

Karakteristik Mineralisasi Endapan Epitermal di Daerah Hulawa Kecamatan Buntulia, Kabupaten Pohuwato

Aisyah Alya Humayrah Panai¹, Aang Panji Permana^{2*}, dan Muhammad Kasim³

¹Prodi Teknik Geologi Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo

*Email Koresponden: aang@ung.ac.id

Diterima: 11-11-2024

Disetujui: 11-28-2024

Publish: 02-12-2024

Abstrak Mineralisasi merupakan proses penggantian unsur-unsur tertentu dalam mineral yang terdapat pada batuan dinding oleh unsur-unsur lain yang berasal dari larutan, sehingga mineral tersebut menjadi lebih stabil. Proses ini terjadi akibat adanya larutan hidrotermal yang mengalir dan mengisi porositas batuan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis karakteristik mineralisasi yang berkembang di daerah penelitian. Lokasi penelitian terletak di Desa Hulawa, Kecamatan Buntulia, Kabupaten Pohuwato, Provinsi Gorontalo, yang juga berada di dalam area Izin Usaha Pertambangan (IUP) PT. Puncak Emas Tani Sejahtera dan area Kontrak Karya PT. Gorontalo Sejahtera Mining, dengan luas cakupan sekitar 1,84 km². Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis mineragrafi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daerah penelitian memiliki tiga satuan litologi utama, yaitu riadasit autobreksia, riadasit porfiritik banded, riadasit porfiritik, dan tuf yang berumur Pliosen. Struktur geologi yang mengontrol daerah penelitian terdiri dari sesar normal left-slip fault dan left-slip fault, dengan pola kekar berarah Timur Laut – Barat Daya dan Barat Laut – Tenggara. Mineralisasi di daerah penelitian umumnya terendapkan pada urat kuarsa oksida, breksi hidrotermal, dan disseminasi mineral, dengan litologi riadasit sebagai batuan induk mineralisasi. Berdasarkan analisis mineragrafi, mineralisasi yang ditemukan meliputi elektrum, argentit, pirit, kalkopirit, kalkostibit, kovelit, galena, dan sfalerit, yang umumnya memiliki tekstur intergrowth, disseminasi, dan replacement. Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa daerah penelitian merupakan endapan epitermal tipe sulfida rendah.

Kata kunci: Mineralisasi, epitermal sulfida rendah, Hulawa

Abstract Mineralization is the process of placing certain elements in minerals found in wall rocks by other elements from the environment, so that the minerals become more stable. This process occurs due to the presence of hydrothermal solutions that flow and fill the porosity of the rock. The purpose of this study was to analyze the characteristics of mineralization that developed in the study area. The research location is located in Hulawa Village, Buntulia District, Pohuwato Regency, Gorontalo Province, which is also within the Mining Business License (IUP) area of PT. Puncak Emas Tani Sejahtera and the Contract of Work area of PT. Gorontalo Sejahtera Mining, with a coverage area of approximately 1.84 km². The method used in this study is mineralographic analysis. The results of the study indicate that the study area has three main lithological units, namely autobreccia rhyodacite, banded porphyritic rhyodacite, porphyritic rhyodacite, and Pliocene tuff. The geological structure that controls the research area consists of left normal faults and left faults, with fracture patterns trending Northeast - Southwest and Northwest - Southeast. Mineralization in the research area is generally deposited in quartz oxide, hydrothermal breccia, and mineral dissemination, with rhyodacite lithology as the source rock of mineralization. Based on mineralization analysis, the mineralization found includes electrum, argentite, pyrite, chalcopryrite, chalcostibite, covellite, galena, and sphalerite, which generally have intergrowth, dissemination, and replacement textures. From the results of the study, it can be concluded that the research area is a low sulfide type epithermal deposition.

