) menggunakan agate mortar hingga ukuran 200 mesh yang akan dianalisis XRD (X-ray Diffraction) tipe Shimadzu Maxima-X XRD 7000 di Laboratorium Analisis Pengolahan Bahan Galian, Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin selama 30 menit. Data grafik yang dihasilkan dari XRD, dianalisis menggunakan program perangkat lunak atau software Match! 3 Trial Version dan dikombinasikan dengan tabel pola difraksi sinar-X yang dihasilkan oleh mineral-mineral tertentu, untuk mengidentifikasi spesies mineral yang terdapat dalam sampel.

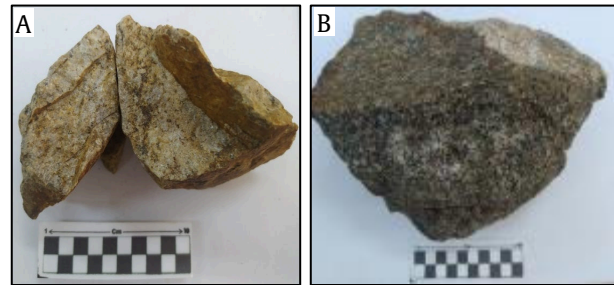
Sampel batuan yang terpilih dipotong hingga 2×3 cm kemudian dibuat sayatan poles dan sayatan tipis, selanjutnya sayatan tersebut dianalisis dengan menggunakan mikroskop polarisasi refraksi-refleksi, dimana sampel tersebut dianalisis petrografi dan mineragrafi yang bertujuan menentukan nama batuan serta mineral logam pembawa mineralisasi.

3 Hasil dan Diskusi

3.1 Deskripsi Megaskopik

Hasil pengamatan lapangan menunjukkan bahwa stratigrafi daerah penelitian didominasi oleh

batuan induk mineralisasi sulfida, yaitu granit dan diorit (Gambar 2). Batuan induk mineralisasi ini umumnya telah mengalami alterasi. Sampel batuan teralterasi memperlihatkan variasi warna, seperti abu-abu, hitam kehijauan, putih kemerahan, dan hitam kecoklatan. Pada sampel dengan alterasi lemah, jenis batuan asal masih dapat dikenali melalui pengamatan mikroskopis. Sebaliknya, pada sampel yang mengalami alterasi kuat, mineral primer sudah tidak dapat dikenali lagi dan identifikasi mineral hanya dapat dilakukan dengan analisis XRD.



Gambar 2 A. Sampel *hand specimen* granit ST-8. B. Sampel *hand specimen* diorit ST-9.

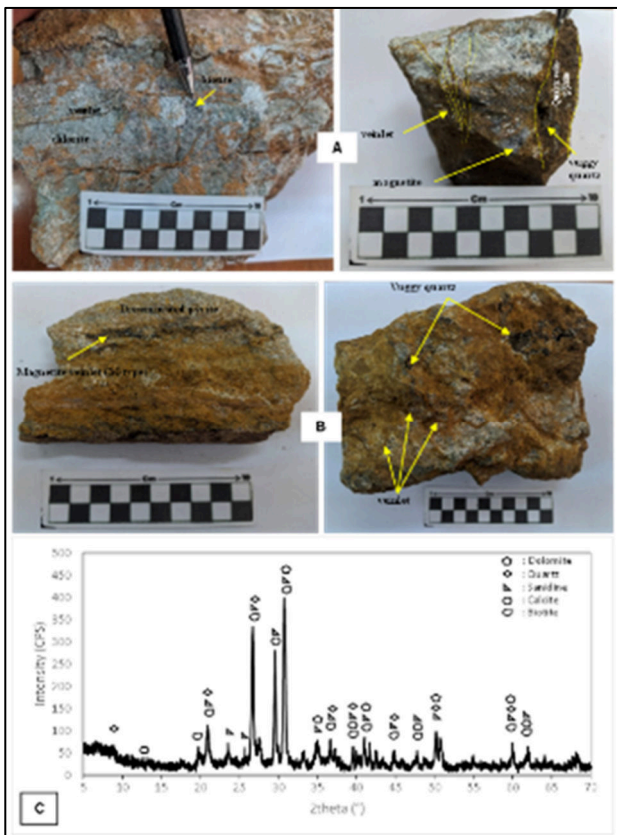
Observasi lapangan lebih lanjut mengungkapkan karakteristik spesifik batuan granit (kondisi segar) berwarna putih kemerahan hingga sebagian kehitaman (mengindikasikan alterasi), bertekstur holokristalin, serta tersusun atas mineral kuarsa, plagioklas, feldspar, dan iron oksida, sedangkan batuan diorit berwarna abu-abu putih hingga kehitaman (terindikasi teralterasi), bertekstur holokristalin dan faneritik, tersusun atas mineral kuarsa dan plagioklas, serta mengandung butiran sulfida berupa pirit (Gambar 3).

