



IDENTIFIKASI TIPE CEBAKAN BIJIH DI AREA PIT ARS, PT J RESOURCES BOLAANG MONGONDOW, SULAWESI UTARA

IDENTIFICATION OF ORE TYPE DEPOSIT AT PIT ARS AREA, PT J RESOURCES BOLAANG MONGONDOW, NORTH SULAWESI

Abraham Brami Tangkawarow¹, Achmad Djumarma Wirakusumah¹, Suwahyadi², Dhani Rhamdani Rosadi³

*1Teknologi Geologi, Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung,
Jln Jendral Sudirman, No 623, Bandung, Jawa Barat, Indonesia.*

2Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Bandung, Jawa Barat

3PT J Resources Bolaang Mongondow, Sulawesi Utara

**Email : brami.tangkawarow@gmail.com*

INFO ARTIKEL

ABSTRAK

Kata Kunci:

Pit ARS, mineragrafi, tipe cebakan bijih, epitermal, high sulphidation.

Pit ARS merupakan salah satu area penambangan emas milik PT J Resources Bolaang Mongondow, Sulawesi Utara. Identifikasi tipe cebakan dan karakterisasi mineralogi bijih daerah penelitian diperlukan untuk kepentingan pengembangan eksplorasi daerah sekitar dan ekstraksi bijih logam. Penelitian dilakukan untuk mengetahui karakteristik mineralogi bijih dan tipe cebakan. Metode penelitian yang digunakan adalah metode observasi litologi dan alterasi, serta analisis mineragrafi. Litologi penyusun daerah penelitian terdiri dari breksi tuf, breksi diatrem, andesit, dan diorit. Alterasi yang berkembang berupa silisifikasi, advanced argillic, argilik, dan propilitik. Analisis mineragrafi dilakukan terhadap 16 sampel, serta didapatkan mineral berupa pirit, kalkopirit, sfalerit, magnetit, enargit, luzonit, dan kovelit dengan teksturnya masing-masing. Hadirnya enargit dan luzonit

menunjukkan bahwa tipe cebakan bijih di daerah penelitian adalah tipe epithermal high sulphidation pada kedalaman menengah dari 500 - 1000 meter (*Intermediate*).

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Keywords:

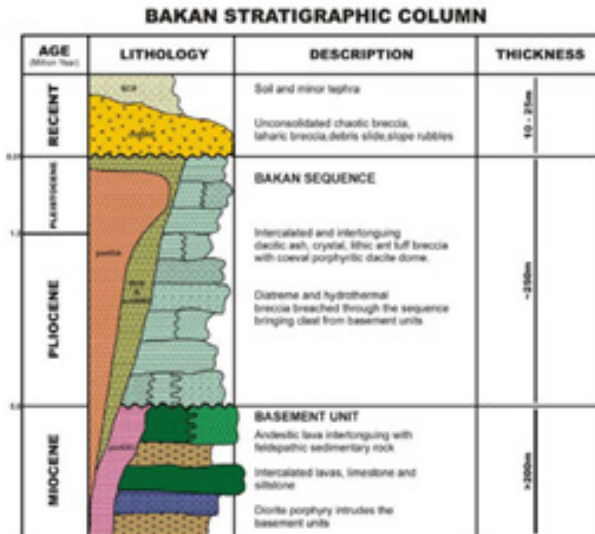
Pit ARS, mineragraphic, types of ore deposits, epithermal, high sulfidation

Pit ARS is one of the gold mining areas owned by PT J Resources Bolaang Mongondow, North Sulawesi. Identification of ore deposit types and mineralogical characteristics in the research area is necessary to develop exploration in the surrounding region and extract metal ores. Research in the study area is conducted to determine the mineralogical characteristics of ore and deposit types. The research method used is lithology and alteration observation, as well as mineragraphy analysis. The lithology of the study area consists of breccia tuff, diatreme breccia, andesite, and diorite. The evolving alterations consist of silicification, advanced argillic, argillic, and propylitic. Mineralogical analysis was conducted on 16 samples, resulting in the identification of minerals such as pyrite, chalcopyrite, sphalerite, magnetite, enargite, luzonite, and covellite, each with their respective textures. The presence of enargite and luzonite indicates that the type of ore deposit in the research area is the epithermal sulphidation type which is generally formed at a depth of 500 - 1000 meters (intermediate).

