

**KARAKTERISTIK ALTERASI DAN MINERALISASI DAERAH X,
KABUPATEN BOGOR, PROVINSI JAWA BARAT****Fildza Noer Rahmawati^{1*}, Aton Patonah¹, Andi Agus¹, Agata Vanessa²**¹Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, 45363, Indonesia²Pusat Sumber Daya Mineral, Panas Bumi, dan Batubara (PSDMBP)

*Korespondensi : fildza.rahmawati09@gmail.com, a.patonah@unpad.ac.id

ABSTRAK

Daerah penelitian terletak di Daerah X, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan kondisi geologi dan alterasi mineralisasi dengan melakukan observasi lapangan, analisis petrografi, dan analisis mineragrafi. Hasil pemetaan menunjukkan bahwa secara stratigrafi daerah penelitian terdiri atas satuan tuf dan satuan andesit diperkirakan berumur Pleistosen Awal. Hasil analisis petrografi menunjukkan daerah penelitian terbagi menjadi tiga zona alterasi, yaitu zona klorit+karbonat, zona mineral lempung+kuarsa+karbonat, dan zona kuarsa sedangkan mineralisasi yang berkembang di daerah penelitian diantaranya, yaitu pirit, sfalerit, kovelit, gutit, dan emas yang ditemukan pada sampel buangan material tambang. Tekstur yang berkembang umumnya memperlihatkan tekstur massif dan sebagian *colloform* diambil dari material buangan tambang. Berdasarkan karakteristik di atas tipe endapan daerah penelitian adalah endapan epitermal sulfida rendah-tinggi dicirikan dengan berdasarkan manifestasi mineralisasi sulfida temperatur tinggi dan posisi mineralisasi yang didominasi oleh *base metal zone*.

Kata Kunci: Geologi, alterasi, mineralisasi, tipe epitermal**ABSTRACT**

The research area is located in Region X, Bogor Regency, West Java Province. This study aims to map geological conditions and mineralization alteration by conducting field observations, petrographic analysis, and mineragraphic analysis. The mapping results show that stratigraphically the study area consists of tuff units and andesite units which are estimated to be Early Pleistocene in age. The results of the petrographic analysis show that the study area is divided into three alteration zones, namely the chlorite+carbonate zone, the clay+quartz+carbonate mineral zone, and the quartz zone, while the mineralization that develops in the research area includes pyrite, sphalerite, covelite, and gothite. The texture that develops generally shows a massive texture and some of the colloform is taken from mining waste material. Based on the characteristics above, the type of deposit in the study area is a low-high sulfide epithermal deposit which is characterized by manifestations of high temperature sulfide mineralization and mineralization positions dominated by base metal zones.

Keywords: *Geology, alteration, mineralization, epithermal type*

PENDAHULUAN

Berdasarkan kondisi tektonik regional Indonesia berada pada jalur Gunung api Asia-Pasifik (Ring of Fire) sebagai produk pertemuan antara tiga lempeng utama, yaitu Lempeng Indo-Australa, Lempeng Pasifik, dan Lempeng Eurasia (Hall, 2009). Kondisi tektonik tersebut yang menyebabkan terjadinya aktivitas magmatisme yang erat kaitannya dengan proses mineralisasi bersifat ekonomis. Secara umum mineralisasi dapat terbentuk karena panas dari larutan hidrotermal yang bereaksi dengan batuan sampling (*wallrock*) di sepanjang rekahan sehingga terjadi proses alterasi yang mengubah sifat fisik maupun kimia dari mineral penyusun batuan sampling (Pirajno, 1992).

Larutan hidrotermal merupakan fluida panas yang bergerak naik ke atas yang memiliki kandungan mineral logam, larutan ini berasal dari sisa hasil pembentukan magma (Lindgren, 1933). Salah satu cebakan mineral ekonomis di Indonesia adalah daerah Bogor. Secara tektonik, Cekungan Bogor merupakan cekungan busur belakang yang berada pada jalur magmatik. Mineralisasi regional daerah Jawa Barat terdiri dari berbagai tipe endapan salah satunya endapan epitermal sulfida rendah. Pada epitermal sulfida rendah berkembang zona alterasi berupa zona propilitik dengan dominasi zona argilik grup ilit dengan kuarsa, karbonat, dan pirit serta alterasi adularia-serisit. Endapan ini biasanya ditemukan dalam bentuk *open-space veins* dan *stockwork ore* dan dipengaruhi oleh kontrol litologi, struktur, tipe dan mekanisme pengendapan Au (White & Hedenquist, 1995). Endapan epitermal sulfida rendah biasanya dicirikan dengan kehadiran mineral *gangue* dominan kalsoden sebagian kuarsa, ilit, adularia