Granit sebagai *host rock* yang terintrusi mengindikasikan terjadinya injeksi fluida hidrotermal sehingga tempat granit terpotong oleh urat kuarsa termineralisasi umumnya telah mengalami alterasi (Sharma dan Srivastava, 2014). Urat kuarsa termineralisasi pada ST-12 memiliki ketebalan 20-30 cm dan panjang 14-20 m dengan kedudukan berarah timurlaut-baratdaya ($N20^{\circ}E/75^{\circ}$ dan $N15^{\circ}E/14^{\circ}$) seperti pada Gambar 3.

Mineralisasi di daerah penelitian umumnya terbentuk berupa tipe urat kuarsa yang juga dijumpai tipe *disseminated*, *vuggy quartz*, *vein* serta *veinlet*. Mineral bijih yang dapat diidentifikasi secara makroskopis berupa pirit, biotit, klorit, dan magnetit pada ST-12D1 dan ST-12E3. Berdasarkan hasil mineralogi pada sampel ST12E3 menggunakan XRD, terdapat mineral berupa kuarsa, dolomit, sanidin, kalsit, dan biotit. Tipe urat kuarsa pada ST-12D1 disertai dengan tekstur *vuggy quartz* (Gambar 4).



Gambar 3 Singkapan granit (*host rock*) yang terdapat urat kuarsa pada ST-12.



Gambar 4 A. Sampel ST-12E₃ berupa klorit, biotit, magnetit dan pirit dengan tekstur *vuggy quartz* dan *veinlet*. B. Sampel ST-13 yang terdapat *veinlet*, *vuggy*

3.2 Alterasi Daerah Pulau Jampea

Intensitas alterasi hidrotermal pada singkapan di daerah penelitian bervariasi, berkisar dari alterasi parsial (30-50%) hingga alterasi intensif (~90%). Pada batuan dengan alterasi selektif, batuan asal umumnya masih teridentifikasi melalui pengamatan makroskopis. Sebaliknya, batuan dengan alterasi pervasif umumnya hanya dapat diidentifikasi berdasarkan mineral alterasinya melalui analisis petrografi dan XRD (Warren dkk., 2007).

Sampel dari ST-10 (Gambar 5A) diambil pada singkapan dengan alterasi selektif. Secara makroskopis, batuan masih menunjukkan warna segar dominan abu-abu putih dan komposisi mineral utama kuarsa-plagioklas. Sementara itu, sampel dari ST-4 (Gambar 5B) berasal dari singkapan dengan alterasi pervasif, ditunjukkan oleh warna abu-abu kecoklatan yang mengindikasikan mineral alterasi serisit dan sulfida *disseminated* teridentifikasi pada plagioklas.