Keywords: Mineralization, Low sulfide epithermal, Hulawa

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara yang memiliki kekayaan sumber daya mineral yang melimpah. Menurut Silitoe (1994), Indonesia memiliki potensi mineralisasi logam mulia dan logam dasar dengan tipe deposit yang ditemukan pada Busur Vulkanik-Plutonik tipe-I/magnetit, yang terbentuk akibat proses subduksi. Dominasi metalogeni di Indonesia berupa endapan porfiri tembaga (Cu) dan epitermal emas (Au). Potensi mineral ini tersebar di sepanjang 15 busur magmatik yang berumur Mesozoikum akhir hingga Kenozoikum, dengan panjang sekitar 15.000 km di wilayah daratan Indonesia. (Carlile & Mitchell, 1994).

Mineralisasi adalah proses penggantian unsur-unsur tertentu dalam mineral yang terdapat pada batuan dinding oleh unsur-unsur lain yang berasal dari larutan, sehingga mineral tersebut menjadi lebih stabil melalui pertukaran ion. Secara umum, mineralisasi terbentuk akibat larutan hidrotermal yang mengalir dan melewati porositas batuan, yang menyebabkan terjadinya alterasi. Alterasi ini mengubah komposisi kimia, mineralogi, dan tekstur batuan yang dilalui oleh larutan tersebut. Struktur rekahan pada batuan memainkan peran penting dalam proses ini, karena menjadi jalur utama bagi larutan hasil magmatisme untuk masuk, mengisi, dan mengendapkan mineral bijih. (Bakkar, 2019)

Sepanjang busur lengan utara Pulau Sulawesi, wilayah yang mengalami mineralisasi cukup intensif terletak di Sulawesi Utara-Sangihe, yang secara geografis dikenal sebagai Lengan Utara Sulawesi. Wilayah ini memiliki tipe deposit yang dominan, yaitu endapan porfiri serta endapan epitermal dengan tingkat sulfidasi rendah dan tinggi. (Idrus et al., 2011).

Provinsi Gorontalo khususnya di Kabupaten Pohuwato merupakan salah satu daerah yang memiliki prospek cadangan emas yang sangat baik. Gunung Pani yang secara administrasi terletak pada Desa Hulawa, Kecamatan Buntulia, Kabupaten Pohuwato merupakan daerah yang sedang gencar-gencarnya dilakukan kegiatan eksplorasi oleh PT. Gorontalo Sejahtera Mining dan PT. Puncak Emas Tani Sejahtera. Penambangan pada daerah ini sudah sangat lama dilakukan, hal ini bisa dilihat dari banyaknya lokasi-lokasi penambangan emas yang dilakukan secara tradisional oleh masyarakat sekitar.

Bakkar (2019) Melakukan penelitian mengenai Karakteristik Alterasi dan Mineralisasi di Blok Pani dengan metode pengambilan data berupa pemetaan geologi dan metode analisa laboratorium berupa Analisa petrografi, mineragrafi serta Analisa geokimia berupa ASD.

Mineralisasi pada daerah penelitian merupakan stockwork urat kuarsa dan breksi hidrotermal dan beberapa ditemui secara diseminasi. Urat yang terbentuk merupakan urat kuarsa dengan komposisi kuarsa-oksida besi (hematit, geotit dan jarosit sebagai hasil oksidasi dari mineral sulfida) dengan tekstur urat seperti drussy, sakaroidal, dogtooth, dan lattice bladed. Berdasarkan pengamatan mineragrafi yang dilakukan keseluruhan mengandung mineral bijih dengan tekstur diseminasi, intergrowth, dan penggantian/replacement.

Mineral bijih yang tampak berupa mineral sulfida yang terdiri dari pirit, kalkopirit, arsenopirit, galena, spalerit, bornit, kovelit, emas, dan elektrum. Karakteristik tipe endapan hidrotermal pada daerah penelitian berupa endapan epitermal sulfidasi rendah. Struktur geologi yang mengontrol mineralisasi merupakan Normal right slip fault berarah E-W diinterpretasikan sebagai struktur pre-mineralisasi, sedangkan normal left slip fault berarah NNE - SSW diinterpretasikan sebagai struktur sin-mineralisasi.