PENDAHULUAN

Emas merupakan salah satu mineral logam dengan nilai ekonomis yang tinggi, sehingga studi identifikasi tipe cebakan untuk efisiensi produksi sangatlah penting. Pit ARS merupakan salah satu tambang emas yang dimiliki oleh PT J Resources Bolaang Mongondow (PT JRBM). Berdasarkan data yang diperoleh dari

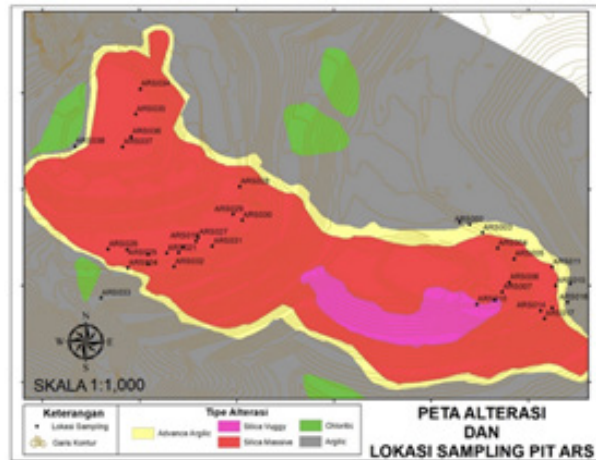
perusahaan, penelitian tentang mineralogi bijih pada Pit ARS sangat kurang, dikarenakan fokus perusahaan lebih kearah geokimia bijih. Acuan grade di Pit ARS berdasarkan data AuFA (Au Fire Assay) dan AuCN (Au Cyanide) dari laboratorium, sedangkan untuk ore material secara litologi di lapangan masih dikontrol oleh (based on) Diatreme Breccia,



Gambar 2 Kolom Stratigrafi Daerah BAKAN (Hardjana 2012)

dari batu gamping dan andesit. Sedangkan breksi diatrem tersingkap di sepanjang area Prospek Durian, dengan kandungan fragmen diorite porfiri dan andesit. Pada zona diatrem terdapat alterasi silika dengan tekstur *vuggy*, serta alterasi silika dan alunit pada tuf dasitik (Gambar 1) (Hardjana, 2012).

Daerah penelitian umumnya mengalami alterasi silisifikasi, argilik lanjut (*advanced argillic*), argilik, dan propilitik secara intensif. Litologi di daerah penelitian terdiri dari tuf breksi, diorit, breksi diatreme, dan breksi hidrotermal. Tingkat oksidasi batuan di daerah penelitian dikategorikan menengah (*moderate oxide*) hingga kuat (*strong oxide*) terlihat dari hadirnya mineral seperti hematit dan *goethite* (Gambar 3) (Hardjana, 2012).



Gambar 3. Peta alterasi daerah Pit ARS dan Lokasi pengambilan sampel (Modifikasi JRBM, 2021)

METODOLOGI

Kegiatan penelitian lapangan dilakukan untuk pengamatan megaskopis batuan dan pengambilan sampel. Sebanyak 16 sampel batuan diambil dan dilakukan analisis mineragrafi.

Analisis mineragrafi pada sampel potongan poles mengacu pada beberapa referensi, antara lain Uytenbogaardt (1971), Parcejus (2008), Parcejus (2015), dan Ineson (1989). Data sifat optik mineral dikorelasikan dengan data hasil pengamatan secara megaskopis. Peta alterasi daerah Pit ARS digunakan sebagai acuan dalam penentuan titik lokasi sampel. Analisis mineragrafi dilakukan pada penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi mineralogi cebakan bijih serta menentukan karakteristik tipe cebakan. Analisis mineragrafi ini juga dilakukan untuk mengetahui tekstur dan kumpulan mineral bijih dengan menggunakan

mikroskop polarisasi (ZEISS Primotech) terhadap sampel batuan sampling dan batuan yang mengalami mineralisasi.

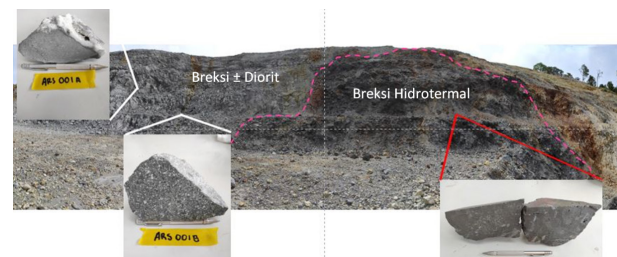
HASIL DAN PEMBAHASAN

Bijih yang dijumpai dalam bentuk sulfida dan *vuggy quartz replacement* (Gambar 5). Alterasi pada daerah penelitian berupa silisifikasi yang dicirikan dengan kehadiran silika bertekstur *vuggy* (Gambar 6) dan masif (Gambar 7) yang diinterpretasikan sebagai zona pusat mineralisasi hidrotermal pada daerah penelitian, yang diikuti semakin ke arah luar berupa alterasi argilik lanjut (Gambar 4) dicirikan dengan kehadiran kristal alunit (*bladed texture*) dan mineral lempung kaolinit(?) dicirikan oleh kehadiran mineral lempung berupa *ilit ± smektit ± monmorilonit* (Gambar 8). Pada bagian zona luar dijumpai alterasi propilitik yang dicirikan oleh klorit, epidot, dan mineral-mineral gelap alterasi, zona ini merupakan alterasi terluar dari zonasi hidrotermal (Hedenquist, 2000).