Gambar 5 A. sampel ST-10 teralterasi lemah dan B. sampel ST-4 teralterasi kuat

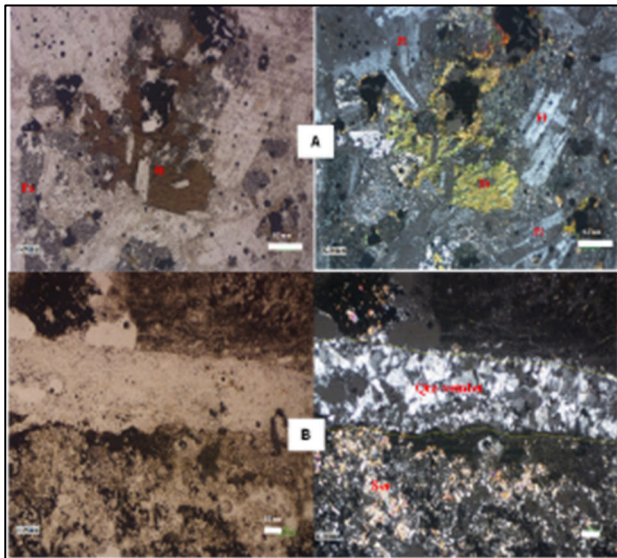
Pengamatan mikroskopis (Gambar 6) menunjukkan perbedaan mineral alterasi pada sampel ST-16 mengandung biotit dan piroksen, sedangkan ST-4 menunjukkan serisitisasi plagioklas. Sampel ST-10 dan ST-8 didominasi kuarsa dan plagioklas dengan sedikit biotit, bertekstur faneritik, dan alterasi lemah. ST-8 tidak mengandung piroksen (Gambar 7).

Pengamatan pada ST-10 dan ST-08 dapat dilihat berwarna abu-abu kecoklatan (N//) - abu-abu kekuningan (Nx); alterasi lemah; ukuran butir 0.1-0.8 mm; komposisi utama kuarsa, plagioklas, biotit ($\pm$ piroksen pada ST-10); bentuk anhedral-subhedral.

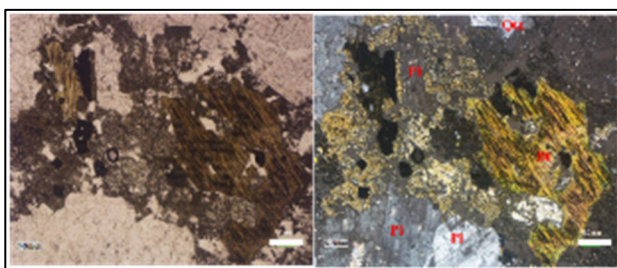
ST-12 mengalami alterasi kuat berupa serisitisasi plagioklas dan hadirnya urat kuarsa (Gambar 8), mengindikasikan interaksi fluida hidrotermal asam, sedangkan ST-13 menunjukkan kloritisasi intensif



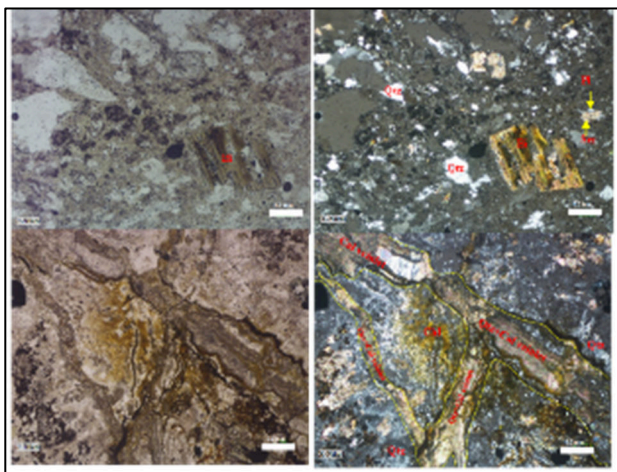
disertai epidot dan karbonat, ditandai dengan warna abu-abu kecoklatan (N//) - abu-abu kekuningan (Nx); alterasi kuat; ukuran butir <0.05–0.3 mm; komposisi kuarsa, biotit, kalsit, klorit; bentuk anhedral.



Gambar 6 A. Kenampakan mikroskopis nikol silang pada sampel ST-16. B. Kenampakan mikroskopis sampel ST-4



Gambar 7 Kenampakan mikroskopis petrografi sampel ST-10



Gambar 8 A. Sampel ST-13. B. Sampel ST-12B

Identifikasi himpunan mineral alterasi di daerah Pulau Jampea dilakukan melalui pengamatan mikroskopis (petrografi) dan XRD. Mineral penyusun batuan yang masih dapat dikenali yaitu plagioklas dan piroksen pada sampel granit dan diorit.