Arini, (2018) melakukan penelitian mengenai Kontrol Geologi terhadap Mineralisasi Emas Sistem Epitermal Prospek Altin pada Blok Pani dengan metode berupa pemetaan geologi, analisa petrografi, serta Analisa, serta Analisa mineragrafi. Sistem endapan emas epitermal sulfidasi rendah berumur Pliosen. Mineralisasi bijih terdapat pada urat breksi hidrotermal dan masif dengan tekstur comb, drussy, dan sakaroidal berukuran 0.5 mm-5 cm dengan arah umum timur laut-barat daya. Mineralisasi dikontrol oleh faktor geologi berupa litologi, struktur dan oksidasi (supergen). Faktor geomorfologi dan supergen menaikkan konsentrasi/kadar mineral logam, litologi dasit porfiri sebagai host rock dan breksi polimik menurunkan kadar mineral logam, dan struktur Mio-Pliosen yang memiliki 2 orde (orde pertama memiliki arah gaya utara barat laut-selatan tenggara sedangkan orde kedua memiliki arah barat-timur) sebagai jalan pembuka vulkanisme dan mineralisasi pada urat dengan arah urat syn mineralisasi timur laut. Mineral bijih yang terdapat pada prospek 'Altin' antara lain adalah mineral pirit, sfalerit, galena, pirhotit, kalkopirit, bornit, tennantit. Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan peneliti maka peneliti mengangkat tujuan penelitian mengetahui karakteristik mineralisasi endapan epitermal di Daerah Hulawa, Kecamatan Buntulia, Kabupaten Pohuwato.

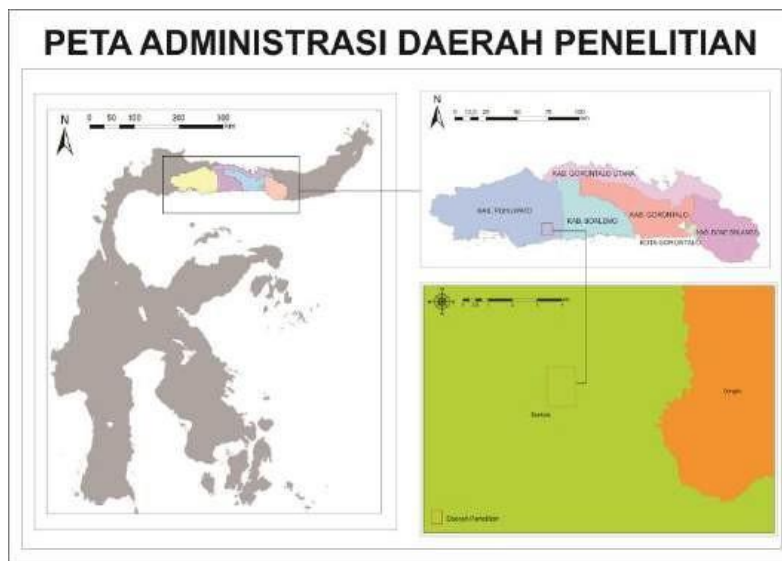
2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan berupa metode observasi lapangan, metode ini digunakan untuk memperoleh fakta fakta dari segala gejala serta kondisi yang terjadi untuk mendapatkan keterangan secara faktual terhadap kondisi lapangan. Metode observasi lapangan akan lebih spesifik terhadap kondisi geologi permukaan pada lokasi penelitian. Metode ini meliputi orientasi medan, pengamatan morfologi, pengamatan singkapan serta litologi, dan pengukuran struktur geologi yang berkembang (Permana et al,

2019; 2020; 2021; 2022; 2024; Marfian et al, 2023; Mane et al, 2024; Damogalad et al, 2024; Mooduto et al, 2024; Robot et al, 2024; Sandi et el, 2024; Triyani et al, 2024; Wowiling et al, 2024). Pengamatan terhadap mineralisasi yang berkembang, dan pengambilan sampel batuan yang kemudian akan dilakukan analisis di laboratorium. Analisis laboratorium yang dilakukan berupa analisis mineragrafi.