bervariasi kaolinit, dan piropilt (Modifikasi dari Corbett & Leach, 1997; White & Hedenquist, 1995; Robb, 2005). Fokus penelitian ini adalah alterasi mineralisasi dengan tujuan untuk menentukan area prospek di daerah penelitian yang berpotensi menghasilkan mineral bijih bernilai ekonomis.

GEOLOGI REGIONAL

Daerah penelitian termasuk ke dalam Zona Bogor, morfologi yang dominan ditemukan pada Zona Bogor, yaitu perbukitan. Di sekitar Kota Bogor perbukitan memanjang barat – timur dan membelok ke selatan pada daerah sebelah timur Purwakarta yang membentuk perlengkungan di sekitar kota Kadipaten. Perbukitan tersebut merupakan antiklinorium yang terdiri dari perlipatan kuat lapisan yang berumur Neogen (Van Bemmelen, 1949)

Berdasarkan Peta Geologi Regional Lembar Bogor (Effendi, dkk, 1998), daerah penelitian tersusun atas batuan gunung api tak terpisahkan berupa breksi dan lava andesit yang berumur Pleistosen Awal. Tektonik Kepulauan Indonesia bagian barat merupakan hasil konvergensi Lempeng Indo-Australia yang relatif bergerak ke arah utara dan Lempeng Eurasia yang relatif diam. Fenomena tersebut yang menjadi pengaruh tatanan tektonik serta struktur geologi di daerah Jawa bagian barat (Hamilton, 1979). Tatanan tektonik yang kompleks pada daerah penelitian menjadi salah satu penyebab terbentuknya mineralisasi dikarenakan terdapat zona lemah sebagai saluran untuk mekanisme aliran larutan hidrotermal (Lindgren, 1933). Daerah penelitian merupakan bagian dari Kubah Bayah yang terkenal dengan ditemukannya banyak cebakan mineralisasi emas dan mineral pengikutnya, beberapa tambang emas yang sudah pernah

berproduksi di wilayah Kubah Bayah ini antara lain Tambang Cikotok, tambang Cirotan, Tambang Cimari, Tambang Cikidang, dan yang saat ini masih berjalan adalah Tambang Gunung Pongkor, seluruh daerah yang telah habis dan sedang ditambang mempunyai tipe mineralisasi endapan epitermal sulfida rendah (Kadarisman, 2013). Geologi daerah penelitian (Daerah X) secara regional dipengaruhi oleh batuan vulkanik yang menerobos batuan dasar sedimen. Letusan *phreatomagmatic* yang terjadi mulai Miosen telah menghasilkan batuan piroklastik dan aliran lava yang menerobos batuan sedimen dasar. Dilihat dari struktur topografi dan pengendapan batuan piroklastik di daerah penelitian, proses magmatik ini diperkirakan terjadi pada Miosen sampai Pliosen (Basuki dkk., 1994).

Kawasan daerah penelitian secara geologi didominasi oleh produk vulkanik berumur Kuartar, namun uratnya sendiri dipotong oleh bidang ketidakselarasan berumur Pliosen. Hal ini menunjukkan bahwa proses mineralisasi daerah penelitian ini terkait dengan aktivitas magmatik berumur lebih tua dari Pliosen atau berumur Miosen yang memotong Formasi Cimapag dan Formasi Andesit Tua (Iskandar, LIPI, 2004).

Menurut Totok (ITB, 2005) Endapan epitermal Pongkor terdiri atas sistem urat yang mengisi retakan-retakan yang sejajar dengan struktur penyertanya dalam batuan gunung api Miosen-Pliosen. Struktur penyerta merupakan rekahan-rekahan yang terbentuk akibat retakan utama, selalu diisi oleh veinlets. Batuan gunung api Miosen-Pliosen diperkirakan terkait erat dalam pembentukan fluida hidrotermal dan sebagai perangkap fluida tersebut melalui rekahan. Fluida hidrotermal ini telah mengisi rekahan-rekahan tersebut dan

membentuk urat-urat yang mengandung emas dan perak. Urat-urat utama di Kawasan daerah penelitian mempunyai jurus barat-laut-tenggara dan utara-selatan dengan kemiringan rata-rata 75° ke arah timur-laut. Urat-urat ini menerobos semua batuan kecuali batuan vulkanik Kuartar yaitu batuan lava dasit.