Mineral alterasi teridentifikasi jelas melalui karakterisasi makroskopis, mikroskopis, dan XRD (Mathieu, 2018). Analisis mineralogi menunjukkan zona alterasi daerah penelitian umumnya tersusun atas 10 asosiasi mineral utama yaitu kuarsa-serisit, serisit-albit, biotit-kuarsa, epidot-klorit, kuarsa-klorit, serisit-klorit, klorit-kalsit, kuarsa-kalsit, kuarsa-epidot, dan kuarsa-montmorillonit. Variasi asosiasi mineral ini mengindikasikan perbedaan kondisi suhu, pH, dan komposisi fluida hidrotermal dalam sistem.

3.3 Mineralisasi Daerah Pulau Jampea

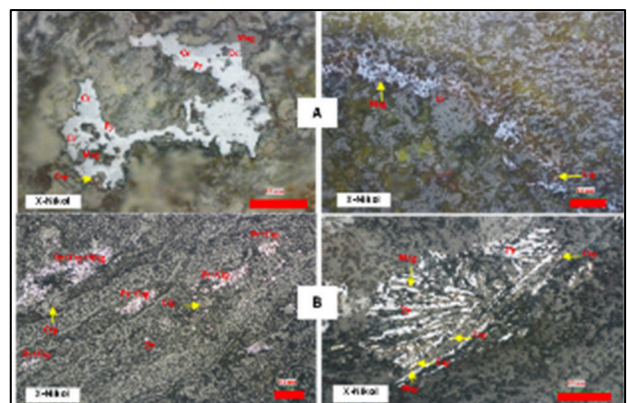
Mineralisasi di daerah Pulau Jampea umumnya dijumpai *vein* berupa pirit, kalkopirit, bornit dan magnetit dengan tipe tersebar (*disseminated*), serta *veinlet*. Identifikasi mineral bijih didasarkan pada pengamatan makroskopis, mikroskopis (mineragrafi) dan analisis XRD (Mathieu, 2018).

Mineral bijih dan paragenesis

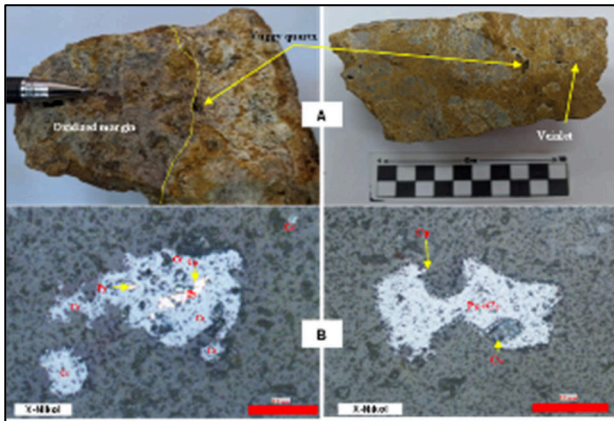
Himpunan mineral bijih yang terdapat di daerah penelitian termasuk ke dalam mineral sulfida. Himpunan mineral bijih di daerah penelitian terdapat pada stasiun 12 hingga stasiun 19.

Daerah penelitian mengandung mineral bijih hipogen (primer) dan supergen (sekunder). Secara makroskopis, mineral hipogen didominasi pirit (FeS_2) tersebar, sedangkan mineral supergen berupa bornit (Cu_5FeS_4) dan kalkosit (Cu_2S) teridentifikasi melalui mineragrafi. Kalkosit terbentuk dari pelapukan kalkopirit hipogen pada zona oksidasi.

ST13A secara makroskopis terlihat pirit tersebar dan tekstur *vuggy quartz + veinlet* (Gambar 9A) dan mikroskopis terlihat pirit hipogen (putih kekuningan, subhedral-anhedral, anisotropik, 0.1–0.3 mm) dan mineral supergen (kalkopirit, kalkosit, kovelit <0.025 mm) menggantikan pirit (Gambar 10B).