Lokasi Penelitian

Secara administrasi daerah penelitian terletak pada Desa Hulawa Kecamatan Buntulia Kabupaten Pohuwato, Provinsi Gorontalo. Daerah penelitian memiliki luas cakupan 1,84 Km². Daerah termasuk kedalam daerah IUP PT. Puncak Emas Tani Sejahtera serta Daerah Kontrak Karya PT. Gorontalo Sejahtera Mining (Gambar 1).



Gambar 1 Peta Lokasi Penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Mineralisasi

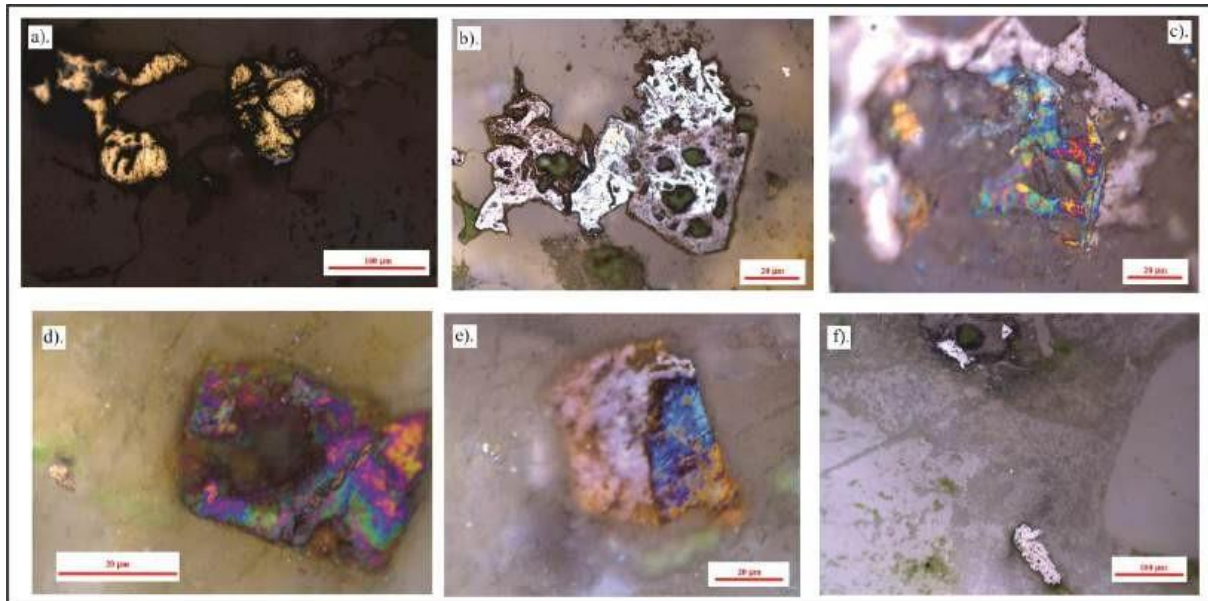
Mineralisasi di daerah penelitian dan sekitarnya terkait erat dengan keberadaan urat-urat kuarsa oksida dan breksi hidrotermal. Karakteristik mineralisasi dapat dianalisis melalui beberapa aspek utama, yaitu ciri fisik seperti warna, ukuran, dan tekstur mineral, komposisi kimia, asosiasi antar mineral, serta lokasi pengendapan mineralisasi.

Tipe mineralisasi di daerah penelitian diinterpretasikan sebagai endapan epitermal dengan sulfidasi rendah, yang ditandai oleh adanya urat-urat kuarsa stockwork dan breksi hidrotermal. Urat-urat tersebut terbentuk pada suhu yang berkisar antara kurang dari 150°C hingga sekitar 300°C (Gambar 2). Untuk mengidentifikasi jenis mineral logam di daerah penelitian, dilakukan analisis sampel menggunakan metode mineragrafi. Kandungan mineral logam dalam sampel dapat dikenali melalui pembuatan sayatan poles.