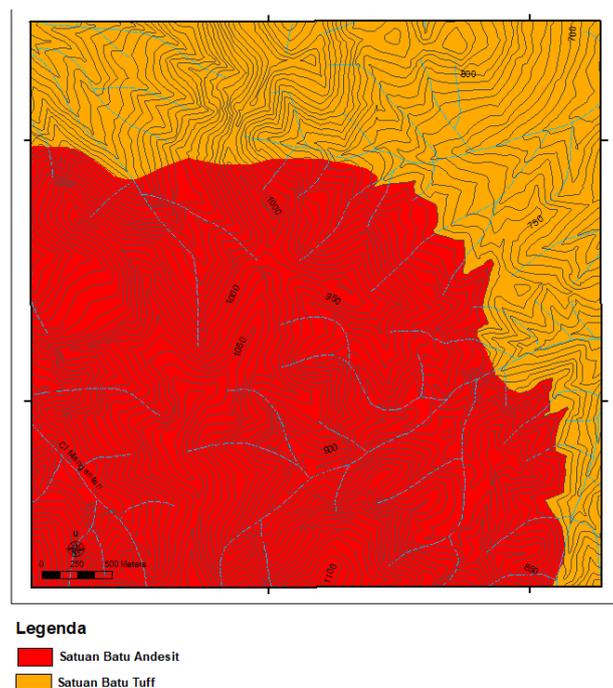
METODE PENELITIAN

Pengambilan data dilakukan pada Daerah X bersama-sama dengan Tim Pusat Sumber Daya Mineral, Panas Bumi, dan Batubara (PSDMBP) pada tahun 2022 dengan melakukan observasi langsung ke lapangan dan mengambil sampel batuan. Selanjutnya, dilakukan pemilihan sampel untuk dianalisis lebih lanjut di laboratorium. Analisis laboratorium berupa petrografi dan mineragrafi untuk mengidentifikasi tekstur, struktur, komposisi mineral utama, mineral alterasi dan mineralisasi yang terkandung pada batuan tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geologi Daerah Penelitian

Berdasarkan litostratigrafi tidak resmi, litologi di daerah penelitian terbagi ke dalam 2 satuan dari tua ke muda, yaitu Satuan Tuf dan Satuan Andesit (Gambar 1). Kedua satuan tersebut dibandingkan dengan regional berdasarkan Peta Geologi Regional Lembar Bogor (Effendi, dkk. 1998) dengan batuan gunung api tak terpisahkan. Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian umumnya memperlihatkan pola kelurusan barat-laut-tenggara, relatif sama dengan Pola Sumatera (Pulongono dan Martodjojo, 1995).



Gambar 1. Peta Geologi Daerah Penelitian

Alterasi Daerah Penelitian

Alterasi hidrotermal dikontrol oleh karakteristik litologi, struktur geologi, dan karakteristik fluida yang diidentifikasi melalui kehadiran mineral sekunder yang dapat mempengaruhi litologi yang ada di daerah penelitian dengan intensitas alterasi yang berbeda (Lindgren, 1933). Hasil analisis petrografi, yaitu asosiasi mineral ubahan yang hadir, maka zona alterasi daerah penelitian terbagi ke dalam tiga zona, meliputi zona alterasi kuarsa, zona alterasi mineral lempung + karbonat+kuarsa, dan zona alterasi klorit +karbonat (Gambar 2). Berikut uraian dari setiap zona

1. Zona Alterasi Kuarsa

Satuan batuan yang mengalami alterasi kuarsa adalah satuan tuf. Secara megaskopis mineral ubahan yang hadir adalah dominasi oleh mineral kuarsa di

beberapa titik muncul mineral lempung dan hadir mineral oksida berupa gutit. Berdasarkan kenampakan mikroskopis pada tekstur yang berkembang pada kuarsa sekunder adalah *open space fling* dan memperlihatkan tekstur *comb* (Gambar 3. A dan 3.B). Terdapat perbedaan tekstur kuarsa yang ditemukan pada sampel batuan permukaan dengan sampel material buangan tambang. Tekstur kuarsa yang ditemukan pada sampel material buangan tambang adalah tekstur *colloform* sedangkan tekstur kuarsa sampel batuan permukaan adalah tekstur kuarsa massif. Berdasarkan asosiasi himpunan mineral, zona ini dapat dibandingkan tipe alterasi silisifikasi dengan kondisi pH fluida relatif asam ($\text{pH} < 2$). (Corbett dan Leach, 1998)