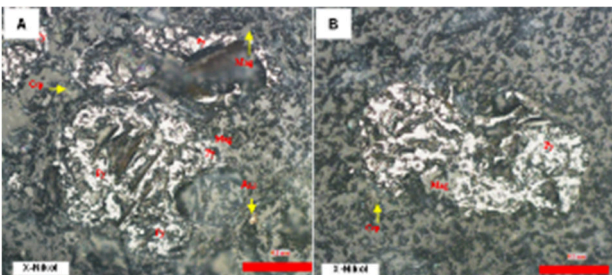


Gambar 9 A. Kenampakan mikroskopis ST-14A. B. Kenampakan mikroskopis ST-14B. Keterangan: Py (pirit), Ccp (kalkopirit), Mag (magnetit), Cc (kalkosit).



Gambar 10 A. Sampel ST-13A. B. Kenampakan mikroskopis ST-13A. Keterangan: Py (pirit), Cp (kalkopirit), Cc (kalkosit), Cv (kovelit)

ST13 secara makroskopis warna lapuk coklat kekuningan, segar hitam keabu-abuan, hipokristalin-faneritik, *veinlet* saling berpotongan, kuarsa-plagioklas-pirit terdiseminasi dan secara mikroskopis terlihat pirit, kalkopirit (inklusi), magnetit (menggantikan pirit, kuning cerah), dan emas (<0.025 mm, kuning terang, isometrik) (Gambar 11). Tekstur *replacement* tidak teratur menunjukkan paragenesis: pirit → magnetit.



Gambar 11 Sayatan poles sampel ST-13C. Keterangan: Py (pirit), Ccp (kalkopirit), Mag (magnetit), Au (emas)

Berdasarkan hasil identifikasi himpunan mineral bijih dan variasi tekstur seperti yang diuraikan, maka paragenesis mineral bijih pada mineralisasi di lokasi penelitian dapat diidentifikasi di bawah mikroskop meliputi pirit, kalkopirit, magnetit, emas, kalkosit, bornit, dan kovelit. Pirit dan bornit terbentuk bersamaan didasarkan pada keterdapatan tekstur *intergrowth* yang mengindikasikan bahwa kedua mineral ini terbentuk pada fase awal yang sama (Czamanske, 1974). Tekstur *replacement* oleh kalkopirit menggantikan pirit (Gambar 9B) yang menunjukkan bahwa kalkopirit terbentuk kemudian. Selanjutnya pirit yang digantikan oleh magnetit (Gambar 8B) yang menunjukkan bahwa magnetit terbentuk setelah pirit. Pirit yang telah hadir sebelumnya kemudian mengalami *fracture* akibat struktur, sehingga memungkinkan magnetit mengisi rekahan-rekahan pada mineral fase awal tersebut yakni pirit, membentuk tekstur *open-space filling*. Kalkosit yang mengganti mineral pirit (Gambar 9A) juga memperlihatkan tekstur *replacement* menandakan kalkosit terbentuk setelah pirit. Hadirnya kovelit dalam bentuk fenokris (Gambar 10B) menunjukkan bahwa kovelit hadir setelah pirit terbentuk melalui proses supergen. Begitu juga dengan kehadiran emas (Gambar 11) melalui proses supergen yang menunjukkan bahwa emas hadir setelah pirit terbentuk. Dari seluruh sayatan poles yang dianalisis, umumnya menunjukkan bahwa mineral pirit selalu terbentuk pada fase yang lebih awal dibandingkan mineral bijih lainnya mengalami proses *replacement* sebagian kecil maupun hampir keseluruhan dari pirit tersebut. Secara umum, paragenesis mineral bijih di daerah Pulau Jampea dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Paragenesis mineral bijih di Pulau Jampea

Mineral bijih	Hipogen		Supergen
	Tahap awal	Tahap akhir	
Pirit	<i>Intergrowth</i>	<i>Open-space filling</i>	
Kalkopirit	<i>Intergrowth, Inclusion</i>		
Magnetit	<i>Intergrowth, Open-space filling, Replacement</i>		
Bornit	<i>Intergrowth, Replacement</i>		
Emas	<i>Intergrowth</i>		
Kalkosit			<i>Replecement</i>
Kovelit			<i>Replecement</i>