Berdasarkan pengamatan lapangan dan analisis mineragrafi, mineral sulfida yang dijumpai di daerah penelitian terdiri dari pirit, kalkopirit, enargit, luzonit, kovelit, sfalerit, hematit, *goethite*, dan *jarosite*. Mineralisasi ini umumnya berasosiasi dengan alterasi silika yang menunjukkan tekstur berlubang (*vuggy*) dan silika masif.



Gambar 4. Singkapan breksi diatrem dengan tekstur mozaik teralterasi silika masif dan tuf breksi teralterasi argilik lanjut (Grab sampling, ARS028 dan ARS029).



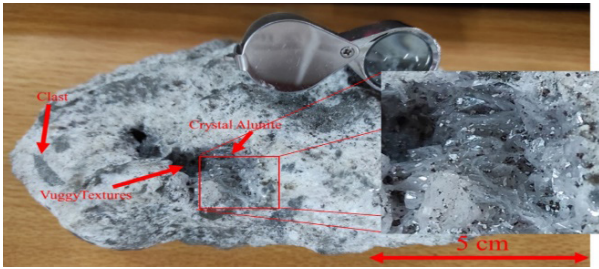
Gambar 5. Singkapan breksi diorit teralterasi argilik, dan breksi hidrotermal teralterasi silika *vuggy* (Grab sampling, ARS001A, ARS001B, dan ARS038).



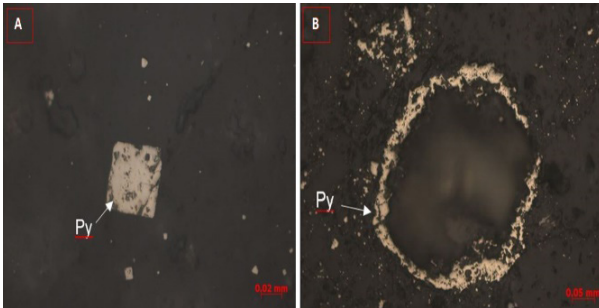
Gambar 6 Singkapan tuf breksi teralterasi argilik lanjut dan tuf breksi teralterasi silika massif (Grab sampling, ARS027, ARS018, dan ARS020)



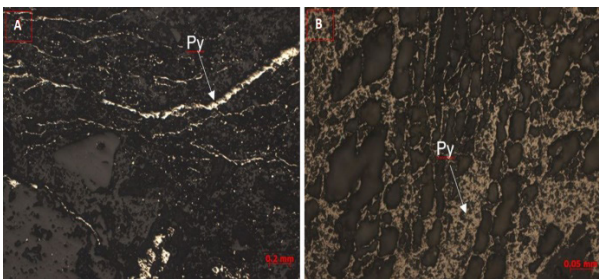
Gambar 7. Singkapan tuf breksi teralterasi silika *vuggy* dan silika masif pada tuf breksi lainnya (Grab sampling, ARS022 dan ARS026)



Gambar 8. Breksi dengan alterasi silika tekstur vuggy yang diisi oleh kristal alunite (Grab Sampling, ARS039)



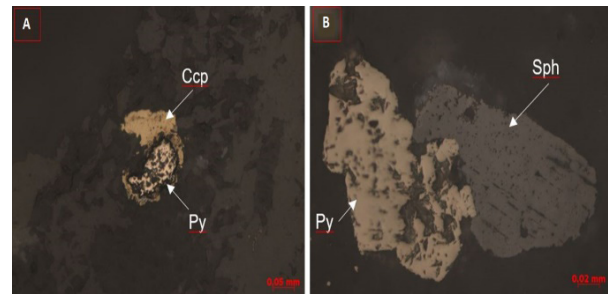
Gambar 9. A). Fotomikrograf pirit berbentuk euhedral pada sampel ARS 008; B). Fotomikrograf pirit berbentuk anhedral yang mengisi rongga pada massa batuan sampel ARS 012. Keterangan: Py = Pyrite



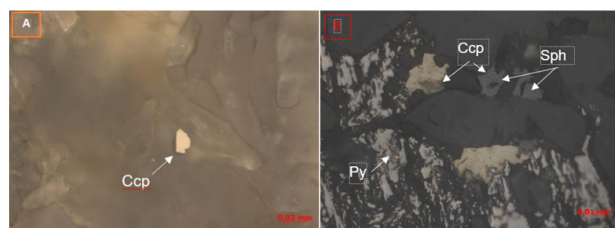
Gambar 10. A). Fotomikrograf pirit mengisi retakan pada sampel ARS 033; B). Fotomikrograf pirit berlubang-lubang pada sampel ARS 033. Keterangan: Py = Pyrite