Gambar 2 A). Urat Kuarsa Oksida, B). Diseminasi Mineral, C). Breksi Hidrotermal

Batuan yang menjadi batuan induk mineralisasi adalah riadasit dengan tekstur porfiritik, yang umumnya telah mengalami perubahan dan mengandung urat kuarsa oksida. Berdasarkan identifikasi sayatan poles, ditemukan mineral seperti pirit, kalkopirit, galena, sfalerit, kalkostibit, dan elektrum (Au-Cu, Au-Ag) dengan tekstur intergrowth dan diseminasi mineral pirit di dalam batuan ini. Selain itu, mineralisasi juga ditemukan pada breksi hidrotermal dengan tipe crackle breccia, yang berdasarkan identifikasi sayatan poles, terisi oleh mineral argentit dan elektrum (Au-Cu, Au-Ag) (Gambar 3).



Gambar 3 A). Pyrite, Kalkopirit, Spalerit B). Spalerit, Galena, Pirit C). Au – Ag – Cu, Kalkostibit D). Kalkostibit, Kovelit, Au – Ag, E). Au, Au – Ag, Kalkostibit, F). Argentit

1. Pirit (FeS_2)

Pyrite berwarna cream, reflektivitas sedang, berbentuk subhedral, kenampakan isotrop pada XPL, mineral berukuran $50 \mu\text{m}$ – $200 \mu\text{m}$, Pyrite intergrowth bersama Chalcopyrite serta terdapat pula pyrite yang bertekstur diseminasi.

2. Kalkopirit (CuFeS_2)

Chalcopyrite berwarna kuning tua, berukuran $10 \mu\text{m}$ – $25 \mu\text{m}$, Chalcopyrite memiliki reflektivitas medium terhadap cahaya, dan anisotropy lemah (coklat). Chalcopyrite terlihat intergrowth bersama Pyrite, serta terdapat pula Chalcopyrite yang bertekstur diseminasi.

3. Sphalerite (Zn,Fe)S

Sphalerite berwarna abu-abu kehitaman menunjukkan kaya akan kandungan Fe, reflektivitas rendah, isotrop, dan tidak menunjukkan internal refleksi. Berukuran $5 \mu\text{m}$ – $150 \mu\text{m}$ dengan bentuk euhedral-anhedral mineral ini intergrowth dengan galena, dan bertekstur diseminasi.

4. Galena (PbS)

Galena berwarna putih, reflektivitas sedang-tinggi, isotropic. Galena berukuran $20 \mu\text{m}$ – $50 \mu\text{m}$, berbentuk euhedral-anhedral, relief tinggi, memberikan kenampakan kristal galena dan mineral sphalerite dengan tekstur intergrowth.

5. Elektrum (Au – Ag – Cu)

Pada Elektrum memberikan kenampakan warna yang bervariasi tergantung dari komposisi utamanya. Warna emas terang menunjukkan komposisi dari Au tinggi, warna emas kemerahan sampai biru menunjukkan elektrum yang kaya akan unsur Cu, sedangkan warna putih terang menunjukkan elektrum yang kaya akan unsur Ag. Elektrum memiliki kenampakan isotrop pada XPL, reflektivitas tinggi, berbentuk anhedral, dan berukuran $12 \mu\text{m}$ – $200 \mu\text{m}$. Elektrum menunjukkan tekstur intergrowth bersama mineral kalkostibite dan covellite yang merupakan mineral pembawa unsur Cu.

6. Chalcocite (Cu_2S)

Chalcocite berwarna biru terang, berukuran $5\ \mu m - 40\ \mu m$, reflektivitas medium – tinggi, anisotropy lemah (coklat), intergrowth bersama elektrum.

7. Covellite (CuS)

Covellite berwarna ungu, reflektivitas rendah, anisotropik kecoklatan, berukuran $5\ \mu m - 30\ \mu m$, dengan bentuk anhedral. Pada MP2 Covellite bertekstur intergrowth dengan elektrum.

8. Argentite (Ag_2S)

Argentite berwarna abu-abu terang kebiruan, reflektivitas medium, Isotropic, berukuran $20\ \mu m - 100\ \mu m$, berbentuk subhedral, dan memiliki relief tinggi, mineral ini bertekstur diseminasi.