Berdasarkan observasi lapangan dan analisis petrografi, batuan induk di daerah penelitian (Pulau Jampea, Kecamatan Pasimasunggu dan Pasimasunggu Timur) terdiri dari granit dan diorit berumur Miosen Tengah hingga Eosen-Oligosen (Imran, 2023). Keduanya merupakan batuan beku intrusif menengah-asam yang kaya akan feldspar dan kuarsa, indikator lingkungan geologi kondusif bagi

pembentukan sistem hidrotermal (Hüseyinca dan Küpeli, 2021). Batuan granit dan diorit berpotensi berasosiasi dengan sistem mineralisasi porfiri atau epitermal, bergantung pada pematangan magmatisme dan perkembangan sistem hidrotermalnya (Sillitoe, 1996). Studi mineralogi mengidentifikasi mineral bijih hipogen (pirit, kalkopirit, magnetit, emas) dan supergen (bornit,

kalkosit, kovelit), serta kuarsa dalam tekstur vuggy, urat, dan terdiseminasi. Tekstur mineral seperti *intergrowth*, *open-space filling*, *replacement*, dan *cockade vein* merekam evolusi sistem dari kondisi hipogen (suhu-tekanan tinggi) menuju supergen (pelindian dan represipitasi oleh fluida asam) (Alt dan Teagle, 2000). Kehadiran pirit dengan inklusi emas mikroskopik dan asosiasi mineral lainnya menunjukkan potensi mineralisasi logam dasar dan mulia. Dominasi kuarsa *vuggy*, tekstur *cockade*, dan mineral alterasi seperti serisit mengindikasikan sistem epitermal sulfidasi tinggi (Burnham, 1962). Sistem ini berkembang pada kedalaman dangkal (<1,5 km) dan temperatur 200–300°C, dipicu oleh *degassing* magma kaya sulfur (Sillitoe, 1996). Karakteristik tersebut menegaskan potensi prospek mineralisasi, khususnya emas, di daerah penelitian.

4 Kesimpulan

Studi alterasi dan mineralisasi di Pulau Jampea mengidentifikasi dua himpunan mineral bijih: hipogen (pirit, kalkopirit, emas, bornit, magnetit) dan supergen (kalkosit, kovelit). Mineral alterasi yang terasosiasi terdiri atas kuarsa, serisit, kalsit, klorit, biotit, dan epidot, membentuk sepuluh kelompok asosiasi utama. Berdasarkan karakteristik himpunan mineral, suhu pembentukan, dan pH hidrotermal asam, tipe genetik mineralisasi di daerah ini diinterpretasikan sebagai hidrotermal. Kehadiran bornit, kalkopirit, kalkosit, magnetit, serta tekstur primer (urat *cockade/crushtiform*) dan tekstur *vuggy quartz* mengindikasikan tipe endapan epitermal sulfidasi tinggi.