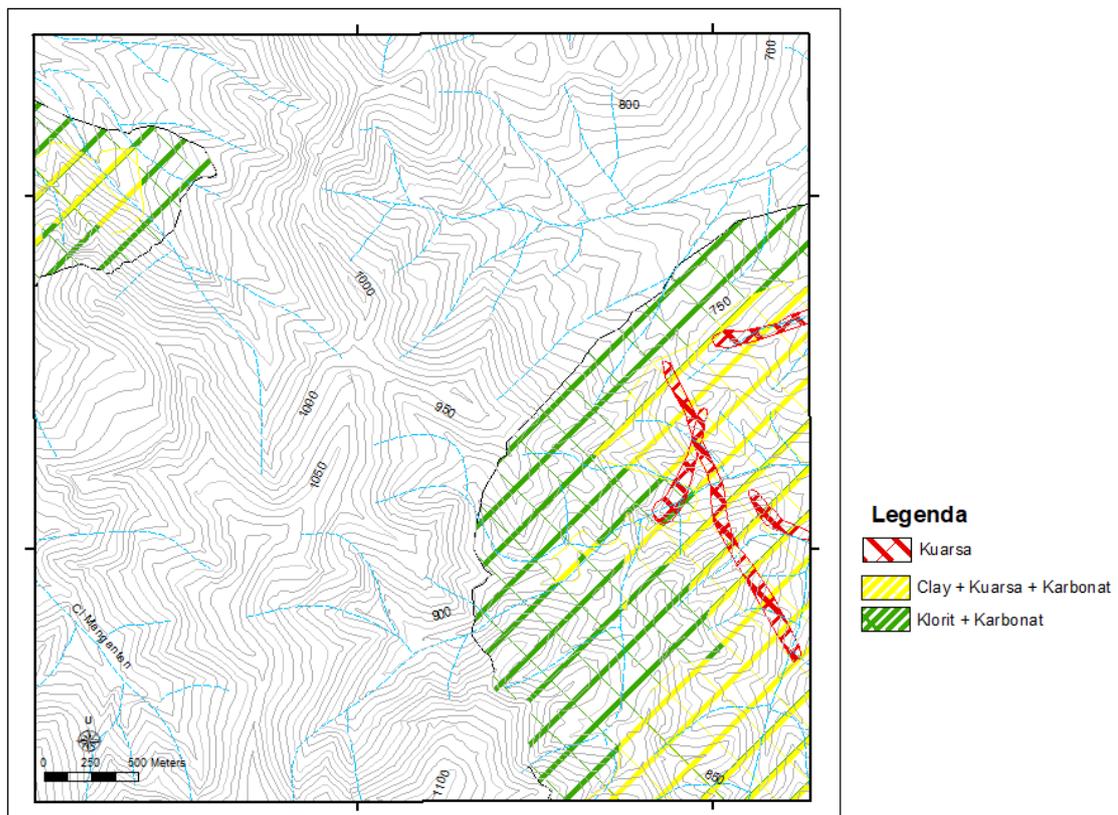
2. Zona Alterasi Mineral Lempung +Kuarsa+Karbonat

Satuan batuan yang mengalami alterasi mineral lempung+kuarsa+karbonat adalah satuan tuf. Secara megaskopis ubahan yang