Gambar 8. Breksi dengan alterasi silika Analisis mineragrafi terhadap sampel seluruh sampel menunjukkan pirit (FeS_2) berwarna abu – abu kekuningan (krem) hingga putih kekuningan, bentuk yang bervariasi mulai dari euhedral hingga anhedral, berukuran sangat

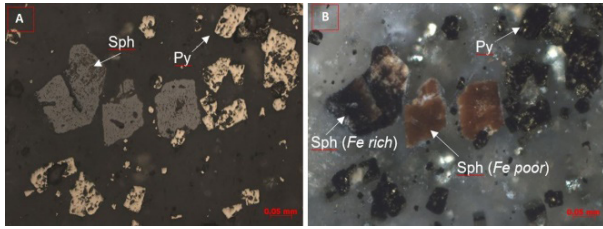
halus ($< 0,05 \text{ mm}$) hingga kasar ($\pm 3,8 \text{ mm}$) (Gambar 9). Pada sampel nomor ARS012 dan ARS008 pirit mengisi retakan dan rongga (Gambar 9), serta sebagai butiran bebas seperti pada sampel nomor ARS008 (Gambar 9). Pada umumnya tekstur pirit berlubang-lubang seperti yang teramati pada sampel nomor ARS 033 (Gambar 10). Pada sampel ARS038 terlihat pirit berasosiasi dengan kalkopirit dan sampel ARS022 berasosiasi dengan sfalerit (Gambar 11).



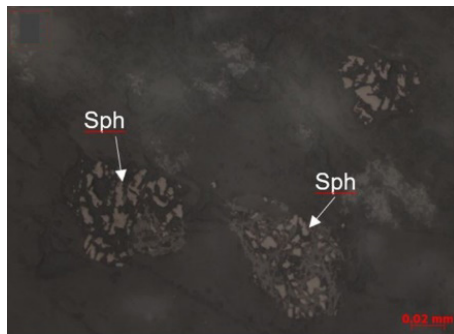
Gambar 11. A). Fotomikrograf pirit berasosiasi dengan kalkopirit anhedral pada sampel ARS 038; B). Fotomikrograf pirit berasosiasi dengan sfalerit pada sampel ARS 022. Keterangan: Py = Pyrite, Sph = Sphalerite



Gambar 12. A). Fotomikrograf kalkopirit berbentuk subhedral dan muncul sebagai butiran bebas pada sampel ARS 018; B). Fotomikrograf kalkopirit bertekstur *chalcopyrite disease* dalam matriks sfalerit pada sampel ARS 003. Keterangan: Cpy = Chalcopyrite, Sph = Sphalerite



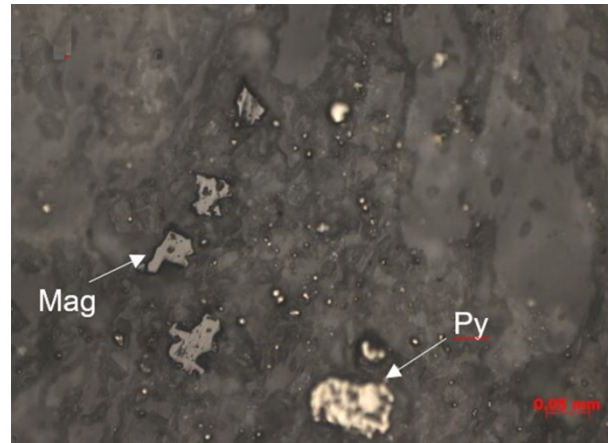
Gambar 13. A). Fotomikrograf sfalerit posisi nikol sejajar pada sampel ARS 022; B). Fotomikrograf sfalerit bersifat polimorfisme pada sampel ARS 022. Keterangan: Py = Pyrite, Sph = Sphalerite



Gambar 14. Fotomikrograf sfalerit dalam fragmen batuan, sfalerit bertekstur hancuran (*deformation*) pada sampel ARS 038. Keterangan: Sph = Sphalerite

Mineral Kalkopirit (CuFeS_2) keterdapatannya tersebar tidak merata. Kalkopirit berwarna kuning, pada beberapa sampel berbentuk subhedral hingga subhedral pada sampel ARS018 dan ARS003 Sebagian kalkopirit menunjukkan tekstur

Hydrothermal Replacment (Chalcopyrite Disease) pada matriks sfalerit pada sampel ARS018. kalkopirit sering berasosiasi dengan pirit pada sampel ARS038 pada beberapa sampel urat kalkopirit sebagai butiran bebas berukuran sangat halus pada sampel ARS018 (Gambar 11). Ukuran butir dari kalkopirit