3.2. Paragenesa mineralisasi

Paragenesa dalam konteks mineralisasi adalah suatu metode untuk menentukan urutan waktu pembentukan dari asosiasi mineral atau beberapa mineral yang berbeda dengan mengidentifikasi jenis mineral dan karakteristik tekstur yang hadir pada suatu lingkungan pengendapan (Craig dan Vaughan, 1994)(Tabel 1).

Tabel 1. Interpretasi Paragenesa Mineralisasi Bijih Di Daerah Penelitian

Mineral Bijih	Tahap I	Tahap II	Tahap III	Tahap IV
Pirit	_____			
Kalkopirit	_____			
Sfalerit		_____		
Galena		_____		
Kalkostibit			_____	
Elektrum				_____
Kovelit				_____
Argentit			_____	

Berdasarkan hasil pengamatan analisis mineragrafi pada sampel poles, dapat diinterpretasikan paragenesa mineral bijih dari tekstur bijih yang terlihat. Pada tahap pertama, mineral pirit terbentuk bersamaan dengan kalkopirit. Pada tahap kedua, terbentuk mineral sfalerit dan mineral galena dengan tekstur penggantian/replacement terhadap pirit. Selanjutnya, pada tahap ketiga, terbentuk mineral kalkostibit dan argentit, dan pada tahap terakhir (keempat), terbentuk elektrum dan kovelit.

3.3. Karakteristik dan Tipe Endapan

Menurut klasifikasi Hedenquist, et al. (2000), penentuan tipe endapan epitermal didasarkan pada beberapa karakteristik tertentu. Karakteristik tipe endapan di daerah penelitian dianalisis berdasarkan batuan induk, tekstur mineral bijih, dan dominasi mineral sulfida yang ditemukan. Daerah penelitian memiliki batuan induk berupa riodasit, dengan tekstur bijih yang ditemukan meliputi diseminasi, intergrowth, dan penggantian. Mineral bijih yang teridentifikasi di daerah penelitian, berdasarkan pengamatan lapangan dan analisis mineragrafi, meliputi pirit, kalkopirit, galena, sfalerit, kalkostibit, kovelit, argentit, dan elektrum. Mineralisasi umumnya ditemukan sepanjang urat kuarsa oksida, breksi hidrotermal, serta sedikit pada diseminasi. Berdasarkan temuan-temuan tersebut, peneliti mengklasifikasikan daerah penelitian sebagai tipe endapan epitermal sulfidasi rendah. Klaim ini juga didukung oleh penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa daerah prospek Gunung Pani termasuk dalam tipe endapan epitermal sulfidasi rendah dengan kadar emas yang relatif rendah (Kavalieris, 1981).

Tabel 2. Perbandingan Karakteristik Endapan Epitermal Sulfida Rendah Menurut Hedenquist Et. Al., (200) Dengan Daerah Penelitian

Perbandingan endapan epitermal sulfidasi rendah pada daerah penelitian		
Karakteristik	Sulfida Rendah	Daerah Penelitian
Asosiasi mineral	Dominan pirit, spalerit, galena, galena, kalkopirit, arsenopirit, elektrum, emas	Dominan pirit, kalkopirit, galena, sphalerite, chalcostibite, dan elektrum.
Mineralisasi	Open-space veins dan cavity filling	veins dan cavity filling
Struktur	Rekahan dengan kedalaman tinggi Breksi magmatik-hidrotermal, breksi diatrema	Struktur Breksi hidrotermal
Mineral bijih	Pirit, sfalerit, galena, elektrum, emas, arsenopirit.	Pirit, kalkopirit, galena, sfalerit, kalkostibit, kovelit, argentit, dan elektrum.
Unsur logam	Au – Ag, Pb, Zn, Cu, As, Te, Hg, Sb	Au – Ag, Au – Cu, Pb