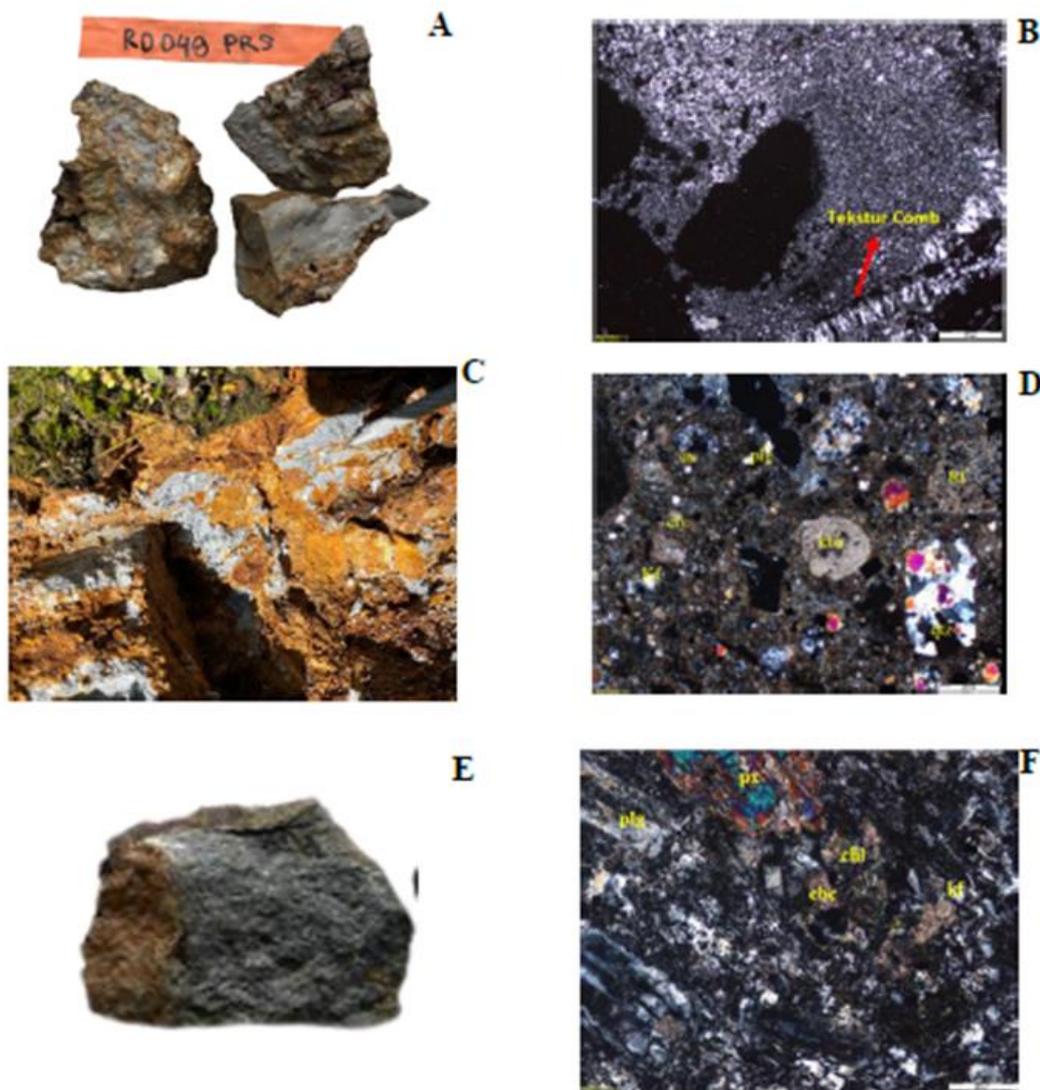
hadir adalah mineral lempung dan hadir mineral oksida seperti gutit dan mineral pirit yang hadir secara *disseminated*. Mineral lempung (*clay*) menggantikan matriks batuan, kuarsa sekunder (Qtz) yang menggantikan fragmen batuan serta karbonat (Cc) yang hadir menggantikan mineral plagiokas (Plg) (Gambar 3.C dan 3.D). Berdasarkan kisaran temperature mineral sekunder yang hadir (White dan Hedenquist, 1995) zona ini terbentuk pada kisaran suhu 60⁰-220⁰C dan termasuk ke dalam tipe alterasi argilik dengan kondisi pH fluida relatif netral (Corbet dan Leach, 1998)

3. Zona Alterasi Klorit+Karbonat

Secara megaskopis mineral ubahan yang hadir adalah klorit. Klorit (chl) hadir mengubah fenokris dari mineral mafik dan mineral plagioklas (Plg) dan mengubah sebagian massa dasar. Lebih lanjut lagi karbonat (Cc) yang hadir menggantikan fenokris mineral plagioklas dan mengubah sebagian massa dasar (Gambar 3.E dan 3.F) Berdasarkan kisaran temperature dari asosiasi mineral ubahan yang hadir (White dan Hedenquist, 1995) zona ini terbentuk pada kisaran suhu 140⁰-240⁰C dan berdasarkan asosiasi himpunan mineral termasuk ke dalam tipe alterasi *outer propylitic* dengan kondisi pH fluida relatif netral (Corbett dan Leach, 1998).