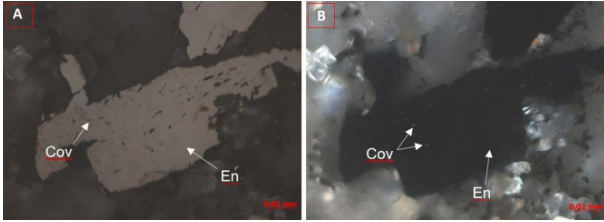


Gambar 15. Fotomikrograf magnetit dalam bentuk butiran bebas yang berukuran halus, berbentuk subhedral. Magnetit dikelilingi pirit berukuran halus pada sampel ARS 032. Keterangan: Py = Pyrite, Mag = Magnetite

bervariasi mulai dari sangat halus ($< 0,05 \text{ mm}$) hingga halus ($\pm 0,17 \text{ mm}$).

Magnetit (Fe_3O_4) jarang ditemukan dan hanya ada pada satu sampel dalam bentuk butiran bebas di sekeliling pirit berukuran sangat halus pada sampel ARS032 (Gambar 15). Magnetit memiliki warna abu-abu kecoklatan jika dilihat pada nikol sejajar tidak terlihat adanya bireflektan, bersifat isotrop, refleksi dalam pada mineral magnetit tidak terlihat. Magnetit memiliki bentuk butir subhedral dengan ukuran yang halus ($\pm 0,06 \text{ mm}$).

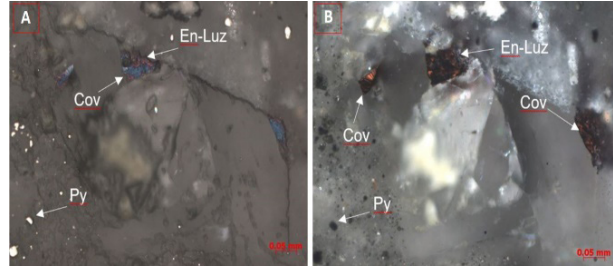
Enargit – Luzonit (Cu_3AsS_4) keterdapatannya hanya pada 2 sampel dengan alterasi silika bertekstur *vuggy*. Pada sampel ARS 009 memiliki warna coklat sedikit merah muda (Enargit) namun pada sampel ARS 035 memiliki warna merah muda keabuan (Enargit – Luzonit) (Gambar 17). Penyebaran mineral



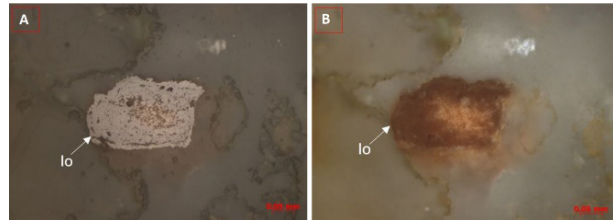
Gambar 16. A). Fotomikrograf kovelit pada matriks enargit posisi nikol sejajar pada sampel ARS 009; B). Fotomikrograf anisotropik dari kovelit terlihat berwarna merah jingga dalam nikol silang pada sampel ARS 009. Keterangan: En = Enargite, Cov = Covelite

ini sangat jarang, terlihat berasosiasi dengan kovelit pada sampel ARS009 dan ada juga yang ditemukan sebagai butiran bebas yang di dalamnya terdapat kovelit berukuran sangat halus (Gambar 16). Mineral ini berwarna coklat sedikit merah muda dan merah muda keabuan, memiliki bireflektan yang lemah, bersifat anisotropi, terlihat refleksi dalam kemerahan, berbentuk subhedral hingga anhedral dengan ukuran butir sangat halus ($< 0,05$ mm) hingga halus ($\pm 0,21$).

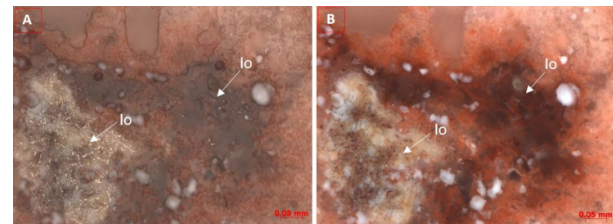
Kovelit (CuS) hanya ditemukan pada sampel ARS 009 dan ARS 035. Pada sampel ARS 009 kovelit ditemukan pada matriks enargit sedangkan, pada sampel ARS 035 kovelit ditemukan dengan penyebaran yang tidak merata berasosiasi dengan enargit – luzonit (Gambar 17) Kovelit pada kedua sampel tersebut berwarna biru keabuan, memiliki bireflektan kuat, bersifat anisotropik dan tidak memiliki refleksi dalam. Mineral ini umumnya dijumpai berbentuk subhedral dengan ukuran butir sangat halus ($< 0,05$) hingga halus ($\pm 0,1$).