Referensi

- Alt, J. C. & Teagle, D. A. H. 2000. Hydrothermal alteration and fluid fluxes in ophiolites and oceanic crust. *In*: Dilek, Y., Moores, E. M., Elthon, D. & Nicolas, A. (eds.) Ophiolites and oceanic crust: new insights from field studies and the Ocean Drilling Program. Geological Society of America. <https://doi.org/10.1130/0-8137-2349-3.273>
- Burnham, C.W., 1962. Facies and types of hydrothermal alteration. *Economic Geology*, 57, pp. 768–784. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.57.5.768>
- Corbett, G. J. & Leach, T. M. 1998. Southwest Pacific Rim Gold-Copper Systems. Australia, Society of Economic Geologists. <https://doi.org/10.5382/SP.06>
- Czamanske, G.K., 1974. The FeS Content of Sphalerite Along the Chalcopryrite-Pyrite-Bornite Sulfur Fugacity Buffer. *Economic Geology*, 69(8), pp. 1328–1334. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.69.8.1328>
- Elburg, M.A. & Foden, J., 1999. Geochemical response to varying tectonic settings: An example from southern Sulawesi (Indonesia). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 63, pp. 1155–1172. [https://doi.org/10.1016/S0016-7037\(98\)00298-1](https://doi.org/10.1016/S0016-7037(98)00298-1)
- Husain, R., Kaharuddin, K., & Wahyu, F., 2023. Karakteristik Olistolit Daerah Tondong Tallasa, Sulawesi Selatan. *Jurnal Goesapta*, 9(2), pp. 111–116. <https://doi.org/10.20527/jg.v9i2.16423>
- Hüseyinca, M. Y., & Küpeli, S. 2022. Geochemistry of Upper Eocene-Oligocene sandstones from Tuzgölü Basin (Central Anatolia). *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(1), pp. 157–169. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.1018818>
- Imran, A.M., 2023. Pengantar Geologi Batuan Karbonat. Yogyakarta. Penerbit K-Media.
- Irzon, R. 2015. Genesis Granit Muncung dari Pulau Lingga Berdasarkan Data Geokimia dan Mikroskopis. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 16(3), pp. 141–149. <https://doi.org/10.33332/jgsm.geologi.v16i3.38>
- Kandora, T.A.H., Nur, I., Irfan, U.R., 2022. Preliminary Study; Hydrothermal Alteration on Supergene Copper Deposits in Tonra Area Bone Regency South Sulawesi Province. *Jurnal Geoelebes*, 6(2), pp. 187–193. <https://doi.org/10.20956/geoelebes.v6i2.20431>
- Katili, J. A. 1978. Past and present geotectonic position of Sulawesi, Indonesia. *Tectonophysics*, 45(4), pp. 289–322. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(78\)90166-x](https://doi.org/10.1016/0040-1951(78)90166-x)
- Lay, A.S.P.D. & Qodri, M.F., 2023. Kontrol Geologi Terhadap Alterasi dan Mineralisasi Daerah Jladri, Karangbolong, Jawa Tengah. *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi XVIII*, pp. 376–382.
- Mathieu, L. 2018. Quantifying Hydrothermal Alteration: A Review of Methods. *Geosciences*, 8(7), pp. 245. <https://doi.org/10.3390/geosciences8070245>

- Pirajno, F. (2009). Skarn Systems. pp. 535-580. *In*: Hydrothermal Processes and Mineral Systems. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8613-7_6
- Schwenzer, S. P., & Kring, D. A. 2013. Alteration minerals in impact-generated hydrothermal systems– Exploring host rock variability. *Icarus*, 226(1), 487-496.
- Sharma, R., Srivastava, P.K. 2014. Hydrothermal Fluids of Magmatic Origin, pp. 181-208. *In*: Kumar, S., Singh, R. (eds) Modelling of Magmatic and Allied Processes. Society of Earth Scientists Series. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-06471-0_9
- Sillitoe, R.H., 1996. Granites and metal deposits. *Episodes*, 19(4), pp. 126-133. <https://doi.org/10.18814/epiiugs/1996/v19i4/006>
- Soeharto, R. S. 2000. Hasil Ekplokasi Mineral Logam di Jalur Busur Magmatik Sunda-Banda. Kolokium Hasil Kegiatan Lapangan DSM–2000, didownload dari <http://psdg.bgl.esdm.go.id/kolokium/>
- Sofwan, E. & Dayandini, H. P. 2025. Tantangan dan Peluang Hilirisasi Pertambangan Komoditas Mineral Batubara Menuju Indonesia Emas 2045 : Evaluasi Penegakan Hukum dan Penataan Administrasi Perizinan Tambang. *Jurnal Rechts Vinding: Media Pembinaan Hukum Nasional*, 14(1), pp. 107–123. <https://dx.doi.org/10.33331/rechtsvinding.v14i1.2156>
- Warren, I., Simmons, S.F., Mauk, J.L., 2007. Whole-rock geochemical techniques for evaluating hydrothermal alteration, mass changes, and compositional gradients associated with epithermal Au-Ag mineralization. *Economic Geology*, 102(5), pp. 923–948. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.102.5.923>