Gambar 2. Peta Alterasi Daerah Penelitian



Gambar 3. (A, C, E adalah kenampakan sampel secara megaskopis) (B,D,F adalah kenampakan sampel secara mikroskopis)

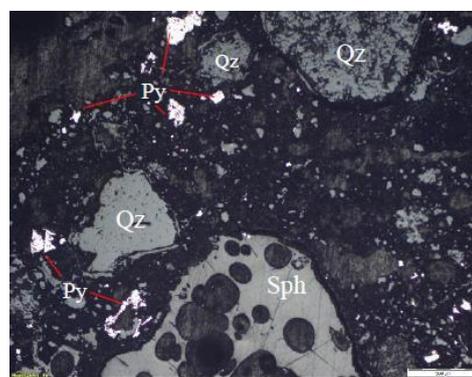
Mineralisasi Daerah Penelitian

Mineralisasi yang ditemukan pada daerah penelitian diambil sebagian besar dari sampel material bongkahan hasil lubang tambang. Pengamatan dilakukan menggunakan pengamatan secara megaskopis dan mineragrafi. Berikut uraian lebih detailnya

- Mineralisasi Sampel RO045

Hasil mineragrafi menunjukkan kehadiran mineral pirit dan sfalerit

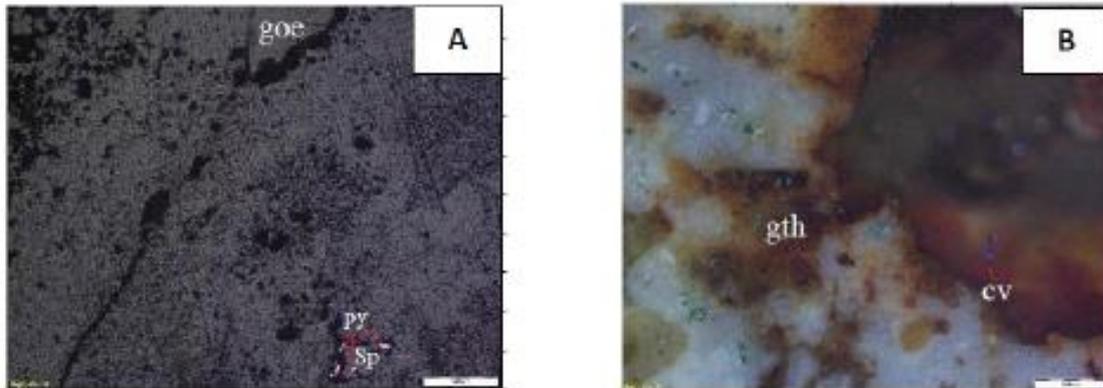
yang hadir menginklusi mineral kuarsa (Gambar 4).



Gambar 4. Kenampakan pirit (py) dan sfalerit (sph) menginklusi kuarsa (qz)

- Mineralisasi Sampel RO049

Pada sampel ini pirit hadir menggantikan bagian tepi sfalerit dan kovelit hadir menginklusi kuarsa serta gutit yang hadir sebagai mineral oksida (Gambar 5).



Gambar 5. (A) Kehadiran pirit (Py) menginklusi mineral gangue berupa kuarsa (Qz) (B) Pirit (Py) dan Sfalerit (Sph) yang hadir secara bersamaan

Sementara itu, tuf mengalami ubahan dan menghasilkan asosiasi mineral kuarsa sekunder dan lempung+kuarsa karbonat. Kelimpahan mineral alterasi tersebut terbentuk pada kisaran temperatur 60⁰-220⁰C (Corbett dan Leach 1998)

Karakteristik Tipe Endapan

Permeabilitas mempengaruhi pergerakan fluida pada sistem hidrotermal (Cox dkk, 2001). Batuan yang secara fiik memiliki tekstur porfiritik atau memiliki porositas yang baik umumnya menjadi jalur yang ideal bagi fluida hidrotermal untuk mengalir dan mengendapkan mineral bijih ekonomis. Intensitas alterasi hidrotermal pada batuan dinding akan semakin berkurang seiring dengan perubahan temperatur dan pH fluida yang juga dikontrol oleh litologi batuan, sehingga daerah penelitian memiliki berbagai asosiasi mineral sekunder dan mineral sulfida.