Mengacu pada tabel karakteristik endapan epitermal sulfidasi rendah yang dibuat oleh Hedenquist, et.al., (2000), maka dapat diketahui bahwa endapan epitermal sulfidasi rendah pada daerah penelitian merupakan tipe endapan epitermal sulfidasi rendah yang berkembang pada kedalaman yang dalam (Tabel 2). Hal tersebut ditentukan berdasarkan adanya kesesuaian terhadap beberapa karakteristik endapan epitermal sulfidasi rendah pada daerah penelitian seluruhnya pada batuan induk berupa rioidasitik, mineral bijih terutama emas dan elektrum yang terendapkan pada stockwork urat kuarsa oksida, terdesiminasi pada batuan serta breksi hidrotermal, mineral sulfida pada daerah penelitian yang umumnya merupakan mineral yang berasosiasi dengan logam dasar berupa Pirit, kalkopirit, galena, sfalerit, kalkostibit, kovelit, argentit, dan elektrum

KESIMPULAN

Karakteristik mineralisasi dapat diketahui dari beberapa aspek utama yaitu ciri fisik yang berupa; warna, ukuran, serta tekstur dari mineral, komposisi kimia, asosiasi mineral-mineral, serta tempat pengendapan mineralisasi. Mineralisasi di daerah penelitian umumnya terendapkan pada urat kuarsa oksida, terdesiminasi pada batuan, serta terdapat pada breksi hidrotermal. Batuan yang menjadi batuan induk yang menjadi tempat mineralisasi yakni batuan rioidasit dengan tekstur porfiritik yang umumnya telah berubah dan terdapat urat kursor oksida berdasarkan identifikasi sayatan poles ditemukan adanya mineral pirit, kalkopirit, galena, sfalerit, kalkostibit, dan elektrum (Au-Cu, Au-Ag) dengan tekstur intergrowth serta diseminasi mineral pirit pada batuan ini. Kemudian ditemukan mineralisasi pada breksi hidrotermal dengan tipe crackle breccia yang berdasarkan identifikasi sayatan poles terisi oleh mineral argentit serta elektrum (Au-Cu, Au-Ag).

REFERENSI

- Arini, I. N. (2018). Kontrol Geologi Terhadap Mineralisasi Emas Sistem Epitermal Prospek 'Altin', Provinsi Gorontalo, Indonesia. Universitas Gadjah Mada.
- Bakkar, U. Z.. (2019). Studi Karakteristik Alterasi dan Mineralisasi Hidrotermal Daerah Hulawa, Kecamatan Buntulia, Kabupaten Pohuwato, Provinsi Gorontalo. Universitas Negeri Gorontalo.
- Carlile, J. C. & A. H. G. Mitchell, (1994). Magmatic arcs and associated gold and copper mineralization in Indonesia: *Journal of Geochemical Exploration* 30, Elsevier, Netherland, h.91-142
- Craig, J. R. dan Vaughan, D. J. (1994). *Ore Microscopy and Ore Petrography* 2 nd Edition. John Wiley and Sons. USA. Hal. 434.