Gambar 17. A). Fotomikrograf enargit – luzonit berasosiasi dengan kovelit posisi nikol sejajar pada sampel ARS 035; B). Fotomikrograf anisotropik dari enargite - luzonit terlihat berwarna kemerahan dalam nikol silang pada sampel ARS 035. Keterangan: En = Enargite, Cov = Covelite, Luz = Luzonite



Gambar 18. A). Fotomikrograf oksida besi sebagai butiran bebas dalam nikol sejajar pada sampel ARS 018; B). Fotomikrograf oksida besi berwarna kecoklatan dalam nikol silang pada sampel ARS 018. Keterangan: Io = Iron Oxide



Gambar 19 A). Fotomikrograf oksida besi mengisi rongga pada massa batuan dalam nikol sejajar pada sampel ARS 029; B). Fotomikrograf oksida besi berwarna kemerahan dalam nikol silang pada sampel ARS 029. Keterangan: Io = Iron Oxide

Oksida besi ditemukan pada dua sampel litologi tuf breksi teralterasi *Silica advanced argillic*, satu sampel pada breksi diatrem teralterasi silika bertekstur *vuggy*. Secara umum oksida besi tersebar tidak merata pada

massa batuan. Sampel sebagai butiran bebas pada sampel ARS018 (Gambar 18) dan mengisi rongga pada massa batuan pada ARS029 (Gambar 19), pada seluruh sampel oksida besi berbentuk anedral, berukuran halus ($\pm 0,20$ mm).

Tipe cebakan epitermal dapat ditentukan berdasarkan beberapa karakteristik dasar yaitu jenis batuan induk, tekstur dan mineral bijih, jenis alterasi, mineral sulfida yang dominan, dan bentuk deposit (Hedenquist et al., 2000) yang dirangkum dalam Tabel 5.1. Daerah penelitian terdiri dari batuan induk breksi diatrem dan tuf breksi, dengan tekstur bijih yang dijumpai berupa sulfida masif dan *vuggy quartz replacement*, bentuk deposit yang dijumpai berupa breksi (*breccia*).

Sedangkan alterasi pada daerah penelitian berupa silisifikasi yang dicirikan dengan kehadiran kuarsa bertekstur *vuggy* dan masif yang diinterpretasikan sebagai zona pusat mineralisasi hidrotermal. Zona alterasi berkembang kearah luar berupa alterasi *advanced argillic* yang dicirikan dengan kehadiran alunit yang memperlihatkan tekstur *bladed* dan kaolinit(?). Selanjutnya dijumpai alterasi argilik yang dicirikan oleh kehadiran mineral lempung berupa ilit \pm smektit \pm monmorilonit, kemudian dijumpai alterasi propilitik yang dicirikan oleh klorit, epidot, dan mineral-mineral gelap (*mafic mineral*).

Mineral Bijih yang ditemukan berupa

kalkopirit, enargit, luzonit, kovelit, dan sfalerit. Mineral-mineral tersebut merupakan mineral pembawa tembaga (Cu) (Hedenquist, 2000). Mineralisasi secara umum berasosiasi dengan alterasi silika bertekstur *vuggy* dan masif, terkadang mengisi rekahan yang sudah teroksidasi kuat. Berdasarkan referensi model alterasi dari Hedenquist (2000), dapat disimpulkan bahwa area penelitian termasuk ke dalam tipe cebakan *epithermal high sulphidation* pada kedalaman menengah dari 500 – 1000 meter (*Intermediate*).

KESIMPULAN DAN SARAN

Seiring dengan semakin bertambahnya aktivitas perekonomian manusia mengakibatkan semakin meningkatnya pertumbuhan penduduk dan kendaraan. Hal tersebut berdampak pada meningkatnya mobilitas manusia dengan menggunakan kendaraan yang mengakibatkan peningkatan emisi CO₂ di muka bumi. Apabila hal tersebut tidak segera dikendalikan maka dampak perubahan iklim akan semakin menghasilkan dampak negatif bagi kehidupan manusia. Salah satu solusi yang dapat segera diimplementasikan dalam rangka mengurangi emisi CO₂ adalah dengan melakukan konversi kendaraan konvensional ke kendaraan EV. Banyak studi dan penelitian yang telah dilakukan, menunjukkan perkembangan teknologi saat ini telah mampu menghasilkan kendaraan EV yang memadai dan mampu

untuk menurunkan emisi CO₂.

Berdasarkan hasil perhitungan di dalam penelitian ini, didapatkan bahwa emisi CO₂ yang dihasilkan oleh kendaraan EV jauh lebih rendah dibandingkan kendaraan konvensional yaitu untuk jenis kendaraan mobil 46% lebih rendah sedangkan untuk jenis kendaraan motor 57% lebih rendah. Penggunaan kendaraan EV dapat lebih optimal menurunkan emisi CO₂ apabila listrik yang digunakan untuk mengisi daya baterai menggunakan sumber listrik berbasis energi baru terbarukan seperti panas bumi, angin, air, dan sejenisnya.