Himpunan asosiasi mineral ubahan klorit+karbonat. Kelimpahan mineral alterasi tersebut terbentuk pada kisaran temperatur 140⁰-240⁰C. Andesit relatif memiliki porositas yang kurang baik dan struktur geologi kurang berkembang dengan baik sehingga kehadiran mineralisasi pada batuan ini tidak melimpah.

Tuf relatif memiliki porositas yang baik sehingga mineralisasi lebih melimpah dibandingkan pada batuan Andesit dan beberapa lokasi ditemukan emas pada tekstur kuarsa *colloform*.

Interpretasi mengenai karakteristik fluida yang membentuk endapan dapat ditentukan berdasarkan asosiasi mineral alterasi, mineralisasi, dan mineral pengotor (*gangue*) yang terbentuk oleh proses hidrotermal. Penjabaran mengenai karakteristik endapan pada daerah penelitian dapat dilihat pada (Tabel 1)

Tabel 1. Karakteristik Tipe Endapan

Host rock	Andesit dan Tuf
Tipe ubahan	Zona alterasi klorit+karbonat, mineral lempung+kuarsa+karbonat, dan kuarsa
Mineral ubahan	Kuarsa, klorit karbonat, mineral lempung
Tekstur Kuarsa	Massif dan Colloform

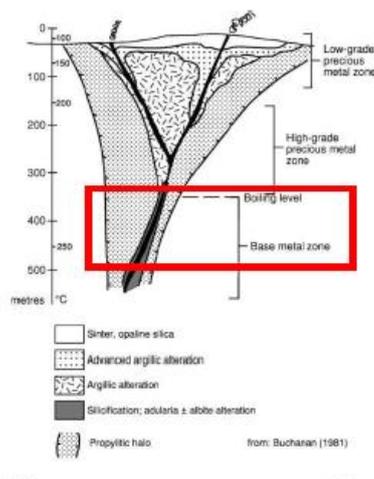
Komoditi logam	Au, Ag, Cu, Pb, dan Zn
-----------------------	------------------------

Menurut Lindgern (1933) endapan epitermal memiliki beberapa ciri, diantaranya yaitu biasanya terbentuk pada batuan beku terutama berasosiasi dengan batuan intrusi dekat permukaan atau ekstrusi yang biasanya disertai dengan adanya sesar normal dan kekar, memiliki zona bijih berupa urat dan umumnya ditemukan logam bijih seperti Pb, Zn, Au, Ag, Hg, Sb, Cu, Se, Bi, dan U. Mineral bijih yang umum ditemukan pada endapan epitermal, diantaranya, yaitu Native Au, Ag, Elektum, Cu, Bi, Pirit, Markasit, Sfalorit, Galena, Kalkopirit, Silver, Argentit, dan Selenides dan Mineral gangue seperti kuarsa, serisit, klorit, epidot,, karbonat, adularia, dickit, illit atau smektit dan umumnya tekstur urat yang hadir memiliki tekstur berlapis (*veinlet*) serta tekstur kuarsa berupa *crustiform*, *colloform*, dan *comb* tekstur. Berdasarkan hal tersebut maka karakteristik tipe endapan di daerah penelitian (Tabel 1) memiliki ciri yang sama dengan endapan epitermal sulfida rendah.

Sementara itu, hasil penelitian sebelumnya ditemukan adanya mineral lempung berupa alunit dan kehadiran kovelit (PSDMBP, 2022) merupakan indikator penciri dari endapan epitermal sulfida tinggi (White dan Hedenquist, 1995). Oleh karena itu, berdasarkan data yang didapatkan baik dari hasil lapangan, laboratorium dan peneliti sebelumnya, maka tipe endapan di daerah penelitian diperkirakan termasuk ke dalam endapan epitermal sulfida rendah-tinggi.

Berdasarkan model endapan epitermal sulfida rendah (Buchanan, 1981) posisi mineralisasi daerah penelitian yang dominan terletak pada *base metal zone*

kisaran temperatur pembentukan tinggi sebesar 250⁰ C serta berada pada kedalaman 400-500 meter (Buchanan, 1981) (Gambar 6). Hal tersebut yang menyebabkan sedikitnya *precious metal* yang muncul dikarenakan mineralisasi emas pada endapan epitermal sulfida rendah umumnya berasosiasi dengan *boiling zone* yang memiliki temperatur lebih rendah serta kedalaman lebih dangkal dibandingkan dengan *base metal zone* (Hedenquist dkk., 2000) dan kemungkinan besarnya karena *precious metal* telah tererosi sehingga *base metal* yang lebih banyak muncul ke permukaan.