- Damogalad, Y., Permana, A., Hutagalung, R., & Manyoe, I. (2024). Karakteristik Batuan Dasar Formasi Gabro Daerah Keramat Kabupaten Boalemo. *JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi)*, 8(1), 81-87. doi:<http://dx.doi.org/10.30595/jrst.v8i1.1732>
- Idrus, A., Sufriadin & I. Nur, (2011). Hydrothermal Ore Mineralization in Sulawesi: A View Point of Tectonic Setting and Metallogenesis: Proceeding JCM Makassar 2011, 12h
- Hedenquist J.W., Arribas A.R., dan Gonzalez-Urien G., (2000). Exploration for epithermal gold deposits, in *SEG Reviews in Economic Geology* 13
- Kavalieris, I., (1984). The Geology and Geochemistry of The Gunung Pani Gold Prospect, North East Sulawesi, Indonesia. Australian National University
- Mane, M., Permana, A., Hutagalung, R., & Aris, A. (2024). Lingkungan Pengendapan Batugamping Daerah Oluhuta-Olele Kabupaten Bone Bolango Berdasarkan Karakteristik Mikrofasis. *Journal of Applied Geoscience and Engineering*, 3(1), 46-50. doi:<https://doi.org/10.37905/jage.v3i1.26917>
- Marfian, F., Permana, A., & Akase, N. (2023). Study of Petrogenesis Andesite Rock in Bualemo Region, North Gorontalo Regency Based on XRF Geochemistry Analysis. *Jambura Geoscience Review*, 5(1), 63-70. doi:<https://doi.org/10.34312/jgeosrev.v5i1.16941>
- Maulana A., (2017). Endapan Mineral. Penerbit Ombak. Yogyakarta.
- Mooduto, T., Ahmad, F., Kodung, M., Sari, N., Hidayansya, T., & Permana, A. (2024). Tsunami Modeling Study in Geological Disaster Mitigation in the Kwandang Region. *Jambura Geoscience Review*, 6(1), 29-36. doi:<https://doi.org/10.37905/jgeosrev.v6i1.22561>
- Permana A.P., Pramumijoyo S., and Akmaluddin. (2019). Uplift Rate of Gorontalo Limestone (Indonesia) Based on Biostratigraphy Analysis. *News of the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. Vol. 6(438). P. 6-11. DOI: https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.150*
- Permana A.P., Pramumijoyo S., and Akmaluddin. (2020). Paleobathymetry Analysis of Limestone in Bongomeme Region Based on Content of Benthic Foraminifera Fossil, Gorontalo District, Indonesia. *Bulletin of the Iraq Natural History Museum. Vol. 16(1). P. 1-14. DOI: https://doi.org/10.26842/binhm.7.2020.16.1.0001*
- Permana, A.P., Pramumijoyo, S., Akmaluddin and Barianto, D.H. (2021). Planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Limboto Limestone, Gorontalo Province, Indonesia. *Kuwait Journal of Science. Vol. 48. No. 1. 116-126. https://doi.org/10.48129/kjs.v48i1.6916*
- Permana, A.P., Eraku, S.S., Hutagalung, R., and Isa, D.R. (2022). Limestone Facies and Diagenesis Analysis in the Southern of Gorontalo Province, Indonesia. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, 6 (456), 185-195. https://doi.org/10.32014/2022.2518-170X.248*
- Rusdi, I.H., Arifin
- Permana, A.P., Suaib, A., Hutagalung, R., & Eraku, S.S., (2024). Analysis of the relative age of limestone at Tanjung Kramat Regiion, Gorontalo City, Indonesia. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, 1(463), 190–200. https://doi.org/10.32014/2024.2518-170X.375*
- Pracejus, B. (2008). The Ore Minerals Under the Microscope. In *The Ore Minerals Under the Microscope - First Edition*.
- Robot, L.C., Permana, A.P., & Akase, N. (2024). Analysis of Microfacies and Depositional Environment of Limestone in North Isimu Area, Gorontalo Regency. *Tunas Geografi*, 13(1), 22-33. <https://doi.org/10.24114/tgeo.v13i1.41981>
- Sandi, I.N., Permana, A.P., & Kasim, M. (2024). Analisis provenance barupasir formasi dolokapa Kabupaten Gorontalo Utara berdasarkan data geokimia XRF. *Enviroscientiae*, 20(1), 27-32. <http://dx.doi.org/10.20527/es.v20i1.18843>
- Sillitoe, R.H. (1999). Styles of high sulfidation gold, silver and copper mineralization in the porphyry and epithermal environments", in G. Weber, ed., *Pacrim '99 Congress Proceedings: Australasian Institute of Mining and Metallurgy*, hlm. 29–44.
- Triyani, M.D., Permana, A.P, Kasim, M., & Putranto, F.A. (2024). Analisis Karakteristik Batuan Dasar Pada Pembentukan Endapan Nikel Laterit di Desa Wulu, Kabupaten Buton Tengah. *Juitech Jurnal Ilmiah*, 8(1), 115-122. <http://dx.doi.org/10.36764/ju.v8i1.1256>

Wowiling, I.E., Permana, A.P., Hutagalung, R., Sagita, G., & Lakoy, F.F. (2024). Seam C1A2 Group coal rank analysis in East Meranti PIT, Katanjung Village, Kapuas Regency based on proximate values. MATEC Web of Conferences, 402, 03005 (2024).
<https://doi.org/10.1051/mateconf/202440203005>