Meskipun telah terbukti kendaraan EV mampu menghasilkan emisi CO₂ yang lebih rendah, terdapat beberapa hambatan di

Indonesia yang mengakibatkan proses konversi ini belum berjalan optimal diantaranya harga yang mahal, pilihan yang masih terbatas, infrastruktur penunjang yang belum memadai, serta belum optimalnya kebijakan dan insentif pemerintah. Mempertimbangkan beberapa negara yang telah berhasil melakukan percepatan proses konversi ini, pemerintah diharapkan untuk dapat melakukan lokalisasi dan kolaborasi pengembangan industri manufaktur kendaraan EV di Indonesia dalam rangka menekan biaya produksi, mempercepat pengembangan pembangunan infrastruktur penunjang kendaraan EV seperti Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU), memberikan subsidi dan insentif dalam rangka

Tabel 1. Perbandingan karakteristik tipe cebakan menurut Hedenquist (2000), dengan daerah penelitian

Karakteristik	Epitermal Sulfidasi Tinggi (Hedenquist <i>et, al., 2000</i>)	Daerah Penelitian
Alterasi	Silisifikasi - Argilik Lanjut -Argilik - Propilitik	Silisifikasi - Argilik Lanjut -Argilik - Propilitik
Bentuk Deposit	Sulfida masif, pengisian urat dan breksi	Breksi
Batuan Induk (Host Rock)	Breksi diatrem dan batuan vulkanik	Breksi diatrem, breksi hidrotermal, tuf breksi
Bijih (Ore)	Cu-Au-Ag-Bi-Te-Sn	Cu-Au
Asosiasi Mineral	Enargit, luzonit, kovelit, pirit, kalkopirit, tetrahedrite/tennantite, sfalerit	Enargit, luzonit, kovelit, pirit, kalkopirit, sfalerit
Tekstur Bijih	Sulfida masif, urat, breksi	<i>Vuggy Quartz Replacement</i>
Ciri Khas	<i>Tekstur Vuggy</i>	Tekstur <i>Vuggy</i> , Kristal Alunit

percepatan penggunaan kendaraan EV, dan mengevaluasi serta melakukan percepatan pembangunan sumber pembangkit listrik berbasis energi baru terbarukan.

Namun, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, ruang lingkup analisis dalam penelitian ini hanya berfokus pada data perbandingan dalam skala harian, sehingga belum dapat menggambarkan fluktuasi emisi dalam rentang waktu yang lebih panjang.

Sarankan untuk memperluas ruang lingkup analisis dengan menggunakan data dalam skala waktu yang lebih panjang, seperti mingguan, bulanan, atau tahunan, untuk memperoleh gambaran yang lebih menyeluruh terkait fluktuasi emisi CO₂ dari konversi kendaraan konvensional ke EV. Selain itu, penelitian di masa depan diharapkan untuk mencakup jenis kendaraan lain, seperti truk, bus, dan kendaraan niaga lainnya, yang berkontribusi signifikan terhadap total emisi CO₂ di sektor transportasi. Hal ini penting untuk menghasilkan estimasi penurunan emisi yang lebih komprehensif dan representatif. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan lebih lengkap bagi perumusan kebijakan pengurangan emisi di sektor transportasi di Jawa Barat maupun di Indonesia.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Area Pit ARS didapatkan kesimpulan sebagai

berikut:

Daerah penelitian disusun oleh batuan induk breksi diatrem dan tuf breksi, dengan tekstur bijih berupa tekstur sulfida masif dan *vuggy quartz replacement*, bentuk deposit yang dijumpai di lapangan berupa breksi (*breccia*).

Alterasi pembawa mineralisasi pada daerah penelitian berupa silisifikasi yang dicirikan dengan kehadiran kuarsa bertekstur vuggy dan masif yang diinterpretasikan sebagai zona inti. Alterasi lain yang berkembang adalah *advanced argillic*, argilik, dan propilitik. Selain itu, salah satu ciri khas dari daerah penelitian yaitu adanya mineral *alunite* kristal dengan bentuk *platty*. Berdasarkan karakteristik – karakteristik tersebut dan dibandingkan dengan klasifikasi tipe cebakan menurut Hedenquist (2000), disimpulkan bahwa daerah penelitian masuk kedalam tipe cebakan epitermal sulfidasi tinggi dengan kedalaman menengah (500 – 1000 m)