Gambar 6. Model endapan mineral daerah penelitian (Buchanan, 1981)

KESIMPULAN

Mineral ubahan hadir pada batuan tuf dan andesit diduga hadir karena hadirnya fluida hidrotermal akibat terdapat jalur rekahan akibat struktur geologi atau porositas pada batuan tersebut sehingga intensitas ubahan pada setiap batuan berbeda. Mineral ubahan yang hadir adalah kuarsa, klorit, karbonat,, alunit, dan lempung dengan tekstur kuarsa dominan berupa tekstur massif sebagian tekstur *colloform*. Lebih lanjut lagi mineral logam yang melimpah adalah sfalerit, kovelit, pirit, sebagian kecil hadir emas

dan mineral oksida berupa gutit. Berdasarkan karakteristik tersebut tipe endapan di daerah penelitian termasuk ke dalam endapan epitermal sulfida rendah yang berdasarkan model Buchanan (1981) dengan kisaran pembentukan pembentukan tinggi sebesar 250⁰ C serta berada pada kedalaman 400-500 meter dengan daerah prospek diduga berada di sebelah timur daerah penelitian yang didominasi oleh zona alterasi kuarsa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara, dan Panas Bumi yang telah memberikan kesempatan melakukan penelitian bersama.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung Basuki, D.Aditya Sumanagara, D.Sinambela., 1994. The Gunung Pongkor gold-silver deposit, West Java, Indonesia. *Journal of Geochemical Exploration* 50 (1994) 371- 391. Elsevier Science..
- Buchanan, L. J. (1981). Precious metal deposits associated with volcanic environments in the Southwest. *Geological Society of Arizona Digest*, 14, 237-262.
- Corbett, G.J. dan Leach, T.M. (1998). *Southwest Pasific Rim Gold-Copper Systems: Structure, Alteration,and Mineralization* . Colorado: Bookcrafters
- Corbett, G.J. dan Leach, T.M. (1998). *Southwest Pasific Rim Gold-Copper Systems: Structure, Alteration,and Mineralization* . Colorado: Bookcrafters
- Cox, L.J., Chaffee, M.A., Cox, D.P., and Klein, D.P. (1995). *Porphyry Cu deposits: U.S. Geological Survey Open-File Report 95–831*
- Dagnev Nega Girmay, 2005, Model pengayaan emas-perak supergen pada endapan epitermal tipe urat Pongkor, Jawa Barat, Institut Teknologi Bandung
- Effendi A.C., Kusnama dan B. Hermanto, (1998), *Peta Geologi Lembar Bogor, Skala 1 : 250.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.*
- Hamilton, W. B. (1979). *Tectonics of the Indonesian region (Vol. 1078). US Government Printing Office.*
- Kadarisman, D. S. (2013). *Alterasi dan Mineralisasi Daerah Gunung Dahu dan Sekitarnya Kecamatan Nanggung, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat. Jurnal Teknologi*, 2, 22.
- Lindgren, W. (1933). *Mineral Deposits. New York: McGraw-Hill Book Company.*
- Moncada de la Rosa, J. D. (2008). *Application of Fluid Inclusions and Mineral Textures in Exploration for Epithermal Precious Metals Deposits (Doctoral dissertation, Virginia Tech).*
- Pirajno, F. (1992). *Hydrothermal Mineral Deposits, Principles and Fundamental Concepts for the Exploration Geologist. Heidelberg: Springer.*
- PSDMBP (2022) *Laporan Inventarisasi Mineral Daerah X, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat. KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL, BADAN GEOLOGI, PUSAT*
- Totok Darijanto, dkk, 2005, *Model endapan emas-perak epitermal supergen Pongkor, Jawa Barat, ITB, Bandung.*

van Bemmelen, R. (1949). The geology of Indonesia. The Hague: Government Printing Office.

White, N.C., Hedenquist, J.W. (1995). Epithermal Gold Deposits: Styles, Characteristics And Exploration, Published in SEG Newsletter, 1995, No. 23, pp. 1, 9-13.