Karakteristik mineralogi bijih di Pit ARS berupa pirit mengisi retakan dan rongga, sebagai butiran bebas, memiliki tekstur berlubang, pirit juga berasosiasi dengan kakopirit, sfalerit, dan kovelit. Kalkopirit berbentuk anhedral hingga subhedral berukuran sangat halus hingga halus, sebagian bertekstur *chalcopyrite disease* pada matriks sfalerit, sebagian *interlocking* dengan pirit. Sfalerit berbentuk subhedral hingga anhedral, ukuran sangat halus hingga halus. berasosiasi dengan pirit, bertekstur hancuran (*deformation*). Magnetit dengan bentuk butir

subhedral berukuran halus. Enargit – Luzonit berbentuk subhedral hingga anhedral berukuran sangat halus hingga halus. Kovelit berbentuk subhedral dengan ukuran butir sangat halus.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT J Resources Bolaang Mongondow, yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian di area kontrak karyanya. Penulis juga berterima kasih kepada seluruh pihak PSDMBP dan Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung yang telah membantu dan membimbing dalam penyusunan jurnal ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arribas Jr, Antonio. “Characteristics of high-sulfidation epithermal deposits, and their relation to magmatic fluid.” *Mineralogical Association of Canada Short Course* **23 (1995): 419-454.**
- [2] Carlile, J. C., Digdowirogo, S., & Darius, K. (1990). Geological setting, characteristics and regional exploration for gold in the volcanic arcs of North Sulawesi, Indonesia. *Journal of Geochemical Exploration*, 35(1-3), 105-140.
- [3] Corbett, G. J., & Leach, T. M. (1998). *Southwest Pacific Rim gold-copper systems: structure, alteration, and mineralization*. Society of Economic Geologists.
- [4] Google, n, d. Area Penambangan PT. J Resources Bolaang Mongondow. Diunduh pada tanggal 5 Desember 2021 dari Google Earth Software.
- [5] Hardjana. I. 2012. *The Discovery, Geology and Exploration of the High Sulphidation Au-Mineralization System in the Bakan District, North Sulawesi*. Proceedings of The Sulawesi Mineral Resources 2011 Seminar MGEI-IAGI 28-29 November 2011, Manado, North Sulawesi, Indonesia.
- [6] Hedenquist, J. W. (1996). Epithermal gold deposits: styles, characteristics and exploration. *Soc. of Res. Geol., Spec. Public, 1*, 16.
- [7] Hedenquist. J. W, Arribas. A, Urien. E. G. 2000. *Exploration for Epithermal Gold Deposit*. 99 Fifth Avenue, Suite 420, Ottawa, Ontario K1S 5P5, Canada.
- [8] Idrus, A., & Sufradin-Nur, I. (2011). Hydrothermal ore mineralization in Sulawesi: a view point of tectonic setting and metallogenesis. In *Proceedings of the 36th HAGI and 40th IAGOD Annual Convention and Exhibition, JCM Makassar (pp. 298-310)*.
- [9] Ineson. P. R. 1989. *Introduction to*

- Practical Ore Microscopy*. University of Manchester. British Library Cataloguing in Publication Data.
- [10] Internal JRBM Data 2021: *Alteration map of ARS Pit*, Unpublished, PT J Resources Bolaang Mongondow, Mine Geology Departement Internal Report.
- [11] Mumbunan. C. J. 2018. *Analisis Potensi Longsor Pada Lereng Elevasi 690 Meter, Pit South Osela, Site Bakan, Pt J Resources Bolaang Mongondow*. Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Kebumihan Dan Energi Universitas Trisakti Jakarta.
- [12] Parcejus. B. 2008. *The Ore Minerals under The Microscope*. First Edition. Elsevier, Amsterdam.
- [13] Parcejus. B. 2015. *The Ore Minerals under The Microscope*. Second Edition. Elsevier, Amsterdam.
- [14] Sillitoe, R. H. (1983). Enargite-bearing massive sulfide deposits high in porphyry copper systems. *Economic Geology*, 78(2), 348-352.
- [15] Sillitoe, R. H. (2000, September). Styles of high-sulphidation gold, silver and copper mineralisation in porphyry and epithermal environments. In *Proceedings of the Australasian Institute of Mining and Metallurgy (Vol. 305, No. 1, pp. 19-34)*. Parkville, Vic.: The Institute, [1990]-c2001.
- [16] Uytendogaardt, W. dan Burke, E.A.J. 1971. *Table for the Microscopic Identification of Ore Minerals*. Elsevier Scientific Publishing Company, New York.
- [17] van Leeuwen, T. M., & Rompo, I. High Sulfidation Au (-Ag-Cu) Deposits in Indonesia: A Review.
- [18] van Leeuwen, T.M., dan Peter E. Pieters, P.E., 2011. *Mineral Deposits of Sulawesi*. Proceeding of The Sulawesi Mineral Resources 2011. Seminar MGEI-IAGI 28-29 November 2011, Manado, North Sulawesi, Indonesia
- [19] White, N. C., & Hedenquist, J. W. (1995). Epithermal gold deposits: styles, characteristics and exploration. *SEG newsletter*, (23), 1-13.